

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS HARINAS DE SOJA DISPONIBLE EN EL MERCADO EUROPEO PARA LA PRODUCCIÓN DE PIENSOS

G.G. Mateos, M. Hermida, M. Pérez-Serrano y R.P. Lázaro
Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid

1.- INTRODUCCIÓN

La mayoría de los nutricionistas europeos utilizan valores recogidos de diversas tablas (NRC, 1994; INRA, 2002; CVB, 2003; Fedna, 2003; Rostagno et al., 2005; Premier Nutrition, 2008) para formular piensos para las diversas especies domésticas. Para la harina de soja (HS) la mayoría de estas tablas describen dos tipos; la HS estándar con un 44% de proteína bruta (PB) y la HS de alta proteína con un 47-48% PB. La diferencia en composición entre ambas sojas viene a ser en torno al 0,20% de lisina total (lys) y 120 kcal de EMAn aves/kg. Sin embargo, la digestibilidad de los aminoácidos (AA) calculado para ambas HS suele ser similar, con sólo una ligera ventaja para la HS alta en PB. Por otra parte, el sistema de valoración del contenido energético metabolizable de las HS no está muy definido y en gran medida se basa en el contenido en principios inmediatos. Por tanto, no se tienen en cuenta las posibles diferencias en digestibilidad de la fracción proteica, el contenido en sacarosa, o la presencia de factores antinutricionales tales como los inhibidores de la tripsina (IT), los oligosacáridos (estaquiosa y rafinosa) y la fibra neutro detergente (FND) (Dilger et al., 2004; Karr-Lilienthal et al., 2005a; de Coca et al., 2008). Por otro lado, diversos investigadores (Fickler, 2005; Degussa, 2005; Van Kempen et al., 2006) han indicado que la composición y perfil en AA de las HS varían según la zona y el país de origen de las habas (Cromwell et al., 1999; Grieshop y Fahey, 2001; Karr-Lilienlahl et al., 2005a, b; Goldflus et al., 2006; Thakur et al., 2007). A este respecto, las diferencias indicadas por estos autores pueden deberse tanto a las condiciones ambientales del cultivo del haba original (suelo, clima, luminosidad, época de recolección, humedad ambiental, condiciones de almacenaje, etc.) como a las características del proceso utilizado para la extracción del aceite y la producción de la harina (Karr-Lilienthal et al., 2006). Por ejemplo, el contenido mineral del suelo influye de forma notable sobre la riqueza en ciertos minerales (p.e., P, Cu, K, Se) de la planta y de la semilla. Por otra parte, el interés mayor en unos países que en otros por reducir el valor de ureasa de la harina puede llevar a

utilizar procedimientos más agresivos durante el procesado del haba. Por tanto, es posible que el valor nutricional de las HS no sea tan predecible ni constante como se admite por la industria de piensos (de Coca et al., 2008; Mateos et al., 2009a,b) y que sea preciso mejorar los controles de calidad de este ingrediente base en la fabricación de alimentos para el ganado.

El presente trabajo presenta datos sobre la composición química, el perfil en aminoácidos y la digestibilidad fecal e ileal in vivo en pollos de harinas de soja de distinta procedencia (Estados Unidos, USA; Brasil, BRA y Argentina, ARG) disponibles en el mercado europeo.

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron dos series de ensayos para evaluar: 1) la composición química y calidad in vitro de las harinas de soja y 2) la influencia de la calidad de las HS disponibles en el mercado sobre la digestibilidad de los nutrientes y la productividad en pollos de carne.

2.1.- Trabajos de laboratorio

Se recogieron un total de 312 muestras de HS procedentes de USA (n = 134), ARG (n = 97) y BRA (n = 81) bien en el país de origen (75%), bien en puertos europeos (España, Portugal, Francia, Alemania y Polonia). Las muestras recogidas corresponden a las cosechas de los años 2007 a 2009. En todos los casos se anotó la fecha de recogida y la planta de producción o el puerto y barco de donde se recogieron las muestras. Se analizaron en el laboratorio los principios inmediatos (n = 312) mediante las técnicas de la AOAC International (2000), la fracción fibra (n = 312) de acuerdo con Van Soest et al. (1991), azúcares y oligosacáridos (n = 172), minerales (n = 173 para macro y n= 128 para oligoelementos) y AA totales vía NIR y ensayos en húmedo (n = 238 y n = 40, respectivamente). Asimismo se evaluó la calidad de la fracción proteica analizando el contenido en IT, ureasa, solubilidad en KOH y solubilidad en agua (PDI) (n = 292). Por último, en un número limitado de muestras se determinó la digestibilidad “in vitro” mediante el método IDEA y el de Boissen y Fernández (1995) así como el contenido en lys reactiva (n = 100 y n = 22, respectivamente). La mayoría de estos análisis se realizaron en los laboratorios de la Diputación de Mouriscade (Pontevedra), de la empresa Evonik Degussa (Hanau, Alemania) y de la UP Madrid.

2.2.- Ensayos in vivo con broilers

Se realizaron un total de 12 ensayos in vivo a nivel europeo (Wageningen, Países Bajos, Universidad de Nottingham en Reino Unido y Coren SCG, Nutreco Poultry

Research Center, Universidad Autónoma de Barcelona y Universidad Politécnica de Madrid en España) para evaluar los coeficientes de digestibilidad aparente ileal (CDAI) y fecal (CDAF) de la energía y de la proteína y de los AA de muestras de HS disponibles en el mercado europeo. Asimismo, se estudió el efecto de su inclusión en los piensos como principal fuente de proteína sobre la productividad en pollos. En los ensayos correspondientes la valoración del CDAI se realizó con aves de 21 a 25 d de vida.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Datos laboratoriales

La composición proximal de las HS (% MS) se detalla en el cuadro 1. Las HS USA presentaron mayor contenido en proteína bruta (PB) que las HS ARG con las HS BRA mostrando un valor intermedio (54,4 vs. 51,8 vs. 53,0%, respectivamente; $P < 0,001$). Asimismo, la fibra neutro detergente (FND) fue superior para la HS BRA que para las USA, con las HS ARG en una posición intermedia (12,0 vs. 8,7 vs. 10,6%; $P < 0,001$). El contenido en grasa fue inferior para las HS USA que para las harinas de origen Suramericano pero las diferencias a nivel práctico fueron pequeñas (1,8 vs. 2,0%; $P < 0,01$). Los datos de composición proximal coinciden en gran medida por las publicadas con anterioridad por diversos autores (Grieshop et al., 2003; Karr-Lilienthal et al., 2006; Mateos et al., 2009b).

Cuadro 1.- Composición química proximal (% MS) de las harinas de soja.

	n	MS	PB	FB	FND	EE
ARG	97	88,6	51,8 ^c	5,3 ^b	10,6 ^b	2,0 ^a
BRA	81	88,8	53,0 ^b	6,3 ^a	12,0 ^a	2,0 ^a
USA	134	88,6	54,4 ^a	4,2 ^c	8,7 ^c	1,8 ^b
EEM		0,04	0,09	0,06	0,09	0,03
P		+	***	***	***	**

El contenido en AA indispensables varió según el origen del haba, lo que era de esperar teniendo en cuenta que el contenido en PB fue diferente entre orígenes. Asimismo, se observó que el perfil en AA (% sobre PB) también varió con el origen del haba siendo, en general, superior para las HS USA que para las HS BRA con las HS ARG en una posición intermedia (cuadro 2). Así, el contenido en lys por unidad de proteína fue superior para las HS USA que para las BRA o ARG (6,21 vs. 6,10 vs. 6,14%, respectivamente; $P < 0,001$). Para el resto de AA, excepto la treonina, las HS BRA mostraron un peor perfil que el resto de HS. Nuestros resultados coinciden en gran medida con los publicados por Fickler (2005) y con la información proporcionada por Degussa (2005) mostrando un

mejor perfil en cuanto a AA indispensables de la HS USA que de las HS de origen Suramericano.

Cuadro 2.- Perfil en aminoácidos indispensables (%PB) de las harinas de soja.

	ARG	BRA	USA	EEM	P
n	62	68	108		
Lys	6,14 ^b	6,10 ^b	6,21 ^a	0,011	***
Met	1,38 ^a	1,32 ^b	1,38 ^a	0,002	***
Cys	1,52 ^a	1,45 ^b	1,52 ^a	0,003	***
Thr	3,96	3,93	3,94	0,004	NS
Trp	1,38 ^a	1,36 ^b	1,38 ^a	0,002	***
Σ	14,4 ^a	14,2 ^c	14,5 ^a	0,02	***

Los parámetros de calidad de las HS muestran que la actividad de las IT (AIT) fue superior para las HS USA (39 mg/g) que para las HS de origen Suramericano (3,0 mg/g). Los valores PDI (19,9 vs. 15,6 vs. 16,7%) y KOH (87,5 vs. 82,3 vs. 84,7%) fueron superiores para la HS USA que para la ARG con las HS de BRA en una posición intermedia ($P < 0,001$) (cuadro 3). Se encontró una correlación positiva ($P < 0,01$) entre el contenido en PB ($r = 547$), la ureasa ($r = 37,7$), el valor PDI ($r = 67,9$) y la solubilidad en KOH ($r = 70,6$) con el contenido en AIT cuando se analizaron de forma conjunta todas las HS. Los datos muestran que durante el procesado, probablemente se calentaron más las habas de ARG y BRA que las de USA. Los resultados procedentes de un estudio limitado de valores de lys reactiva ($n = 22$) mostraron valores ligeramente superiores para las HS USA y BRA que para las HS ARG, confirmando esta hipótesis (datos no mostrados). Esta información coincide con datos de Thakur y Hurburgh (2007) y Sueiro et al. (2008) comparando HS USA con HS de origen suramericano. En relación con los valores PDI y solubilidad en KOH debe tenerse en cuenta que estos valores, especialmente los PDI tienden a disminuir con el tiempo de almacenaje (Sueiro et al., 2009a, b). Por tanto, los valores de solubilidad de la PB serán inferiores cuando se analizan en el país de destino (utilización en Europa) que cuando se analizan en el país de origen (momento de la fabricación). En el cuadro 4 se muestran datos a este particular, obtenidos con HS del mercado nacional que se almacenaron durante un período de hasta 80 semanas.

Las HS BRA tuvieron un mayor contenido en hierro (Fe, 183 vs. 129 vs. 126; $P < 0,01$) y menor en fósforo (P, 0,68 vs. 0,79 vs. 0,75; $P < 0,001$) y potasio (K, 2,27 vs. 2,54 vs. 2,60) que las HS USA o ARG (cuadro 5). Estos resultados concuerdan con las diferencias observadas en cuanto al contenido mineral de los suelos de los tres países considerados. El mayor contenido en hierro de las HS BRA podría explicar al menos en parte, la coloración más oscura de las HS procedentes de este país. En el cuadro 6 se ofrecen detalles a este particular (Nuñez Romero et al., 2009). Las HS de origen BRA

muestran un mayor ($P < 0,001$) valor a^* (tono rojizo) y menor b^* (tono amarillo) y L^* (luminosidad) que las HS de Argentina o USA.

Cuadro 3.- Parámetros de calidad de las harinas de soja (sobre MS).

	n	AIT ¹ , mg/g	PDI, %	KOH, %	Ureasa, g N/g
ARG	90	3,0 ^b	16,8 ^b	82,3 ^c	0,02 ^b
BRA	74	3,0 ^b	15,6 ^c	84,7 ^b	0,03 ^a
USA	124	3,9 ^a	19,9 ^a	87,5 ^a	0,02 ^b
EEM		0,05	0,24	0,20	0,008
P		***	***	***	*

¹Análisis ISO

Cuadro 4.- Influencia del tiempo de almacenaje sobre la solubilidad de la proteína y el contenido en inhibidores de tripsina (IT) y actividad ureásica (AU) de la harina de soja (Sueiro et al., 2009b).

Item	Almacenaje, semanas				EEM (n = 7)
	0	24	48	80	
Act. ureásica ¹	0,03	0,02	0,02	0,02	0,010
PDI, %	20,2 ^a	16,5 ^{ab}	14,9 ^b	12,7 ^b	1,18
Sol. KOH, %	85,1	84,2	81,4	82,9	1,15
I. tripsina ²	4,6	4,6	4,4	4,4	0,40

$P < 0,10$ excepto para PDI ($P < 0,01$)

¹mgN/g x min; ²mg/g SBM

Cuadro 5.- Contenido micromineral (% MS) y en oligoelementos (mg/kg MS) de las harinas de soja.

	n	K	P	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn
ARG	35	2,60 ^a	0,75 ^b	0,37 ^a	48 ^a	126 ^b	16,0	49 ^c
BRA	71	2,27 ^b	0,68 ^c	0,31 ^b	32 ^c	183 ^a	15,0	58 ^b
USA	65	2,54 ^a	0,79 ^a	0,37 ^a	39 ^b	129 ^b	15,4	61 ^a
EEM		0,02	0,005	0,009	0,9	6,7	0,4	0,8
P		***	***	***	***	***	NS	***

Cuadro 6.- Coloración de las harinas de soja mediante Minolta (n = 168) (Núñez Romero et al., 2009).

	n	Luminosidad, L*	Tono rojizo, a*	Tono amarillo, b*
ARG	56	68,0 ^a	5,3 ^a	21,5 ^a
BRA	50	67,8 ^a	6,1 ^b	20,9 ^b
USA	62	69,5 ^b	5,3 ^a	22,6 ^c
EEM		0,34	0,13	0,15
P		***	***	***

El contenido en sacarosa fue superior para la HS USA y ARG que para la HS BRA (7,8 y 7,5 vs. 7,0%; $P < 0,001$). La HS USA tuvo más estaquiosa (6,4 vs. 5,3%; $P < 0,001$) pero menos rafinosa (1,1 vs. 1,4%; $P < 0,001$) que la BRA con la HS ARG en una posición intermedia (cuadro 7). Un mayor contenido en sacarosa de la HS puede ser positivo en relación con el contenido en EMAN de las HS ya que la sacarosa de la HS es bien digerida en monogástricos (Coon et al., 1990; Leske et al., 1993) y fermentada en su totalidad en rumiantes. Asimismo, el cerdo adulto puede utilizar parte de esa energía mediante fermentación en ciego. Por tanto, en rumiantes los oligosacáridos tienen un valor energético similar al de los azúcares tipo sacarosa. Por contra, el exceso de sacarosa podría aumentar las reacciones de Maillard en caso de sobreprocesamiento de las habas. Asimismo, un alto contenido en estaquiosa y rafinosa podría ser perjudicial en alimentos para perros y animales de compañía y quizás para aves.

Cuadro 7.- Contenido en azúcares y oligosacáridos (% MS) de las harinas de soja.

	N	Sacarosa	Estaquiosa	Rafinosa
ARG	50	7,5 ^a	5,5 ^b	1,3 ^b
BRA	41	7,0 ^b	5,3 ^b	1,4 ^a
USA	81	7,8 ^a	6,4 ^a	1,1 ^c
EEM		0,11	0,08	0,03
P		***	***	***

Es posible discernir, mediante tecnología NIR, el país de origen de las HS, en base a su composición química (García-Rebollar et al., 2009a,b).

Los datos de análisis químico y de calidad de la proteína de soja presentados indican de forma clara que el perfil nutricional de las MS varían en función del país de origen de las habas lo que debe ser tomado en cuenta por los nutricionistas cuando se utiliza esta materia prima en fabricación de piensos. De hecho, cuatro parámetros claves a considerar son: 1) diferencias en el contenido en PB y en el perfil de AA, 2) diferencias en los valores IT, PDI y solubilidad en KOH, 3) contenido en P y 4) contenido en sacarosa.

3.2.- Ensayos en broilers in vivo

Se realizaron en la UP Madrid un total de 6 ensayos a fin de estudiar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y AA, así como los crecimientos e índices de conversión de pollos broilers. En un primer ensayo (Mateos et al., 2010, datos no publicados) se testaron 22 HS (n = 8 para USA y n = 7 para BRA y ARG). Se determinó el coeficiente de digestibilidad aparente fecal (CDAF) y el coeficiente de digestibilidad aparente ileal (CDAI) en 6 réplicas (6 pollitos cada una) de 21 a 24 d de edad. La composición química, los parámetros de la calidad de la proteína y la digestibilidad in vitro (Boissen y Fernández, 2005) de las 22 harinas experimentales (rango de valores) se muestran en el cuadro 8. Los valores obtenidos para estas mismas HS para los CDAF de la energía bruta y de la PB se muestran en el cuadro 9. Asimismo, en este cuadro se muestran los CDAI de la PB y de la lisina (lys), la metionina (met) y la cistina (cys). Los datos que se ofrecen muestran la gran variabilidad existente en cuanto a digestibilidades y utilización de la energía y de los AA entre muestras. De hecho, el CDAI de la PB varió entre 82,1 y 88,0%, el de la lys entre 85,0 y 90,5% y el de la cys entre 66,4 y 75,0%. En este ensayo buscamos también las correlaciones existentes entre los diversos parámetros de calidad determinados (cuadro 10). Se observa que el CDAI de la PB, lys y cys estuvieron en general correlacionados de forma positiva con el contenido en PB y en lys total y con la solubilidad en KOH y el porcentaje de lys reactiva. Por el contrario, la correlación fue negativa con el contenido en IT y oligosacáridos y ligeramente con el contenido en FND. Por el contrario, no se encontró correlación alguna entre los CDAI y el valor PDI, ureasa o la digestibilidad in vitro.

En un segundo ensayo (De Coca et al., 2008) se determinó el CDAI de 6 HS disponibles en el mercado (ARG, n = 1; BRA, n = 3 y USA, n = 2) con 6 réplicas de 6 pollos por tratamiento. El contenido en PB e IT de estas sojas y el CDAI de las MS, PB, EB y de la lys, met y cys se detallan en el cuadro 11. De nuevo se detectan grandes diferencias en cuanto a utilización de los diversos nutrientes en función del tipo de soja considerado. De hecho, el CDAI de la PB varió entre 77,3 y 85,6% y el de la energía bruta entre 79,1 y 85,8%. Para los AA, el rango de valores fue de 77,8 a 85,1% para la lys y entre 55,1 y 65,8% para la cys. En este ensayo se observó una correlación positiva entre la PB y el CDAI de los AA y negativa con los IT o el contenido en FND.

Cuadro 8.- Composición química (%) y parámetros de calidad de las harinas de soja (ensayo 1).

	Medias	Rango
Proteína bruta	47,7	46-49,9
Lisina	2,94	2,69-3,09
Metionina	0,65	0,62-0,70
Cistina	0,68	0,63-0,72
NDF	8,9	6,8-14,3
Sacarosa	6,3	5,4-7,5
AIT, mg/g	2,72	1,8-4,2
Solub. KOH, %	83,2	67,9-90,2
PDI, %	13,5	8,7-16,6
Rafinosa + estaquiosa, %	6,20	5,5-7,0
Lisina reactiva, %	86,2	84,0-87,8
CD "in vitro" ¹ , %	87,4	84,6-90,5

¹Boissen y Fernández (2005) (2 pasos)

Cuadro 9.- Coeficientes de digestibilidad (CDAF y CDAI, %) de las harinas de soja (ensayo 1).

	Medias	Rango
CDAI		
PB broilers	84,5	82,1-88,0
Lisina	87,6	85,0-90,5
Metionina	87,9	58,9-90,7
Cistina	70,0	66,4-75,0
CDAF		
Energía bruta	82,9	81,2-84,2
Proteína bruta	53,1	47,4-58,7

En un tercer ensayo (De Coca et al., 2009 y De Coca et al., 2010; datos no publicados) se compararon los crecimientos y los CDAF de los nutrientes en pollos que recibían dos tipos de HS; una con proteína estándar (44%) y otra alta en PB (48,6%) y 3 relaciones lys:EMAn (110, 120, 130% del NRC, 1994) en inicio y (100, 108 y 116% del NRC, 1994) en acabado. Las dos HS fueron escogidas por ser las que mostraron mayores diferencias en cuanto a composición química y calidad de la proteína. Se utilizaron 10 réplicas de 16 pollos por tratamiento y el ensayo terminó con 36 días de edad. Todos los piensos, dentro de cada período tuvieron el mismo contenido calculado en EMAn y en lys total. Una vez más los resultados muestran diferencias en cuanto al comportamiento de los pollos al variar la fuente de HS. En este ensayo, a pesar de que en teoría los piensos

estaban equilibrados, los pollos que recibieron la HS alta en proteína crecieron más y convirtieron mejor que los que recibieron la HS con 44% PB. Además, se observó una interacción entre la relación lys:AMEn de las dietas y el tipo de soja en el sentido que un aumento en el nivel de lys benefició más a los pollos que consumieron HS estándar, lo que indica que la digestibilidad de los AA o el contenido en EMAn de la HS alta en proteína fue superior a lo esperado, en base a valores de tablas (Fedna, 2003) en relación con la HS con 44% PB.

Cuadro 10.- Correlaciones (r) entre el coeficiente de digestibilidad aparente ileal de la proteína y aminoácidos esenciales (cys y lis) y el contenido en PB, FND, lisina total, oligosacáridos y parámetros de calidad de la proteína (ensayo 1).

	PB	Cys	Lys
Proteína bruta	0,56***	0,40†	0,43*
FND	NS	-	-0,35†
Sacarosa	0,52*	NS	NS
Lys total	0,68***	0,55**	0,69***
Oligosacáridos	-0,39†	-0,28	-0,30
KOH	0,60**	0,57**	0,55**
PDI	NS	NS	NS
Inh, tripsina	-0,49*	-0,42*	-0,37*
Ureasa	NS	0,31†	NS
Lys reactiva	0,52**	-	0,48*
CD in vitro ¹	NS	NS	NS

¹Boissen y Fernández, 2005

†P < 0,10; *P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001.

En un cuarto ensayo (Corchero et al., 2008) se estudiaron los efectos de la presentación del pienso (harina, migaja y microgránulo) y del tipo de HS (ARG, n = 1; BRA, n = 1 y USA, n = 2) sobre el CDAF de los nutrientes y el crecimiento de los pollos. Cada uno de los 12 tratamientos se replicó 6 veces y la unidad experimental fue una jaula con 14 pollitos Ross de 1 día de edad. La prueba duró 25 días. Los piensos estuvieron basados en maíz y HS y contenían 3.025 kcal EMAn/kg y 1,14% de lys digestible. Las características químicas de las HS utilizadas se detallan en el cuadro 13. Los resultados de esta prueba confirman que el comportamiento nutricional de las HS varió lo que debe ser tenido en cuenta en formulación. El CDAF fue superior para las HS de origen USA, que además eran las que tenían un mayor contenido en PB y menor en FND.

Cuadro 11.- Coeficiente de digestibilidad aparente ileal de las harinas de soja (ensayo 2).

Origen	PB %	IT mg/g	CDAI, %					
			DM	N	EB	Lys	Met	Cys
ARG	46,1	6,5	75,6 ^b	77,9 ^b	80,3 ^b	80,9 ^b	84,1 ^c	55,1 ^b
BRA-1	45,5	5,1	75,2 ^b	79,0 ^{bc}	79,1 ^b	83,5 ^a	85,7 ^{ab}	55,5 ^b
BRA-2	47,2	4,1	76,7 ^b	79,2 ^{bc}	80,3 ^b	84,4 ^a	86,5 ^b	56,4 ^b
BRA-3	45,2	5,1	76,8 ^b	77,3 ^c	80,4 ^b	77,8 ^c	81,9 ^d	56,9 ^b
USA-1	50,6	2,4	81,8 ^a	82,1 ^{ab}	85,8 ^a	84,0 ^a	86,3 ^b	62,9 ^a
USA-2	48,6	1,8	82,3 ^a	85,5 ^a	85,3 ^a	85,1 ^a	88,8 ^a	65,8 ^a
EEM (n = 6)			1,02	1,46	0,89	0,78	0,66	1,94

Cuadro 12.- Resultados productivos según tipo de harina de soja y nivel de lisina de los piensos (ensayo 3).

	Lis:EM	1 a 21 días		21 a 36 días	
		GMD, g	IC, g/g	GMD, g	IC, g/g
ARG ¹	110	35,6 ^d	1,475 ^a	80,3	1,713
ARG	120	40,2 ^c	1,349 ^b	84,2	1,673
ARG	130	41,2 ^{abc}	1,333 ^b	87,5	1,619
USA ²	110	40,5 ^{bc}	1,350 ^b	86,5	1,638
USA	120	42,0 ^{ab}	1,287 ^b	88,1	1,620
USA	130	42,6 ^a	1,283 ^c	91,1	1,564
EEM (n = 10) ³		0,62	0,009	1,62	0,021

¹Harina de soja estándar

²Harina de soja de alta proteína

³P < 0,05 para efectos principales y la interacción.

Cuadro 13.- Análisis químicos de las harinas de soja (experimento 4).

	PB, %	IT, mg/g	Sol. En KOH, %	PDI, %
BRA	47,6	3,8	68	9
ARG	46,3	3,5	77	14
USA	46,6	5,1	84	17
USA	48,1	4,1	81	14

En este ensayo, sin embargo, no se detectaron diferencias en cuanto a crecimientos e índices de conversión entre las HS, aunque los pollos que consumieron la HS USA con 46,6% PB crecieron un 3,9% más (34,5 vs. 33,2 g) y tuvieron un IC un 3% mejor (1,62 vs. 1,67) que los que recibieron la HS ARG (cuadro 14). En este ensayo también se determinaron los CDAF de los nutrientes a diversas edades. Se observó que la retención de nutrientes aumentó con la edad de las aves y que en general fue superior para los pollos alimentados con las HS USA-1 y USA-2 que para los alimentados con HS BRA con la HS de origen ARG en una posición intermedia. Por ejemplo, el CDAF de la energía bruta a 11 d de edad fue del 80,8, 80,6, 79,6 y 79,1% para las HS USA-1, USA-2, ARG y BRA, respectivamente ($P < 0,05$) (cuadro 15). Sin embargo, el tipo de presentación del pienso no afectó a la retención de nutrientes a esta edad. Los resultados de los análisis laboratoriales parecen indicar que la HS BRA estaba sobreprocesada (valores de PDI de 9 y de solubilidad en KOH del 68%). Como era de esperar, los pollitos alimentados con gránulos crecieron un 25,7% más ($P < 0,001$) que los pollitos que recibieron el pienso en harina mientras que los pollitos alimentados con migaja presentaron un comportamiento intermedio. La mayor parte de este beneficio se debió al mayor consumo en las aves que consumieron piensos granulado ($P < 0,001$).

Cuadro 14.- Resultados productivos en pollos en batería alimentados con diversos tipos de harina de soja y de presentación del pienso.

	GMD, g	CMD, g	IC
Harina de soja			
BRA	33,5	54,9	1,65
ARG	33,2	55,1	1,67
USA-1	34,5	55,5	1,62
USA-2	32,9	54,6	1,66
Presentación del pienso			
Harina	29,2 ^e	49,5 ^c	1,70 ^a
Migaja	34,7 ^b	55,6 ^b	1,61 ^b
Microgránulo	36,7 ^a	59,9 ^a	1,65 ^{ab}
EEM (n = 6)	1,07	0,94	0,039

Cuadro 15.- Influencia del tipo de harina de soja y presentación del pienso sobre el CDAF de la energía a 11 d de edad.

Harina de soja	PB, %	Gránulo	Migaja	Harina	Media
BRA	47,6	79,5	79,0	78,8	79,1 ^b
ARG	46,3	79,5	79,5	79,7	79,6 ^{ab}
USA	48,1	81,0	79,8	80,7	80,6 ^a
USA	46,6	81,0	80,9	80,3	80,8 ^a
Media		80,2	79,9	79,8	

En un quinto experimento (Corchero et al., 2010, datos no publicados) utilizamos estos mismos piensos pero en pollos en suelo hasta los 42 d de edad. Los piensos de segunda edad (21-42 d) de este ensayo se formularon en base a las distintas HS y fueron isonutricionales en base a FEDNA (2003) pero todos los piensos se suministraron en forma de gránulo. De 1 a 21 d de edad los resultados productivos fueron superiores para el microgránulo que para la harina, con la migaja en posición intermedia ($P < 0,001$) (cuadro 16). En relación con las HS se observó un peor IC con la HS de origen BRA pero no hubo diferencias en cuanto a crecimientos diarios. En cualquier caso, en este período, los pollos alimentados con HS BRA crecieron un 3,1% menos que los alimentados con la HS USA con 46,6% de PB ($P > 0,10$). En el global de la prueba (1 a 42 d) las diferencias en relación con la presentación del pienso consumido (en el período de 1 a 21 d) disminuyeron pero todavía fueron significativas a favor del gránulo y la migaja para las GMD (64,0 vs. 63,8 vs. 60,1; $P < 0,001$) y para el gránulo para los IC (1,70 vs. 1,74 vs. 1,75 para gránulo, migaja y harina, respectivamente; $P < 0,05$).

Cuadro 16.- Efectos del tipo de harina de soja sobre el CDAI de la proteína y de los aminoácidos en pollos de 21 a 24 d de edad.

	BRA	ARG	USA-1	USA-2
Proteína bruta	47,6	46,3	46,6	48,1
Lys total	2,69	2,91	2,93	3,02
Lys react.	84,0	86,6	86,0	85,8
CDAI				
PB	82,0	84,0	85,0	84,6
Lys	85,0	87,9	87,4	87,8
Met	87,0	88,0	88,7	88,2
Cys	67,2	68,1	72,0	71,1

En un sexto ensayo (Mateos et al., 2010, datos no publicados) se determinaron los CDAI de la proteína y de los AA de las cuatro HS utilizadas en los ensayos 4 y 5 en pollos de engorde alimentados con piensos en harina de 21 a 24 d de vida. Los piensos y animales experimentales y el diseño fueron similares a los utilizados para el ensayo 2. Los datos de digestibilidad de la PB y de los AA más relevantes (lys, met y cys) fueron en general inferiores para la HS BRA que para el resto de HS ($P < 0,05$) (cuadro 16) indicando que esta harina había sufrido probablemente un calentamiento excesivo durante el proceso de fabricación.

Ensayos posteriores (Pérez de Ayala y Henting, 2009; Jansman et al., 2009; Pérez et al., 2009; Frikha et al., 2009a, b) refuerzan los datos presentados en este trabajo en el sentido de que el contenido en EMAN, la digestibilidad ileal de los AA y el resultado productivo en broilers variaron en función del tipo de HS empleado. En general, las tablas de composición de alimentos parecen subvalorar el valor nutricional de aquellas HS con un mayor contenido en PB y en sacarosa y menor en FND. En base a todos estos ensayos in vivo y los datos laboratoriales presentados, se han preparado cuatro matrices de composición química y valor nutricional de las HS presentes en el mercado europeo (cuadros 17 a 20). Estas cuatro matrices se corresponden con la HS ARG (45,9% PB), la HS BRA (47,1% PB), la HS USA alta en PB (48,2% PB) y la HS USA procedente de la costa este. El contenido medio en PB de las habas producidas en esta zona es muy elevado lo que da lugar a HS con un contenido en PB superior al 50% (50,5% PB). Los valores de composición proximal, mineral, hidratos de carbono y AA se corresponden con el trabajo de evaluación laboratorial (n=312) realizado. Para los contenidos en EMAN y digestibilidad de los AA en avicultura se han utilizado los valores obtenidos en los ensayos in vivo e in vitro mientras que para porcino y rumiantes se han hecho estimaciones basadas en 1) los ensayos in vitro, 2) las determinaciones laboratoriales y 3) ensayos y revisiones publicadas por otros autores a este particular. Por tanto, estos últimos datos deben ser tomados con mayor cautela.

4.- CONCLUSIONES

Las harinas de soja disponibles en el mercado Europeo presentan grandes variaciones en cuanto a composición y valor nutricional que deben ser tenidas en cuenta en la fabricación de piensos para las distintas especies domésticas. Parte de estas variaciones pueden explicarse en base a la composición química (p.e., PB, FND y sacarosa), parte debido al país de origen (p.e., PB, FND, sacarosa, Fe, P, K) y parte debido al procesado de las habas (p.e., digestibilidad de los AA, contenido en lisina y cistina, IT y solubilidad en KOH y PDI). Las variaciones en rendimiento productivo observados frecuentemente en pollos, lechones y cerdos cebo en condiciones prácticas, podrían deberse a las distintas calidades de la harina utilizada. Las fábricas de piensos deberían mejorar sus sistemas de control de calidad a fin de reducir la problemática relacionada con la variabilidad de la calidad de las harinas de soja.

Cuadro 17.- Matriz de composición y valor nutricional de la harina de soja Argentina.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

Humedad	Cenizas	PB	EE	Grasa verd. (%EE)
11,4	6,7	45,9	1,8	65

FB	FND	FAD	LAD	Almidón	Azúcares	Oligosac. ¹
4,7	9,4	5,6	0,17	0,53	6,7	6,5

Ácidos grasos	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{≥20}
% Grasa verdadera	0,2	11	0,2	4	22	54	8	0,4
% Alimento	-	0,13	-	0,05	0,26	0,63	0,09	-

Macrominerales (%)

Ca	P	P _{disp.}	Na	Cl	Mg	K
0,33	0,66	0,22	0,03	0,04	0,25	2,30

P _{dig. Porc}	P _{dig. Av}	P _{fitico}	S
0,26	0,28	0,44	0,43

Microminerales y vitaminas (mg/kg)

Mn	Zn	Cu	Fe	Vit. E	Biotina	Colina
42	43	14	112	3,7	0,34	2750

¹ 0,22% verbascosa adicional

VALOR ENERGÉTICO (kcal/kg)

RUMIANTES					
EM	UFI	UFc	ENI	ENm	ENc
2890	1,02	1,02	1734	2080	1315

Porcino			Aves		Conejos	Caballos
ED	EM	EN	EMAn		ED	ED
			pollitos <20 d	broilers/ponedoras		
3340	3140	1965	1925	2275	3300	3400

VALOR PROTEICO

Coeficiente de Digestibilidad de la proteína (%)				
Rumiantes	Porcino	Aves	Conejos	Caballos
90,5	84	86	84	84

RUMIANTES						
Degradabilidad del N (%)	Digest. Intestinal PB Indegrad.(%)	PDIA	PDIE	PDIN	Lys	Met
		(%)			(%PDIE)	
63	93	17,5	22,9	33,1	6,9	1,6

AAs	Composición		PORCINO				AVES	
	(%PB)	(%)	DIA ¹		DIS ²		DIA ¹	
			(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)
Lys	6,14	2,82	86	2,43	87,5	2,47	87,5	2,47
Met	1,38	0,63	88	0,56	89,5	0,57	87	0,55
Met + Cys	2,90	1,33	82	1,09	86	1,14	84	1,12
Thr	3,96	1,82	82	1,49	85	1,55	83	1,51
Trp	1,38	0,63	83	0,53	86	0,54	86	0,54
Ile	4,56	2,09	85	1,78	87	1,82	88	1,84
Val	4,81	2,21	85	1,88	87	1,92	87	1,92

¹Digestibilidad ileal aparente; ²Digestibilidad ileal estandarizada; ³Digestibilidad real

Cuadro 18.- Matriz de composición y valor nutricional de la harina de soja Brasileña.**COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)**

Humedad	Cenizas	PB	EE	Grasa verd. (%EE)
11,2	6,3	47,1	1,79	65

FB	FND	FAD	LAD	Almidón	Azúcares	Oligosac.
5,7	10,7	6,3	0,19	0,44	6,12	6,3

Ácidos grasos	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{≥20}
% Grasa verdadera	0,2	11	0,2	4	22	54	8	0,4
% Alimento	-	0,13	-	0,05	0,26	0,63	0,09	-

Macrominerales (%)

Ca	P	P _{disp.}	Na	Cl	Mg	K
0,27	0,61	0,20	0,03	0,04	0,27	2,01

P _{dig. Porc}	P _{dig. Av}	P _{fitico}	S
0,24	0,25	0,41	0,45

Microminerales y vitaminas (mg/kg)

Mn	Zn	Cu	Fe	Vit. E	Biotina	Colina
28	51	13	161	3,9	0,35	2700

VALOR ENERGÉTICO (kcal/kg)

RUMIANTES					
EM	UFI	UFc	ENI	ENm	ENc
2915	1,03	1,03	1750	2100	1320

PORCINO			AVES		CONEJOS	CABALLOS
ED	EM	EN	EMAn		ED	ED
			pollitos <20 d	pollitos <20 d		
3395	3190	2000	1975	2330	3340	3430

VALOR PROTEICO

Coeficiente de Digestibilidad de la proteína (%)				
Rumiantes	Porcino	Aves	Conejos	Caballos
91	85	87	85	85

RUMIANTES						
Degradabilidad del N (%)	Digest. Intestinal PB Indegrad.(%)	PDIA	PDIE	PDIN	Lys	Met
		(%)			(%PDIE)	
65	94	17,2	22,6	33,8	6,9	1,6

AAs	Composición		PORCINO				AVES	
	(%PB)	(%)	DIA ¹		DIS ²		DR ³	
			(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)
Lys	6,14	2,82	87,5	2,53	88,5	2,56	88,5	2,56
Met	1,38	0,63	89	0,55	90,5	0,56	89	0,55
Met + Cys	2,90	1,33	83,5	1,11	87	1,15	86	1,14
Thr	3,96	1,82	83	1,54	86	1,59	86	1,59
Trp	1,38	0,63	84	0,54	87	0,56	86	0,55
Ile	4,56	2,09	86	1,86	88	1,90	89	1,92
Val	4,81	2,21	86	1,95	88,5	2,01	90	2,04

¹Digestibilidad ileal aparente; ²Digestibilidad ileal estandarizada; ³Digestibilidad real

Cuadro 19.- Matriz de composición y valor nutricional de la harina de soja de Estados Unidos alta en proteína, 49 %PB.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

Humedad	Cenizas	PB	EE	Grasa verd. (%EE)
11,5	6,6	48,2	1,61	65

FB	FND	FAD	LAD	Almidón	Azúcares	Oligosac.
3,8	7,8	4,8	0,16	0,49	6,81	7,0

Ácidos grasos	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{≥20}
% Grasa verdadera	0,2	11	0,2	4	22	54	8	0,4
% Alimento	-	0,11	-	0,04	0,23	0,56	0,08	-

Macrominerales (%)

Ca	P	P _{disp.}	Na	Cl	Mg	K
0,33	0,70	0,23	0,03	0,04	0,27	2,25

P _{dig. Porc}	P _{dig. Av}	P _{fitico}	S
0,29	0,32	0,47	0,47

Microminerales y vitaminas (mg/kg)

Mn	Zn	Cu	Fe	Vit. E	Biotina	Colina
35	54	14	115	3,9	0,35	2700

VALOR ENERGÉTICO (kcal/kg)

RUMIANTES					
EM	UFI	UFc	ENI	ENm	ENc
2950	1,04	1,04	1770	2120	1340

PORCINO			AVES		CONEJOS	CABALLOS
ED	EM	EN	EMAn		ED	ED
			pollitos <20 d	broilers/ponedoras		
3460	3250	2020	2035	2390	3360	3440

VALOR PROTEICO

Coeficiente de Digestibilidad de la proteína (%)				
Rumiantes	Porcino	Aves	Conejos	Caballos
91	86	89	86	86

RUMIANTES						
Degradabilidad del N (%)	Digest. Intestinal PB Inegrad.(%)	PDIA	PDIE	PDIN	Lys	Met
		(%)			(%PDIE)	
66	95	17,3	22,7	34,6	6,9	1,6

AAs	Composición		PORCINO				AVES	
			DIA ¹		DIS ²		DR ³	
	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)
Lys	6,20	2,99	89	2,66	90	2,69	90	2,69
Met	1,38	0,66	89,5	0,59	92	0,61	90	0,60
Met + Cys	2,90	1,40	85	1,19	89	1,24	87	1,21
Thr	3,94	1,90	84	1,60	87	1,65	87	1,65
Trp	1,38	0,66	85,5	0,57	88	0,58	86,5	0,57
Ile	4,53	2,18	87	1,90	89	1,94	89,5	1,95
Val	4,79	2,31	87	2,01	90	2,08	91	2,10

¹Digestibilidad ileal aparente; ²Digestibilidad ileal estandarizada; ³Digestibilidad real

Cuadro 20.- Matriz de composición y valor nutricional de la harina de soja de la Costa Este de Estados Unidos, 50% PB.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

Humedad	Cenizas	PB	EE	Grasa verd. (%EE)
11,1	6,5	50,5	1,4	65

FB	FND	FAD	LAD	Almidón	Azúcares
3,7	7,9	4,8	0,16	0,48	6,1

Ácidos grasos	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{≥20}
% Grasa verdadera	0,2	11	0,2	4	22	54	8	0,4
% Alimento	-	0,10	-	0,04	0,20	0,49	0,07	-

Macrominerales (%)

Ca	P	P _{disp.}	Na	Cl	Mg	K
0,28	0,73	0,24	0,02	0,03	0,28	2,3

P _{dig. Porc}	P _{dig. Av}	P _{fitico}	S
0,31	0,34	0,49	0,49

Microminerales y vitaminas (mg/kg)

Mn	Zn	Cu	Fe	Vit. E	Biotina	Colina
35	59	12,5	106	4,1	0,36	2700

VALOR ENERGÉTICO (kcal/kg)

RUMIANTES					
EM	UFI	UFc	ENI	ENm	ENc
2975	1,05	1,05	1785	2140	1350

PORCINO			AVES		CONEJOS	CABALLOS
ED	EM	EN	EMAn		ED	ED
			pollitos <20 d	broilers/ponedoras		
3520	3310	2060	2100	2460	3400	3480

VALOR PROTEICO

Coeficiente de Digestibilidad de la proteína (%)				
Rumiantes	Porcino	Aves	Conejos	Caballos
92	87	90	87	87

RUMIANTES						
Degradabilidad del N (%)	Digest. Intestinal PB Indegrad.(%)	PDIA	PDIE	PDIN	Lys	Met
		(%)			(%PDIE)	
67	95	17,6	23	36	6,9	1,6

AAs	Composición		PORCINO				AVES	
	(%PB)	(%)	DIA ¹		DIS ²		DIA ¹	
			(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)
Lys	6,18	3,12	90	2,81	91	2,84	91	2,84
Met	1,36	0,69	91	0,62	92,5	0,64	91	0,62
Met + Cys	2,86	1,44	86	1,24	89,5	1,29	88	1,27
Thr	3,92	1,98	85	1,68	88	1,74	88	1,74
Trp	1,37	0,69	86	0,59	89	0,62	87	0,60
Ile	4,54	2,29	88	2,02	90	2,06	90	2,06
Val	4,76	2,40	87	2,09	90	2,16	91,5	2,20

¹Digestibilidad ileal aparente; ²Digestibilidad ileal estandarizada; ³Digestibilidad real

5.- REFERENCIAS

- AOAC INTERNATIONAL (2000) *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- BOISSEN y FERNÁNDEZ (1995) *Animal Feed Science and Technology* 51: 29-43.
- COON, C.N., LESKE, K.L., AKAVANHINCAN, O. y CHENG, T.K. (1990) *Poultry Science* 66: 1686-1691.
- CORCHERO, F.J., BRUMANO, G., SERRANO, M.P., VALENCIA, D.G., FRIKHA, M. y MATEOS, G.G. (2008) *Poultry Science* 87: 34.
- CROMWELL, G.L., CALVERT, C.C., CLINE, T.R., CRENSHAW, J.D., CRENSHAW, T.D., EASTER, R.A., EWAN, R.C., HAMILTON, C.R., HILL, G.M., LEWIS, A.J., MAHAN, D.C., MILLER, E.R., NELSEN, J.L., PETTIREW, J.E., TRIBBLE, L.F., VEUM, T.L. y YEN, J.T. (1999) *Journal Animal Science* 77: 3262-3273.
- C.V.B. (2003) *Veevoeditable*. Central Veevoederbureau, Lelystad, Países Bajos.
- DE COCA-SINOVA, A., VALENCIA, D.G., JIMÉNEZ-MORENO, E., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2008) *Poultry Science* 87: 2613-2623.
- DILGER, R.N., SANDS, J.S., RAGLAND, D. y ADEOLA, O. (2004) *Journal Animal Science* 82: 715-724.
- FEDNA (2003) *Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos*. 2nd. ed. C. de Blas, G. G. Mateos, and P. G. Rebollar, Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal, Madrid, Spain.
- FICKLER, J. (2005) In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, Reino Unido. pp: 225-228
- FRIKHA, M., SERRANO, M. P., MRABET, A., MAKNI, S. y MATEOS, G.G. (2009a) *Poultry Science* 88 (Supl. 1): 112 (Abst.).
- FRIKHA, M., SERRANO, M.P., JIMÉNEZ-MORENO, E., HABBOUL, M. y MATEOS, G.G. (2009b) *ITEA* 29 (1): 262-264.
- GARCÍA-REBOLLAR, P., NÚÑEZ-ROMERO, N., LÁZARO, R., SERRANO, M.P. y MATEOS, G.G. (2009a) *Poultry Science* 88 (Supl. 1): 113 (Abst.).
- GARCÍA-REBOLLAR, P., NÚÑEZ-ROMERO, N., SERRANO, M.P., HERMIDA, M., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2009b) *ITEA* 29 (1): 226-228.
- GOLDFLUS, F., CECCANTINI, M. y SANTOS, W. (2006) *Brazilian Journal of Poultry Science* 8: 105-111.
- GRIESHOP, C.M. y FAHEY, G.C. (2001) *Journal Agriculture Food Chemical* 49: 2669-2673.
- GRIESHOP, C.M., KADZERE, C.T., CLAPPER, G.M., FLICKINGER, E.A., BAUER, L.L., FRAZIER, R.L. y FAHEY, G.C. (2003) *Journal Agriculture Food Chemical* 51: 7684-7691.
- INRA (2002) *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Institute National Recherche Agronomique. Paris, France.

- JANSMAN, A.J.M., VAN HARN, J. y VAN DIEPEN, J.T.M. (2008) *Energy and amino acid digestibility of different batches of soybean meal in broilers*. Report number 122. Animal Science group. Wageningen UR, Lelystad, Países Bajos.
- KARR-LILIENTHAL, L.K., KADZERE, C.T., GRIESHOP, C.M. y FAHEAY, G.C. (2005a) *Livestock Production Science* 97: 1-12.
- KARR-LILIENTHAL, L.K., GRIESHOP, C.M., SPEARS, J.K. y FAHEAY, G.C. (2005b) *Journal Agriculture Food Chemical* 53: 2146-2150.
- KARR-LILIENTHAL, L.K., BAUER, L.L., UTTERBACK, P.L., ZINN, K.E., FRAZIER, R.L., PARSONS, C.M. y FAHEY, G.C. (2006) *Journal Agriculture Food Chemical* 54: 8108-8114.
- LESKE, K.L., JEVNE, C.J. y COON, C.N. (1993) *Poultry Science* 72: 664-668.
- MATEOS, G.G., SUEIRO, S., HERMIDA, M., REBOLLAR, P.G., SERRANO, M.P. y LÁZARO, R. (2009a) *Poultry Science* 88 (Supl. 1): 31 (Abst.).
- MATEOS, G.G., SUEIRO, S., REBOLLAR, P.G., SERRANO, M.P., GONZÁLEZ, M. y LÁZARO, R. (2009b) En: *Proc. XIII Congress in Animal Production AIDA*. M. Joy, J. H. Calvo, C. Calvete, M. A. Latorre, I. Casasús, A. Bernués, B. Panea, A. Sanz, J. Balcells, eds. AIDA, Zaragoza, Spain. pp: 214-216
- NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NÚÑEZ-ROMERO, N., GARCÍA-REBOLLAR, P., LÁZARO, R., SERRANO, M.P. y MATEOS, G.G. (2009) *ITEA* 29 (1): 217-219.
- PÉREZ, F. y MATEOS, G.G. (2009) *Poultry Science* 88 (Supl. 1): XX (Abst.).
- PÉREZ DE AYALA, P. y ENTING, H. (2009) *Trial report: Testing different soybean meal protein digestibility and AME content in broilers*. Nutreco Poultry and Rabbit Research Center. Toledo, España.
- PREMIER NUTRITION (2008) *Premier atlas: Ingredient matrix*. The Levels, Rugeley, Staffs, Reino Unido.
- ROSTAGNO, H.S. (2005) *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composicao de Alimentos e Exigencias Nutricionais*. 2nd ed. H. S. Rostagno. Universidade Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil.
- SOLÁ-ORIOI, D., AGOSTINI, P.S., PÉREZ, J.F. y MATEOS, G.G. (2009) *Poultry Science* 88 (Supl. 1): 112 (Abst.).
- SUEIRO, S., FRIKHA, M., SERRANO, M.P., HERMIDA, M. y MATEOS, G.G. (2009a) *ITEA* 29 (1): 223-225.
- SUEIRO, S., HERMIDA, M., GONZÁLEZ, M., SERRANO, M.P. y MATEOS, G.G. (2009b) *ITEA* 29 (1): 220-222.
- SUEIRO, S., HERMIDA, M., VALENCIA, D.G., SERRANO, M.P. y MATEOS, G.G. (2008) *Poultry Science* 87: 29 (Abst.).
- SUEIRO, S., SERRANO, M. P., GONZALEZ, M., HERMIDA, M. y MATEOS, G.G. (2009) *Poultry Science* 88 (Supl. 1): 113 (Abst.).
- THAKUR, M. y HURBURGH, C.R. (2007) *J. Am. Oil Chem. Sco.* 84: 835-843.

- VALENCIA, D. G., SERRANO, M. P., LÁZARO, R., LATORRE, M. A., LÁZARO, R y MATEOS, G.G. (2008) *Journal of Animal Science* 86: 448.
- VAN KEMPEN, T.A., VAN HEUGTEN, E. MOHECER, A.J., MULEY, N.S. y SEWALT, V.J.H. (2006) *Journal Animal Science* 84: 1387-1395.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B. y LEWIS, A. (1991) *Journal Dairy Science* 74: 3583-3597.

FEDNA