

# Materias primas alternativas a las proteínas animales

ROSA LÁZARO.\* CLEMENTE LÓPEZ-BOTE.\*\* DIEGO GARCÍA.\*

**L**a utilización de harinas de carne y otros concentrados proteicos de origen animal en piensos se basa en que estas materias primas, cuando tienen un tratamiento tecnológico adecuado, son una fuente importante de energía, proteína, aminoácidos y minerales. Con la excepción de la cisteína y la treonina, los aminoácidos se encuentran en buena proporción. Además, la disponibilidad de los aminoácidos y de los minerales es alta.

El nivel de utilización de las harinas cárnicas en los piensos en la UE-15 dependía de la calidad y uniformidad del producto inicial, así como del tipo de pienso, variando normalmente entre un 3 y un 8%. Por otra parte, la inclusión de harinas de pescado en monogástricos exige bien la especialización de las fábricas de pienso o bien una separación total de las líneas de producción de piensos de monogástricos y rumiantes, lo que limita en muchas ocasiones su utilización. Como consecuencia de esta problemática, hoy día la industria demanda materias primas vegetales palatables ricas en nutrientes digestibles para piensos de primera edad.

Asimismo, la limitación del uso o en su caso prohibición de los promotores antibióticos, ha incrementado el interés por productos que favorecen la digestibilidad de los nutrientes, potencian el sistema inmunitario y ayudan a controlar el equilibrio microbiano intestinal. Dentro de estos productos contamos con los ácidos orgánicos, extractos vegetales, probióticos, aceites esenciales y enzimas.

Por último, debe tenerse en cuenta la aceptación del producto final por parte del consumidor y la trazabilidad del proceso, clave en la producción animal del futuro. Los organismos modificados genéticamente y las grasas animales se cuestionan a menudo y su futuro en la UE es incierto.

La búsqueda de proteínas vegetales alternativas debe abordarse bien desde el campo de la mejora genética, con el desarrollo de variedades ricas en nutrientes y exentas de factores antinutritivos, bien desde el campo tecnológico mediante el procesado o la adición de enzimas. A continuación se comentarán algunos aspectos de aquellos concentrados proteicos que, junto a las harinas de pescado y a los productos lácteos, constituyen las fuentes de proteína de calidad de elección en piensos de primera edad.

## Productos derivados de la soja

Los principales productos de soja existentes en el mercado son las harinas, la soja integral, los concentrados y los aislados de soja. La principal diferencia entre ellos es su contenido en energía, proteína y en factores antinutricionales. Los diversos tratamientos mejoran la calidad, especialmente de la fracción proteica pero a costa del incremento de precio por unidad de proteína.

En el **cuadro I** se muestra un resumen de la composición nutricional de los productos derivados de la soja según FEDNA (1999, 2001).

Las harinas de soja son las fuentes proteicas más utilizadas en alimentación animal por su coste, disponibilidad, contenido en proteína y perfil de aminoácidos. Sin embargo, su contenido en factores antinutritivos limita su utilización en primeras edades. Una alternativa a las harinas son las habas extrusionadas y descascarilladas, que presentan un alto valor energético y excelente palatabilidad. En cualquier caso, los derivados de soja de elección en primeras edades son los concentrados y aislados.

La soja contiene un elevado número de factores antinutricionales, pero gran parte se destruyen al procesar el haba mediante calor, caso de los inhibidores de las proteasas (factores de Kunitz y Bowman-Birk), las lectinas o hemoaglutininas y la ureasa. Los inhibidores de las proteasas son proteínas que forman complejos con la tripsina y quimotripsina con lo que reducen la actividad enzimática y la digestibilidad proteica, llegándose a producir una



La industria de piensos demanda materias primas vegetales ricas en nutrientes digestibles

hipertrofia del páncreas como reacción del organismo animal a una mayor producción enzimática. Niveles por encima de 2 a 3 mg/g de pienso parecen afectar tanto a la digestibilidad como al consumo y al crecimiento especialmente en primeras edades (Bruggink, 1993).

Las hemoaglutininas o lectinas son proteínas que incrementan la permeabilidad de la pared del intestino delgado, permitiendo la absorción de compuestos que pueden perjudicar el funcionamiento del sistema inmune. Afortunadamente las lectinas son muy sensibles a la temperatura por lo que el tratamiento térmico de la soja reduce los niveles a mínimos aceptables.

La ureasa es uno de los enzimas usados más frecuentemente para valorar la calidad de los derivados de soja. La ureasa en sí

\* Dpto. Producción Animal. I. F.S.I. Agrónomos. U.P.M.

\*\* Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. U.C.M.

**CUADRO I. Composición nutritiva de derivados de soja (FEDNA, 1999, 2001).**

Nutriente (%)	Haba soja extrusionada		Harina de soja		Concentrado de soja	Aislado de soja
	Húmeda	Decorticada	44%	47%		
Humedad	9,4	9,6	12,0	11,9	6,0	6,6
Proteína	36,3	37,3	44,0	46,9	67,0 <sup>2</sup>	87,0
Grasa	19,8	20,0	1,7	1,6	1,0	0,5
Fibra bruta	5,3	4,1	5,6	4,6	4,0	0,2
Azúcares	6,5	6,6	7,0	7,0	5,0	0
EM porcino <sup>1</sup>	3970	4060	3070	3200	3350	4200
EN porcino <sup>1</sup>	3150	3200	1950	2000	2060	2520
EM aves <sup>1</sup>	3640	3680	2180	2290	2380	3550
Lisina	2,25	2,31	2,88	3,05	4,36	5,66
Met+Cys	1,07	1,08	1,28	1,36	1,94	2,59
Treonina	1,43	1,49	1,75	1,88	2,68	3,48
Triptófano	0,49	0,49	0,59	0,63	0,87	1,13

<sup>1</sup> kcal/kg.

<sup>2</sup> Existen productos en el mercado con contenido en proteína que varía entre el 50 y el 67%.

no tiene efecto negativo alguno en monogástricos, pero tiene la virtud de destruirse por calor a aproximadamente la misma velocidad que los inhibidores de la tripsina. Niveles superiores a 0,4 mg N/g min indican un procesamiento deficiente, mientras que valores próximos a cero podrían indicar sobreprocesamiento.

Los factores goitrogénicos captan iodo, provocan hipertiroidismo e incrementan las necesidades en este oligoelemento. También son susceptibles al calor, por lo que su importancia es nula con procesamientos adecuados.

Dentro de los factores termoestables se encuentran los factores antigenicos, los oligosacáridos, las saponinas, los estrógenos, los compuestos cianógenos y los fitatos. Su importancia en alimentación animal es escasa excepto en el caso de los factores antigenicos y los oligosacáridos.

Los factores antigenicos o alergénicos (glicinina y  $\beta$ -conglicinina) provocan la producción de anticuerpos como respuesta del sistema inmune del animal. Producen daños en la mucosa intestinal y afectan a los procesos de digestión y absorción de los nutrientes, favoreciendo la aparición de diarreas y reduciendo la productividad de los animales jóvenes.

La soja tiene un contenido alto de oligosacáridos solubles (en torno al 6%), que son fundamentalmente estaquiosa y rafinosa. Dado que los animales monogástricos carecen de  $\alpha$ -galactosidas a nivel de intestino delgado, estos compuestos no son digeridos hasta que entran en el intestino grueso, en donde las  $\alpha$ -galactosidas bacterianas los degradan, provocándose flatulencia y diarreas. Los tratamientos de extracción con agua en caliente, agua y etanol, enzimas y fermentación reducen el contenido en oligosacáridos solubles.

Los concentrados de soja se obtienen tras descascarillar y eliminar parte o todos los oligosacáridos de las harinas por extracción con agua, con mezcla de agua y alcohol o fermentación. Los tratamientos complementarios tales como el calentamiento con condiciones variables de pH, proteolisis, precipitación, etc. desnaturalizan los factores antinutritivos o reducen sus efectos. El descascarillado mejora la palatabilidad y permite incrementar la concentración de nutrientes del producto, como es el caso de la proteína. Así, se obtienen concentrados de soja cuyo contenido proteico varía entre un 52 y un 65% y sus niveles de utilización están entre el 5 y el 12%.

Estos productos varían en contenido en factores antinutritivos (**cuadro II**), de los cuales merecen especial mención los antigenicos (glicinina y  $\beta$ -conglicinina) y los oligosacáridos (rafinosa y estaquiosa), por su resistencia a la temperatura y efecto negativo sobre la palatabilidad y el crecimiento de animales jóvenes. El procesamiento de los concentrados reduce en gran medida el

nivel de factores antirípticos y los oligosacáridos, habiendo mayor variación para el caso de los factores antigenicos.

En el **cuadro III** se muestra el efecto de los distintos procesamientos sobre el nivel de factores antinutritivos y algunos parámetros in vivo en terneros pre-rumiantes (Lallès y Toullec, 1996). La cocción reduce la actividad de los factores antigenicos, mientras que el tratamiento con agua, etanol y temperatura, con enzimas proteolíticas o fermentación u otros procedimientos pueden reducir aún más e incluso hacer desaparecer las actividades antigenicas. A este respecto, las comparaciones entre laboratorios son difíciles dado que se deberá tener en cuenta las unidades en las que se expresan los resultados y la metodología de análisis utilizada.

En general, los terneros pre-rumiantes son más sensibles a los factores alergénicos que los lechones y estos que las aves, por lo que los concentrados de soja adquieren especial interés en piensos de iniciación para terneros (Lallès et al., 1996) y lechones (Grala et al., 1998).

Li et al. (1991) observaron que la morfología de los villi y los parámetros productivos de lechones destetados a 21 d y alimentados con un concentrado de soja extrusionado (24%) fueron similares a los 35 d de edad que los de lechones alimentados con 35% de leche y 20% de suero (**Cuadro IV**). La utilización

**TEL POLICHEM, S.A.**  
LABORATORIOS

# LÍNEA TECNOFEED

## Ingredientes nutricionales

### Fuentes de Proteína

**Tecnosoya®**

**Tecnovo 60®**  
**Tecnomix®**

**Protecno 50®**  
**Protecno 70®**

**Tecnoyeast®**  
**Tecnoyeast mix®**

Laboratorios Polichem S.A.  
Tel: +34 977 751 117 Fax: +34 977 752 836 [polichem@olpesa.com](mailto:polichem@olpesa.com)

**CUADRO II. Factores antinutritivos en derivados de la soja (Adaptación varios autores: Gorrachategui, 2001; Russett, 2001).**

	Haba soja		Harina de soja		Concentrado de soja		Aislado de soja
	Cruda	Decorticada	44%	48%			
Act. Ureasa <sup>1</sup>	2.0	0.5	0.05-0.5	0.05-0.2	<0.05	<0.05	<0.05
Inh. Tripsina, mg/g	45-65	2-25	5-8	5-8	<4	<2	<1
Glicinina <sup>2</sup>	182000	182000	66000	66000	<100	<1	<1
$\beta$ -conglicinina <sup>2</sup>	65000	65000	16000	16000	<10	<1	<1
Lectinas, ppm	3550	3550	10-200	10-200	<1	<0.1	0
Saponinas, %	0.5	0.5	0.6	0.6	0	0	0
Oligosacáridos, %	14	15	15	15	3	1	0

<sup>1</sup> Incrementos de pH.

<sup>2</sup> ELISA, ppm.

de un concentrado sin extrusionar dio peores resultados.

Los aislados de soja contienen cerca de un 90% de proteína y se obtienen por solubilización de ésta en medio ligeramente alcalino, seguido de una precipitación en medio ácido. No contienen oligosacáridos, tienen capacidad emulsionante y son solubles en agua. Por tanto, su mayor interés de uso está en lactoreemplazantes. Sin embargo, su principal su principal limitación radica en su elevado precio.

La digestibilidad aparente ileal en terneros es menor para los concentrados o los aislados de soja que para los productos lácteos (0,85 y 0,73 vs 0,91, respectivamente), aunque las diferencias son menores para el caso de la digestibilidad ileal real (0,95 y 0,94 vs 0,99, respectivamente; Montagne y Lallès, 2000; Montagne et al., 2001). Esto se debe a que el flujo ileal de proteína de origen bacteriano dentro de la fracción proteica endógena se incrementa sobre todo en el caso del aislado de soja.

La elección entre productos de soja se deberá establecer según criterios de composición química, calidad de la fracción proteica, palatabilidad, solubilidad para el caso de lactoreemplazantes y, especialmente, nivel de factores antinutritivos.



**CUADRO III. Efecto del tratamiento tecnológico de la soja sobre los factores antinutritivos y parámetros in vivo en terneros pre-ruminantes.**  
(Lallès y Toullec, 1996. INRA Prod. Anim. 9: 255-264).

Procesado	Prot. antigénica		Fac. antinutr.		In vivo	
	Glyc <sup>1</sup>	BCG <sup>1</sup>	AIT <sup>2</sup>	Lectinas <sup>3</sup>	CDProt <sup>4</sup>	TA <sup>5</sup>
Extracción grasa <sup>6</sup>	(227)	(146)	(119)	(14)		
Cocción	12,3	17,8	11,2	1,4	59-66	68
Cocción+otro tratamiento <sup>7</sup>	0,4	0	5,5	0,01	76	23
Extracción agua+cocción	11,9	13,7	4,9	0,07	61-71	37
Extracción agua+otro tratam. <sup>7</sup>	0,01	0	2,3	0	81	2
Extracción con etanol	0	0	3,9	0	81	<1
Calentamiento a diferentes pH	4,8	0	1,2	0	84	<1
Proteolisis	0	0	2,4	0	82-90	<1

<sup>1</sup> Glicinina (Glyc) y  $\beta$ -conglicinina (BCG), ambos en % con respecto al valor encontrado en productos poco tratados.

<sup>2</sup> Actividad antitripsina, % con respecto al valor encontrado en productos poco tratados.

<sup>3</sup> % con respecto al valor encontrado en productos poco tratados.

<sup>4</sup> Coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína en terneros pre-ruminantes, %.

<sup>5</sup> Títulos de anticuerpos.

<sup>6</sup> Unidades utilizadas: mg de proteína antigénica (ELISA) para Glyc y BCG; unidades internacionales de inhibidores de tripsina por mg de proteína; mg de lectinas por g de proteína total.

<sup>7</sup> No descrito por el fabricante.



# 1500



## Soluciones rentables enzimáticas para la industria avícola

Avizyme 1500 es un producto único multienzimático para dietas de avicultura basadas en maíz/soja o sorgo/soja.

Avizyme 1500 puede ser utilizado en las dietas de dos formas, a mayores para mejorar los resultados productivos del ave, o para reducir la densidad de los nutrientes de la dieta manteniendo los resultados productivos del ave con un menor coste de la dieta.

Los beneficios económicos para el productor avícola incluye:

- Mejora de la utilización del alimento
- Mejora la uniformidad de las aves
- Aumenta los resultados productivos de las aves
- Reduce el coste de la dieta

Es un producto de:

**finnfeeds**

**DANISCO CULTOR**

Finnfeeds International Ltd  
C/Comunidad de Madrid, 35 Bis Edf. Burgosol, Of. 56  
28230 Las Rozas Madrid Spain  
Tel 91 710 3310 Fax 91 636 1324  
email info.finnfeeds@danisco.com

**TROUW** NUTRITION  
a nutreco company

Trouw Nutrition  
Ronda de Poniente, 9 Tres Cantos 28760 Madrid Spain  
Tel 91 803 6744 Fax 91 803 4439

**CUADRO IV. Efecto de la utilización de distintas fuentes proteicas en lechones destetados a 21 d sobre la morfología intestinal 1, la digestibilidad de los nutrientes 1 y los parámetros productivos 2 (Li et al., 1991. *J. Anim. Sci.* 69: 3299-3307).**

	Proteína láctea	Harina soja	Concentrado soja	Concentrado soja extrusionado	Aislado soja
Altura villi, $\mu\text{m}$ <sup>10</sup>	266	175	207	230	217
Profundidad cripta, $\mu\text{m}$ <sup>11</sup>	198	222	214	196	190
Perímetro, $\mu\text{m}$ <sup>12</sup>	731	518	667	666	610
Área villi, $\mu\text{m}^2$ <sup>13</sup>	26915	16495	22191	21563	19068
Digestibilidad, %					
Materia seca <sup>14</sup>	88,5	87,3	88,6	89,8	-
Nitrógeno <sup>15</sup>	83,0	79,7	81,4	85,7	-
Ganancia media de peso, g/d					
Semana 1	173	127	150	163	-
Semana 2	245	204	200	250	-
Semana 0-5	358	341	341	377	-
Índice conversión, g/g					
Semana 1	1,26	1,66	1,55	1,35	-
Semana 2	1,05	1,31	1,35	1,18	-
Semana 0-5	1,45	1,56	1,58	1,51	-

<sup>10</sup> n = 8.

<sup>11</sup> n = 4 (3 lechones por departamento).

<sup>12</sup> Leche vs otros ( $P < 0,05$ ).

<sup>13</sup> Harina soja vs otros ( $P < 0,05$ ).

<sup>14</sup> Harina soja vs lácteos, concentrado soja extrusionado y aislado soja ( $P < 0,05$ ).

<sup>15</sup> Concentrado soja extrusionada > harina soja ( $P < 0,05$ ).

<sup>16</sup> Leche > harina soja, concentrado soja extrusionado > concentrado soja y harina soja ( $P < 0,05$ ).

vada digestibilidad para todas las especies y es rico en metionina y deficitario en lisina y triptófano. La mayor limitación de esta materia prima es su disponibilidad, por lo que tiene más interés en los casos de pollo pigmentado, dada su riqueza en xantofilas amarillas, y de rumiantes por tratarse de una buena fuente de proteína by-pass.

El gluten de trigo se obtiene durante el proceso de extracción del almidón del cereal y su contenido en proteico está entre 75 y 85%. La proteína es muy insoluble, por lo que es frecuente someterla a tratamientos con ácido y a hidrólisis enzimática para incrementar su solubilidad y digestibilidad y hacerla apta para lactoreemplazantes. En estos casos los niveles de uso a menudo superan el 5%. Niveles similares se pueden utilizar en piensos de lechones.

pero debe tenerse en cuenta que es limitante en lisina. Los niveles normales de inclusión están entre el 2 y el 3%.

Richert et al. (1994) observaron que la inclusión de gluten de trigo durante las dos primeras semanas tras el destete de los lechones mejoró la ganancia de peso y la conversión en el período global de 0 a 37 d postdestete con respecto a lechones alimentados con dietas a base de productos lácteos y harina de soja. En lactoreemplazantes para terneros, la proteína del gluten de trigo presenta una digestibilidad aparente similar a la de los productos lácteos tanto fecal (0,93 vs 0,95, respectivamente; Branco-Pardal et al., 1995), como ileal (0,87 vs 0,91) (**Cuadro VI**).

## Levaduras

Existen dos tipos de levaduras en el mercado, muertas y vivas. Las primeras proceden de la industria y se utilizan a niveles de porcentajes. Las segundas son cultivos muy especializados que precisan su registro en la UE como aditivo y que

**CUADRO V. Efecto de la inclusión de proteína de patata sobre los parámetros productivos de los lechones (E.T.S.I.A., 2000)<sup>1</sup>.**

Dietas	0-20 d			0-36 d		
	GMD	CMD	IC	GMD	CMD	IC
7,5% Harina pescado LT	A	244	345	1,41	343	520
2,5% Hna pescado LT + 4% Prot. patata	B	238	321	1,39	329	491
2,7% Hna pescado + 4% Prot. patata	C	222	328	1,49	291	484
6% Proteína patata	D	259	339	1,31	316	495
EEM (n=6) <sup>2</sup>		18	20	0,07	15	20

<sup>1</sup> GMD: Ganancia media diaria (g); CMD: Consumo medio diario (g); IC: Índice de conversión (g/g).

Dieta A, B, C y D de 0 a 20 d.

Dieta común maíz-cebada-harina de soja de 20 a 36 d.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la media; n = 6 (5 lechones / réplica).

Todas las comparaciones de medias (A vs B, A vs D, B vs C y B vs D) no significativas ( $P > 0,10$ ), excepto B vs C para la GMD e IC de 0 a 36 d:  $P = 0,08$  y  $P < 0,05$ , respectivamente.

## Gluten de cereales

El gluten de maíz se obtiene del procesamiento de este cereal por vía húmeda, tiene un nivel medio de proteína del 60%, presenta una ele-

**CUADRO VI. Digestibilidad aparente ileal y fecal de los nutrientes en lactoemplazantes para terneros.**  
(Branco-Pardal et al., 1995. Reprod. Nutr. Dev. 35: 639-654).

	Leche descremada		Gluten trigo		Proteína patata	
	Ileal	Fecal	Ileal	Fecal	Ileal	Fecal
Materia seca	0,89 *	0,96 **	0,86 **	0,94 **	0,81 *	0,93 **
Materia orgánica	0,90 *	0,97 **	0,87 *	0,94 **	0,84 *	0,94 **
Nitrógeno	0,91 *	0,95 **	0,87 *	0,93 **	0,83 *	0,90 **
Grasa	0,88	0,93 *	0,82	0,87 *	0,79	0,87 **
MELN	0,91	0,99 *	0,90	0,98 *	0,86	0,98 *
Cenizas	0,71 *	0,89 **	0,70 *	0,83 **	0,54 *	0,83 **

a,b: Diferencias dentro de valores ileales o fecales (P<0,05)

\*: Diferencias entre valores ileales y fecales (P<0,05).

se utilizan por sus efectos beneficiosos sobre el tracto digestivo y a dosis de ppm. Algunos ejemplos de las levaduras muertas son la *Torula* y los *Saccharomyces cerevisiae* procedentes de la industria de fabricación del pan o la cerveza. El producto resultante se seca a altas temperaturas y se comercializa tanto en alimentación humana como animal. La utilización de temperaturas altas incrementa la desnaturalización de la proteína, con lo que si éstas son excesivas reducen su disponibilidad.

Se trata de una fuente con un valor proteico del 40-52% y con un perfil aminoacídico similar al de la proteína de soja. Son ricas en lisina pero pobres en aminoácidos azufrados, por lo que la suplementación con metionina mejora su calidad. Además, son ricas en vitaminas tales como biotina, niacina, pantoténico y tiamina. Cerca del 20% del nitrógeno proviene de los ácidos nucleicos, por lo que su uso se limita al 5-10%. Un exceso podría incrementar los niveles de ácido úrico en sangre, pudiendo llegar a producir cálculos renales.

Sin embargo, trabajos recientes realizados en humana indican que los ácidos nucleicos son claves en la formación de tejidos linfoides y el crecimiento armónico de la mucosa intestinal, así como en procesos de inmunidad.

**CUADRO VII. Efecto de la sustitución de proteína de plasma animal (78% de proteína) por proteína de huevo (44% de proteína) sobre los parámetros productivos de lechones recién destetados. (Harmon et al., 2000. Purdue University Swine Report).**

Tratamiento <sup>1</sup>	1	2	3	4	P <
Ratio Plasma: huevo <sup>1</sup>	3:0	2:1	1:2	0:3	
Peso inicial, kg	5,3	5,2	5,2	5,3	NS
Peso final, kg	20,7	20,6	19,8	19,8	NS
Ganancia peso, g/d					
0-10 d	136,4 *	136,4 *	118,2 *	100,0 *	0,05
10-24 d	400,0 *	363,6 *	354,5 *	359,1 *	0,05
24-38 d	604,5	631,8	600,0	604,5	NS
0-38 d	404,5	404,5	381,8	381,8	NS
Consumo pienso, g/d					
0-10 d	236,4	227,3	222,7	177,3	NS
10-24 d	645,5 *	600,0 <sup>ab</sup>	577,3 <sup>ab</sup>	563,6 *	0,01
24-38 d	845,5	872,7	854,5	822,7	NS
0-38 d	609,1	600,0	586,4	559,1	NS
Índice conversión, g/g					
0-10 d	1,71	1,65	1,89	1,78	NS
10-24 d	1,61	1,65	1,64	1,57	NS
24-38 d	1,40	1,37	1,42	1,36	NS
0-38 d	1,50	1,49	1,53	1,46	NS

<sup>1</sup> Niveles de plasma en pienso: 7, 4,67, 2,33 y 0% de 0 a 10 d y 3,5, 2,34, 1,16 y 0% de 10 a 24 d, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Niveles de proteína de huevo en pienso: 0, 4,13, 8,27 y 12,41% de 0 a 10 d y 0, 2,06, 4,13 y 6,2% de 10 a 24 d, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente (sustituciones de plasma del 0, 33, 66 y 100%).

De 24 a 38 d, todos los lechones se alimentaron con una dieta común sin plasma ni huevo.

Kutlu et al. (1997) utilizaron hasta un 6% de levaduras en sustitución de harina de pescado en pollos de 1 a 28 d de edad sin que se obtuvieran diferencias significativas entre tratamientos en parámetros productivos, rendimiento de canal o grasa abdominal.

En el caso de lechones, los resultados de trabajos publicados son contradictorios. Así, en algunos casos la inclusión de niveles crecientes del 5 hasta el 20% redujeron la ganancia de peso e incrementaron los índices de conversión a 30 kg (Landell et al., 1994), mientras que en otros, niveles de 0, 15 y 30% incrementaron el consumo (1,06, 1,18 y 1,02 kg/d), la ganancia de peso (552, 585 y 465 g/d) y el índice de conversión (1,91, 2,03 y 2,20) en lechones de 10 a 25 kg de peso vivo (Miyada et al., 1992).

## Proteína de huevo

Es un producto que contiene entre un 40 y un 50% de proteína y se obtiene por centrifugación y posterior secado por atomización (spray dried) del huevo. Su contenido en grasa es muy alto (30-42%), con una elevada digestibilidad, gracias a la capacidad emulsionante de las lecitinas de la yema.

Harmon et al. (2000) probaron sustituciones isoproteicas con proteína de huevo de hasta un 7% de plasma animal durante los 10 primeros días postdestete y de hasta 3,5% en los 14 días siguientes. Los niveles más altos de plasma dieron las mejores ganancias de peso de los animales en los primeros 24 días de la prueba, pero estas diferencias desaparecieron en los 14 días siguientes, cuando todos los animales recibieron una dieta comercial común (**Cuadro VII**).

Existen en el mercado derivados del huevo cuyo valor estriba en los anticuerpos que aportan al tratarse de huevos hiperinmunes procedentes de aves sometidas a programas de vacunación específicos. En estos casos no se valora su contenido proteico, que es similar a la proteína de huevo, sino que se incorporan a los piensos de primeras edades a bajas dosis por su capacidad de potenciar la inmunidad como sustitutivo de los antibióticos.

## Aditivos

A parte de las ya mencionadas levaduras vivas y huevos hiperinmunes, existen en el mercado aditivos que se utilizan como alternativas a los antibióticos. Entre los mismos, caben destacar los ácidos orgánicos, extractos vegetales, probióticos, aceites esenciales y enzimas. No son propiamente sustitutos de harinas animales como fuentes de proteína, pero mejoran la utilización de las dietas basadas en productos vegetales y potencian el estado sanitario de los animales.