

# Uso del poroto de soja integral como alimento para cerdos

Ing. Agr. Roberto Bauza Devessi,  
Docente libre Departamento de Producción Animal y Pasturas  
Facultad de Agronomía

En el Uruguay se ha observado a partir de la década del 2000 un fuerte incremento del área sembrada y en la producción de soja, cultivo que pasa de 9 mil hás en el año agrícola 1999/2000 a 1,33 millones de hás en el año agrícola 2014/2015 (Souto y Rava, 2016). Este incremento del área se acompaña de una mayor productividad, que pasa de 1526 kg/há en la zafra 2003/04 a 2331 kg/há en la zafra 2014/15, lo que se refleja en una producción para esta zafra de 3:110 mil toneladas. Esta situación se ha dado por la creciente demanda mundial de aceites y harinas, que se fundamenta en gran medida por el desarrollo de la producción de biocombustibles utilizando aceites vegetales.

El sector agroindustrial aceitero uruguayo tiene una capacidad muy reducida de procesamiento por lo que el grano de soja nacional tiene como principal destino la exportación (se exporta sin procesar el 97% de lo producido), siendo China el comprador de casi el 80 % de la producción (Souto y Rava, 2016). Por otra parte, existe un alto consumo de harina de soja destinado a la alimentación animal, del orden de 350 mil toneladas anuales, mayoritariamente de origen importado, siendo el principal abastecedor Argentina (Souto y Rava, 2016).

Por otro lado se observa un crecimiento sostenido del abastecimiento nacional de expeller de soja, obtenido por extrusado y prensado de poroto de soja con destino a la elaboración de biodiesel, realizado tanto por la empresa ALUR como por pequeñas plantas industriales. También existe a la venta poroto de soja integral, desactivado industrialmente por calor, destinado a la alimentación animal.

Finalmente, se dispone de poroto de soja integral crudo, residuo de las cosechas o de las limpiezas en las plantas de silos, que es destinado para alimentación animal. Para que este alimento manifieste su potencial nutritivo debe pasar por un proceso previo de desactivación de sus factores antinutricionales, especialmente si se destina para alimentación de monogástricos. Sobre la utilización adecuada de este alimento existe poca información a nivel de los productores. En Facultad de Agronomía se desarrolló un proyecto de investigación que tuvo el objetivo de evaluar algunas opciones de tipo artesanal de tratamiento del grano de soja, sobre su valor nutritivo para cerdos.

## Características del poroto de soja

El poroto de soja es considerado como semilla oleaginosa por su elevado contenido en aceite (20 %). Además contiene entre 36 y 40 % de proteína y 35 % de hidratos de carbono, por lo que es clasificado como suplemento proteico y energético.

La proteína de la soja es rica en lisina y relativamente deficitaria en metionina, treonina y triptófano, presentando una composición en aminoácidos que complementa muy bien al perfil de aminoácidos de los granos de cereales, como el maíz o el sorgo.

El aceite de soja se destaca por su elevado contenido en ácido linoleico (18:2), esencial para los monogástricos, en una proporción del orden de 54 % y de linoléico (18:3) de alrededor de 8%. Este alto contenido de ácidos grasos insaturados tiene importantes consecuencias en las características del tejido adiposo y el valor nutritivo de la carne de los cerdos alimentados con este producto.

La soja contiene alrededor de 6% de carbohidratos no amiláceos, rafinosa y estaquiosa, azúcares que requieren de la enzima alfa-galactosidasa para su hidrólisis. En los monogástricos, que no tienen esta enzima en la mucosa intestinal, estos azúcares son fermentados en el intestino grueso. Además de los oligosacáridos contiene 6 – 8 % de azúcares solubles (sacarosa fundamentalmente); destacándose por su bajo contenido en almidón, menos de 1%.

El poroto de soja en su estado natural posee factores antinutricionales tóxicos: inhibidores de la tripsina o factores de Kunitz y Bowman-Birk; lectinas; factores goitrogénicos; hemaglutininas e inhibidores de la vita-

mina A; que hacen que este producto no deba ser utilizado en su estado natural en la alimentación de monogástricos.

Los factores inhibidores de la tripsina, presentes en la soja cruda disminuyen la actividad proteolítica en el intestino delgado por la formación de complejos estables, inactivos, con las enzimas tripsina y quimotripsina del páncreas. Como consecuencia se observa disminución del crecimiento, menor eficiencia alimenticia, hipertrofia pancreática y daños al hígado, siendo más afectados los cerdos jóvenes que los adultos.

Como todos estos compuestos antinutricionales son termolábiles se requiere que el grano de soja sea calentado para su uso en alimentación animal o humana. Este calentamiento, además de inactivar los factores antinutricionales, favorece la desnaturalización de las proteínas hacia formas más aprovechables por los monogástricos.

En el proceso de extracción del aceite, el calentamiento que se produce durante el prensado es suficiente para la desactivación de los factores antinutricionales, por lo que la harina y el expeller de soja provenientes de la industria de extracción no presentan este problema.

### Métodos de desactivación de factores antinutricionales

Cuando se utiliza el grano integral se le debe aplicar algún procesamiento térmico, que puede ser tostado en seco, cocción en húmedo, extrusado en seco o extrusión húmeda.

En todos los casos se deben cuidar los rangos de temperatura y los tiempos en que se realiza el proceso: las temperaturas insuficientes para la inactivación de los factores antinutricionales dan origen a un producto de mala calidad mientras que el calentamiento excesivo provoca disminución de la solubilidad de la proteína por la formación de puentes peptídicos, y la biodisponibilidad de algunos aminoácidos, como la lisina, que disminuye linealmente a medida que se aumentan el tiempo y temperatura de calentamiento.



La determinación analítica de los inhibidores de la tripsina es muy costosa, razón por la cual se determina como patrón de comparación la actividad ureásica. La ureasa es una enzima vegetal que no tiene importancia en la digestión animal, pero que es inactivada mediante tratamiento térmico de la misma manera que los inhibidores de la tripsina.

El Índice de Actividad Ureásica (IAU), consiste en medir la liberación de amonio de la urea por la acción de la ureasa presente en la soja y se determina en base al incremento de pH de una solución con los productos de soja con respecto al pH inicial de una solución de urea. Se ha establecido un rango de aceptabilidad entre 0,05 y 0,20 de incremento de pH, considerando que por debajo de 0,05 de IAU las muestras han sido sobrecalentadas. En muestras de poroto de soja crudo analizadas en el Laboratorio de Nutrición de Facultad de Agronomía el valor de IAU observado fue de 2,3 (Hirigoyen et al., 2010; Bratschi et al., 2010), mientras que en el otro extremo, en la harina de soja el IAU es "próximo a cero".

De acuerdo a los resultados obtenidos por Ramos et al (2006), los tratamientos térmicos por encima de 100 °C implican un sobrecalentamiento, con pérdida de valor nutritivo, mien-

tras que por debajo de 70° se demostraron insuficientes, estableciendo como rango óptimo de calentamiento entre 80 y 100°C. El sobre calentamiento puede provocar daños en la proteína aun mayores que los de la falta total de procesamiento.

### Cocción

El proceso de cocción en agua implica la realización (o no) de un remojado previo del grano y posterior calentamiento. En los ensayos realizados en Facultad de Agronomía, se siguieron las indicaciones de Lon Wo (2007), considerando los resultados presentados por Hirigoyen et al. (2010), que definen el tiempo adecuado para lograr un correcto desactivado. Los porotos fueron sometidos a un proceso de remojado durante 4 h en una proporción agua:poroto de 2:1 y posterior cocción en la misma agua durante 30 minutos desde que comienza el hervor. La cocción se realizó en un tacho calentado mediante boquilla de supergas. Se obtuvo así un producto con un IAU de 0,04 y una digestibilidad de la proteína de 80,6% (González et al., 2010), sin diferencia con respecto a la harina de soja. Es de notar que por su forma de obtención, el poroto cocido posee alto contenido de humedad, del orden de 39% de materia seca (Hirigoyen et al., 2010), por lo que se recomienda

utilizarlo en las 48 h siguientes a su elaboración, para evitar que se inicie un proceso de fermentación. Dada su consistencia no es necesario realizar molienda, incorporándolo directamente a la mezcla con el resto de los ingredientes de la ración.

### Tostado

Este procesamiento, consiste en la exposición del poroto entero al efecto del calor, en seco, presentando la ventaja que el grano mantiene su integridad, por lo que se minimiza el riesgo de oxidación enranciada, pudiendo ser almacenado durante un tiempo prolongado. Existen diferentes modelos de tostadores, accionados manual o mecánicamente. En los tostadores de tambor rotatorio, accionados manualmente y calentados por fuego directo es muy difícil de lograr un tostado uniforme de todos los granos, dependiendo de la cantidad tostada, humedad del grano, de la fuente de calor (si es leña o gas, etc). Se recomienda que los granos queden con una coloración pardo claro, como referencia para evitar que el exceso de calor inactive sustancias nutritivas.

En el trabajo a que nos estamos refiriendo, el poroto de soja integral desactivado por tostado fue obtenido mediante calentamiento en tostador a leña, accionado manualmente, durante 30 minutos. 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 valor de IAU de este producto, fue 0,05, algo superior al del poroto cocido, pero estando dentro de los rangos de aceptabilidad establecidos.

El poroto tostado se almacenó entero, siendo molido previo a su mezclado con el resto de los ingredientes que componían la dieta.

### Extrusado

En la extrusión en seco, se utiliza la fricción como fuente de calor, al pasar los granos molidos a presión por un cilindro que reduce progresivamente su diámetro. Como consecuencia de la extrusión se genera una presión de



35-40 atmósferas, y al momento de la salida del cilindro se provoca una rápida expansión de los granos, que libera el aceite y provoca más rupturas celulares. En la extrusión húmeda, se inyecta al cilindro vapor de agua a presión, a una temperatura de 96°C. La extrusión provoca el rompimiento de los enlaces aminoácidos secundarios, lo que repercute en una mayor digestibilidad de la proteína, sin que se afecten los enlaces primarios entre aminoácidos, por lo que no se afecta su biodisponibilidad, lo que se atribuye al escaso tiempo que los granos permanecen en el extrusor. En general se acepta que la extrusión húmeda es más efectiva en la inactivación de factores antinutricionales que la extrusión en seco o el tostado.

El proceso de extrusión del grano es relativamente nuevo en nuestro país y presenta mayor costo relativo, por lo que es importante la evaluación del mismo tanto del punto de vista de la calidad del producto resultante como de la eficiencia en el uso de la energía que se requiere para su realización. Poroto de soja integral, extrusado en seco, evaluado en Facultad de Agronomía presentó un valor de IAU de 0,07 y una digestibilidad aparente de la proteína según resultados de González et al. (2014) de 80%, similar al de la harina de soja y al grano cocido.

El grano integral extrusado tiene un tiempo limitado de conservación, ya que al haberse roto las vacuolas que almacenan los lípidos, su riesgo de alteración por enranciamiento es alto. Se recomienda que no pase más de 15-20 días luego de su elaboración, para utilizarlo.

En general, el grano de soja destinado a la elaboración de biodiesel se somete a un proceso de extrusión y prensado, generando como subproducto expeler con mayor contenido en aceite que la harina obtenida por prensado y solvente: 5 % vs 1% respectivamente; pero con grados de inactivación similares de los inhibidores de la tripsina.

### Respuesta de cerdos a la alimentación con poroto de soja integral

A los efectos de evaluar distintas formas de procesamiento del poroto de soja en Facultad de Agronomía se realizaron ensayos de respuesta productiva de cerdos en recría/terminación (entre los 35 y los 105 kg) recibiendo dietas en base a maíz, utilizando como suplemento proteico distintas formas de poroto de soja: harina de extracción de aceite, poroto integral crudo, poroto integral extrusado, poroto tostado y poroto cocido en agua. La harina de soja es el suplemento proteico de uso universal en la alimentación de mono-

gástricos, por lo que se toma como referente al momento de evaluar otras fuentes proteicas alternativas. Se evaluó la respuesta de los cerdos en base a su consumo diario de alimento, velocidad de crecimiento e índice de conversión (kg de alimento requerido por kg de ganancia de peso).

En el cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en estos ensayos, que habremos de comentar a continuación.

En primer lugar los resultados confirman el efecto negativo de utilizar poroto crudo sin tratar, que se refleja por disminución del consumo de alimento, asociado a la menor palatabilidad y también a la menor digestibilidad. Como consecuencia de ambos efectos atribuibles a la presencia de factores antinutricionales, la ganancia de peso fue sensiblemente menor con respecto al resto de los tratamientos (poco más del 50%) haciendo que el periodo de engorde se prolongara exageradamente. También afectó negativamente al índice de conversión, implicando un mayor consumo de alimento para alcanzar el mismo peso final.



**Cuadro 1.-** Resultados de performance en el periodo de engorde

Fuente proteica	Harina de soja	Poroto cocido	Poroto tostado	Soja integral extrusada	Poroto crudo
Consumo diario de alimento (kg)	3,16	3,08	2,99	2,79	2,46
Velocidad de crecimiento(g/día)	933	801	807	816	550
Índice de conversión (kg/kg)	3,05	3,61	3,36	3,52	4,23

En el caso de las dietas conteniendo poroto integral desactivado artesanalmente no se observaron diferencias en el consumo diario de materia seca con respecto a la dieta con harina de soja, explicado por la baja concentración de factores antinutricionales en estos productos. El consumo de alimento fresco de la dieta conteniendo

el poroto cocido fue mayor que en las dietas con harina, grano tostado o grano extrusado, dado que los animales ajustaron su ingesta para compensar el menor contenido de materia seca ofrecido.

La respuesta de los cerdos fue similar entre los tres tratamientos de inactivación artesanal estudiados,

pero no alcanzaron la performance del tratamiento testigo, en base a la dieta convencional de maíz/harina de soja. Estos resultados coinciden con las observaciones de otros investigadores, 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. Estos efectos son atribuidos 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. 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. Estos resultados nos señalan que se debe ser muy prudente en generalizar conclusiones con respecto a la efectividad de los tratamientos artesanales de inactivado, ya que los mismos están condicionados por las condiciones en que fueron realizados, especialmente la relación entre tiempos y temperaturas utilizados.

Del punto de vista práctico la menor tasa de ganancia obtenida con respecto a la dieta con harina, se traduce por una semana más promedio del tiempo de engorde total, aspecto que puede no ser de mucha importancia en la medida que se consiga un alimento de menor costo relativo.

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.

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 la 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 obtenida localmente a bajo costo, siendo desactivado por los propios usuarios.

Un aspecto a tener en cuenta es la facilidad de alteración de la soja integral, que disminuye su vida útil luego de molida. Si bien la soja cocida se altera con menos facilidad que cuando está cruda, se recomienda no almacenarla más de 2 semanas luego de molida. Ver Cuadro 1.

#### **Calidad de carcasa**

El principal efecto que se ha observado como consecuencia de la inclusión de poroto de soja integral

desactivado se refiere a la deposición de tejido adiposo, tanto en cantidad como en su calidad. Quien se puede ver afectada es la grasa subcutánea, ya que la grasa intramuscular (responsable de la sensación de ternura de la carne) es poco dependiente de la alimentación estando predeterminada genéticamente. La grasa subcutánea está asociada al nivel energético de la dieta, fundamentalmente a la relación entre energía y proteína de la misma. Cuando se sustituye directamente la harina de soja por poroto integral desactivado, sin realizar ajuste del nivel energético, se observa una mayor deposición de grasa corporal.

En nuestros ensayos las dietas fueron formuladas para ser isoproteicas e isoenergéticas, a fin de evitar efectos secundarios sobre la composición corporal asociados al nivel energético y no a la presencia de los alimentos evaluados.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de calidad de carcasa y perfil lipídico obtenidos.

Ahí se observa que la inclusión de poroto de soja integral tiene efectos sobre la composición en ácidos grasos del tejido adiposo, independientemente del sistema de inactivación utilizado.

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 en los cerdos recibiendo harina de soja.

La proporción de ácidos grasos poliinsaturados fue mayor en las dietas con poroto de soja integral. En consecuencia se generó un cambio en la relación Ácidos Grasos Poliinsaturados: Ácidos Grasos Saturados (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. En las dietas con poroto integral se detectó un aumento en los ácidos grasos de 18 carbonos, observando un mayor contenido de ácidos linoleico y linolénico.

Sobre este punto se debe tener presente que la composición en ácidos grasos de los tejidos del cerdo es

**Cuadro 2.-** Perfil lipídico de la grasa dorsal

Fuente proteica	Harina de soja	Poroto cocido	Poroto tostado	Soja integral extrusada	Poroto crudo
% de AG saturados	37,27	35,42	33,46	34,71	32,36
% de AG monoinsaturados	45,35	43,23	40,67	40,22	42,19
% de AG poliinsaturados	14,01	19,36	24,21	24,22	24,89
Relación PUFA:SFA	0,38	0,55	0,72	0,70	0,77
% de ácido esteárico	11,59	13,33	11,68	12,19	10,08
% de ácido palmítico	23,28a	20,75	21,34	21,06	21,09
% de ácido oleico	42,99	41,21	40,33	38,38	40,69
% de ácido linoleico	11,70	18,35	21,85	21,16	22,64
% de ácido linolénico	0,56	1,47	1,61	1,61	1,64

determinada por la síntesis *a novo* y por la deposición de los ácidos grasos dietéticos. El cerdo incorpora a su tejido adiposo casi sin transformación los ácidos grasos aportados por la dieta. Se 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.

Como consecuencia se genera una grasa de inadecuada calidad industrial, blanda y con alto potencial de enranciamiento. Como contrapartida, se debe tener en cuenta que el ácido  $\alpha$ -linolénico es miembro de la serie de ácidos grasos  $\omega$ -3, de reconocido inte-

rés por sus beneficios sobre la salud, ya que actúa reduciendo el colesterol en sangre y favoreciendo su eliminación biliar, reduciendo el riesgo de padecer enfermedades coronarias.

En caso de destinar la producción a la industria chacinera 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 el mercado de cortes para consumo fresco, el valor nutricional de la carne proveniente de dietas conteniendo soja integral es mayor. ■

## BIBLIOGRAFIA

- Bauza R, Bratschi C, Benítez V, Hirigoyen A, Grompone M.- 2015. Respuesta de cerdos en engorde a dietas con soja integral desactivada artesanalmente. *Agrociencia Uruguay* - 19 (2) : 81-92 .
- Bauza R, González 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.
- Bratschi C, Benítez 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.

Capra G, Echenique A, Grompone M, Bauza R, González 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.

Gonzalez 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 en 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.

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.

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.

Souto G y Rava C, 2016. Oleaginosas y derivados: situación y perspectivas [En línea]. En: Anuario 2015 OPYP. Montevideo ; MGAP. pp. 187 - 204. Consultado enero 2016. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,opypa,opypa-anuario-2015,0,es,0>,