

**AVANCES EN LA ALIMENTACIÓN DEL PORCINO:
I. LECHONES Y CERDOS DE ENGORDE - III. REPRODUCTORAS**

Emilio Borja¹ y Pedro Medel²

¹ UVESA, Navarra

² Dpto. Producción Animal. Universidad Politécnica Madrid

INTRODUCCIÓN GENERAL

La nutrición porcina es una ciencia en evolución permanente. Lo demuestran la enorme cantidad de trabajos científicos que se publican cada año y el gran número de equipos de investigadores que en diferentes universidades, empresas y otros centros repartidos por todo el mundo están desarrollando líneas de investigación relacionadas con la nutrición y alimentación del cerdo. Como consecuencia de sus trabajos, en estos últimos años se están produciendo avances importantes en los sistemas de evaluación nutricional de materias primas, en la estimación y el conocimiento de los requerimientos de los animales, en la tecnología de fabricación de piensos, o en el tipo de materias primas y aditivos que se utilizan en las dietas, por poner sólo algunos ejemplos.

Hubiera sido demasiado ambicioso intentar recoger en este trabajo todas las novedades que se han ido presentando a lo largo de estos tres ó cuatro últimos años y esta es la razón por la que se ha preferido seleccionar una serie de temas que los autores han considerado particularmente interesantes.

La presentación está dividida en dos partes: lechones y cerdos en crecimiento-cebo y cerdas reproductoras. En el apartado de lechones se comentan algunos aspectos de interés relacionados con el empleo de materias primas en piensos para lechones de destete precoz, con especial atención al plasma animal, y se hace referencia a un nuevo producto, la harina de huevo rica en anticuerpos, que acaba de presentarse en el mercado nacional. En relación con los cerdos en crecimiento-cebo se revisan algunos aspectos acerca de la utilización eficiente de la energía de la dieta, sobre todo con genotipos modernos de alto potencial de crecimiento muscular, y se presenta una metodología interesante para la estimación de los requerimientos nutricionales de los cerdos de engorde en condiciones de explotación comercial.

Finalmente, se ha hecho un trabajo de revisión sobre lo publicado recientemente en la alimentación de cerdas reproductoras. El trabajo amplía las revisiones realizadas en años anteriores en los cursos de especialización FEDNA (Mateos y Piquer, 1994; Jagger, 1996; Coma, 1997), aunque no ofrece recomendaciones como las citadas en los dos primeros trabajos. Asimismo, y a pesar de que la novedad más importante en nutrición porcina ha sido la nueva edición del NRC 1998, se ha tratado en la medida de lo posible de revisar otras publicaciones, ya que existe otro trabajo en la presente edición del curso FEDNA sobre este tema (Cromwell, 1998).

I.- AVANCES EN LA ALIMENTACIÓN DE PORCINO: LECHONES Y CERDOS DE ENGORDE

E. Borja
UVESA, Navarra

1.- ÚLTIMOS AVANCES EN LA ALIMENTACIÓN DE LECHONES

A lo largo de estos últimos tres o cuatro años estamos viendo cómo muchas empresas dedicadas a la porcicultura en nuestro país, animadas por los resultados obtenidos en Estados Unidos con el destete precoz segregado y la producción en múltiples sitios, han modificado en mayor o menor medida sus esquemas de producción para asemejarlos a los sistemas americanos. Para los nutricionistas, una de las consecuencias más importantes ha sido la reducción de la edad de los lechones al destete, pasando del destete convencional a 25-28 días a un destete precoz, en torno a los 17-21 días. La necesidad de hacer frente a los requerimientos de un animal más joven y con un sistema digestivo e inmunitario más inmaduros obligó a revisar los programas de alimentación de lechones, y en ese trabajo de revisión, junto a la definición precisa de los contenidos en nutrientes cobró especial importancia la selección de materias primas, tanto en cuanto al tipo de materia prima, origen, características y calidad, como en cuanto al porcentaje de inclusión en la dieta.

Casi al mismo tiempo que se empezó a trabajar con lechones de destete precoz empezó a tenerse conocimiento de la existencia de nuevas materias primas, como los derivados sanguíneos - plasma animal, harina de glóbulos rojos, harinas de sangre selectas - que se sumaron a otras materias primas de uso más o menos habitual en nuestras dietas, como las harinas de pescado de alta calidad, proteína de patata, productos lácteos, diferentes tipos de harinas de soja o cereales procesados, entre otras.

El desarrollo de nuevas materias primas ha continuado desde entonces y algunas de ellas se han presentado recientemente en el mercado nacional o muy probablemente lo estarán en un futuro próximo.

El resto de este apartado se va a dedicar a comentar ciertos aspectos novedosos o interesantes de algunas de las materias primas mencionadas.

1.1.- Aspectos de interés en relación con el plasma animal

Definido por Maxwell (1992) como “el producto proteico más excitante para ser probado en dietas de lechones de destete precoz en los últimos años”, hoy sigue siendo un producto exclusivo y que suscita ciertas dudas entre los nutricionistas de porcino. No se hará referencia a los aspectos más importantes sobre el plasma animal relacionados con su mecanismo de acción o con los factores de los que depende la magnitud de su

efecto positivo, y se remite al lector al trabajo que se presentó en el XI Curso de Especialización FEDNA (Gatnau et al., 1995a) en el que estos puntos se trataron con detalle. Se comentarán, pues, otros aspectos de interés que son fruto de las investigaciones publicadas en los últimos tres o cuatro años y que podrían responder a algunas de las preguntas que se suscitaron desde aquel momento.

1.1.1.- Efecto del plasma en dietas de destete de diferente calidad

Una de las primeras dudas que planteó el plasma en el momento de su aparición en el mercado nacional guardaba relación con la magnitud de su efecto mejorador del consumo de pienso y el crecimiento cuando se utilizaba en dietas que incluían ingredientes de alta calidad. Los resultados de las investigaciones de Ermer et al. (1994), que sugerían que el efecto del plasma se debía a una mejora de la palatabilidad del pienso, y los de Gatnau et al. (1995b) que indicaban que el efecto protector de las inmunoglobulinas del plasma mejoraba la funcionalidad de la mucosa intestinal, hacían pensar que el efecto del plasma debería ser menor en dietas de alta calidad, con ingredientes palatables y ricos en nutrientes altamente digestibles, que en otras dietas más simples y de menor digestibilidad.

Para evaluar el efecto del plasma cuando se incluía en dos dietas de calidades diferentes se realizó un ensayo en la estación experimental de Rosmalen, en Holanda (Van der Peet-Schwering y Binnedijk, 1995) con 720 lechones destetados a los 28 días que se asignaron a cuatro tratamientos experimentales: 1) dieta de alto coste, basada en proteínas animales, 2) dieta de alto coste en la que una parte de la proteína animal (suero bajo en lactosa y harina de pescado) se sustituyó con 5% de plasma porcino, 3) dieta de bajo coste, en base a proteína vegetal y 4) dieta de bajo coste con sustitución de parte de la proteína vegetal (guisantes) por 5% de plasma porcino. La duración de la prueba fue de 34 días. Del día 1 al 14 se suministraron las dietas experimentales *ad libitum* y a continuación el mismo pienso starter comercial para todos los animales.

Como puede apreciarse en los resultados del ensayo (cuadro 1), durante los primeros 14 días los lechones que consumieron pienso con 5% de plasma tuvieron mayor consumo y mejor crecimiento e índice de transformación que los que se alimentaron con piensos sin plasma ($P < 0,05$). Del día 15 al 34 no hubo diferencias significativas en crecimiento y consumo entre los lechones que habían consumido pienso con o sin plasma, pero aquellos que habían sido alimentados con dietas basadas en proteína de origen animal crecieron más rápido que los que consumieron piensos con proteína vegetal. Los autores indicaron que no se observó interacción entre la fuente de proteína y el plasma. En el período global de 1 a 34 días el mejor resultado de crecimiento e índice de transformación correspondió a los animales que durante los primeros 14 días consumieron pienso con proteína de origen animal y 5% de plasma.

Estos resultados parecen indicar pues, que la fuente de proteína de la dieta no influye sobre el efecto del plasma cuando éste se utiliza durante los primeros 14 días en

el pienso de destete. No obstante, si se considera un período más amplio, la utilización de proteína de menor digestibilidad puede comprometer los resultados productivos, aunque en los primeros 14 días haya ido acompañada en la dieta por un 5% de plasma.

Cuadro 1.- Rendimientos productivos en lechones consumiendo dietas post-destete con dos fuentes de proteína suplementadas o no con 5% de plasma porcino (Van der Peet-Schwering y Binnendijk, 1995)

	Proteína animal		Proteína vegetal	
	0% plasma	5% plasma	0% plasma	5% plasma
<i>Período 1-14 días:</i>				
Peso vivo inicial (kg)	7,9	7,9	7,9	7,9
Ganancia de peso (kg/d)	0,215 ^a	0,250 ^b	0,196 ^c	0,249 ^b
Consumo de pienso (kg/d)	0,27 ^a	0,29 ^b	0,26 ^a	0,31 ^c
Índice de transformación	1,30 ^{ab}	1,20 ^c	1,33 ^a	1,26 ^{bc}
<i>Período 15-34 días:</i>				
Peso vivo (kg)	10,9	11,4	10,6	11,3
Ganancia de peso (kg/d)	0,514 ^{ab}	0,518 ^a	0,498 ^b	0,494 ^c
Consumo de pienso (kg/d)	0,81 ^a	0,80 ^{ab}	0,78 ^b	0,80 ^{ab}
Índice de transformación	1,57 ^a	1,55 ^a	1,56 ^a	1,62 ^b
<i>Período 1-34 días:</i>				
Peso vivo final (kg)	21,3	21,9	20,7	21,4
Ganancia de peso (kg/d)	0,393 ^a	0,410 ^b	0,376 ^c	0,395 ^a
Consumo de pienso (kg/d)	0,59 ^a	0,60 ^a	0,57 ^b	0,60 ^a
Índice de transformación	1,50 ^a	1,45 ^b	1,50 ^a	1,52 ^a

^{a,b,c}Superíndices diferentes en la misma línea indican diferencias significativas (P<0,05).

1.1.2.- Eficacia del plasma en la prevención de problemas digestivos

Este es otro de los aspectos que han sido objeto de revisión en los últimos años. En la experiencia que se ha comentado anteriormente (Van der Peet-Schwering y Binnendijk, 1995), además de medir el efecto del plasma cuando se incluía en dietas con diferentes fuentes de proteína sobre la productividad de los lechones, se evaluó su influencia sobre la incidencia de diarrea post-destete. Para ello, la presentación de diarreas se valoró tres veces por semana, asignando una puntuación diferente según la consistencia de las heces, desde 1 (heces duras) a 4 (heces líquidas), y estimando en cada réplica el número de lechones para cada una de las clasificaciones anteriores. En todos los grupos la mayor incidencia de diarrea tuvo lugar en los 14 primeros días post-destete, con una reducción muy marcada en la tercera semana. Durante las dos primeras semanas, los lechones que consumieron dietas con plasma tuvieron una incidencia menor de diarrea (P<0,05) que aquellos que no consumieron plasma, y además, aunque resulte sorprendente, no hubo diferencias en la ocurrencia de diarreas entre los lechones que consumieron dietas con fuentes de proteína de origen animal o vegetal (cuadro 2).

Cuadro 2.- Incidencia de diarrea post-destete en lechones consumiendo dietas con dos fuentes de proteína suplementadas o no con 5% de plasma porcino (Van der Peer-Schwering y Binnendijk, 1995).

(%)	Proteína animal		Proteína vegetal	
	0% plasma	5% plasma	0% plasma	5% plasma
<i>Período 1-7 días:</i>				
Lechones sin diarrea	78,9	87,9	83,5	89,6
Lechones con diarrea moderada	13,3	8,2	11,3	7,4
Lechones con diarrea acuosa	7,8	3,9	5,2	3,0
<i>Período 8-14 días:</i>				
Lechones sin diarrea	71,6	81,7	72,8	81,1
Lechones con diarrea moderada	21,5	13,9	22,0	15,0
Lechones con diarrea acuosa	6,9	4,4	5,2	3,9
<i>Período 15-21 días:</i>				
Lechones sin diarrea	91,5	92,4	93,7	91,8
Lechones con diarrea moderada	7,0	6,8	5,7	7,3
Lechones con diarrea acuosa	1,5	0,8	0,6	0,9

Los mismos autores volvieron a evaluar el efecto del plasma sobre la incidencia de diarreas en un ensayo posterior (Van der Peet-Schwering y Birnendijk, 1997) con lechones de 28 días al destete y haciendo la misma valoración de la misma forma que en la experiencia anterior (cuadro 3).

Cuadro 3.- Efecto de la inclusión de plasma animal en la dieta sobre la presentación de diarrea post-destete en lechones (Van der Peet-Schwering y Birnendijk, 1997).

(%)	0% plasma	5% plasma
<i>Período 1-7 días:</i>		
Lechones sin diarrea	90,3	90,7
Lechones con diarrea moderada	6,9	6,6
Lechones con diarrea acuosa	2,8	2,7
<i>Período 8-14 días:</i>		
Lechones sin diarrea	94,8	94,7
Lechones con diarrea moderada	3,9	4,2
Lechones con diarrea acuosa	1,3	1,1
<i>Período 15-21 días:</i>		
Lechones sin diarrea	97,8	98,1
Lechones con diarrea moderada	1,7	1,6
Lechones con diarrea acuosa	0,5	0,3

Los resultados indican en este caso que en ninguna de las tres semanas se producen diferencias significativas en la presentación de diarreas entre los lechones que

en los 8 días post-destete consumieron dietas con o sin plasma. Conviene señalar, no obstante, que en esta experiencia la incidencia de diarreas fue reducida en los dos tratamientos e inferior a la que se observó en la experiencia anterior.

La conclusión que puede obtenerse de los dos ensayos anteriores es que el efecto del plasma sobre la presentación de trastornos digestivos en lechones destetados varía de unas situaciones a otras, y que será especialmente en aquellas explotaciones con una alta incidencia de diarrea post-destete en las que la utilización de plasma en la dieta reduzca de manera más evidente la incidencia de este problema.

1.1.3.- Relación entre el plasma y otras materias primas de la dieta

Frente a todas las ventajas que pueden derivarse de la utilización del plasma, existe un inconveniente más o menos importante relacionado con el precio elevado que tiene este producto. Posiblemente por esta razón se han realizado varios trabajos durante estos últimos años estudiando la posibilidad de sustituir el plasma bien parcialmente o bien en su totalidad, por otros ingredientes más económicos sin pérdida del rendimiento de la dieta.

Entre las materias primas que se han comparado repetidamente con el plasma animal se encuentra la **harina de sangre**. Aunque ésta es una materia prima que tradicionalmente ofrecía serias dudas en cuanto a la digestibilidad de su proteína y aminoácidos como consecuencia del tratamiento utilizado para su elaboración, la mejora de los métodos de procesado y, sobre todo, el secado del producto por atomización (spray), han hecho de esta materia prima un producto muy interesante en los piensos para destete de lechones. Aunque algunos autores han indicado que se trata de una materia prima más apropiada para piensos de segunda edad debido a que las proteínas intracelulares suelen tener una baja digestibilidad por estar protegidas por las paredes celulares (Gatnau et al., 1995a), los resultados de algunos trabajos han indicado que su comportamiento es muy bueno en piensos de primera fase (hasta 7 ó 14 días tras el destete) y que pueden ser una alternativa interesante para reducir los niveles de inclusión de plasma. Así, Kats et al. (1992) evaluaron el efecto de varias combinaciones de plasma porcino y harina de sangre spray sobre los rendimientos de lechones al destete de 0 a 14 días (fase 1) haciendo la sustitución de un producto por el otro en base a su contenido en lisina, de tal forma que cada 2,5% de plasma se sustituyó por 1,75% de harina de sangre. Los resultados en la fase 1 (cuadro 4) muestran una respuesta cuadrática en la ganancia media diaria y el índice de transformación, indicando que la mezcla de plasma porcino y harina de sangre spray condujo a un mejor resultado productivo que la utilización de cualquiera de las dos fuentes de proteína por separado.

En otra experiencia, Kats et al. (1994) compararon varias fuentes de proteína (harina de pescado, plasma porcino, harina de sangre spray, concentrado de proteína de soja y concentrado de proteína de soja extrusionada) en el período de 7 a 28 días post-destete (fase 2). Los lechones que consumieron las dietas con plasma o harina de sangre

tuvieron una ganancia media diaria mayor ($P < 0,06$) que los que consumieron las otras fuentes de proteína. Durante la fase de crecimiento siguiente, en la que todos los lechones comieron la misma dieta (días 28 a 56 post-destete), aquellos que previamente habían consumido la dieta con harina de sangre spray en la fase 2 tuvieron una ganancia de peso diaria mejor ($P < 0,03$) que los lechones que consumieron las otras dietas, de tal forma que al final de la fase de crecimiento (día 56) no fueron diferentes de aquellos que en la fase 2 habían consumido plasma, pero sí fueron más pesados ($P < 0,03$) que el resto.

Cuadro 4.- Efecto de diferentes combinaciones de plasma porcino y harina de sangre spray sobre los rendimientos de lechones en el período post-destete (Kats et al., 1992).

	Combinaciones plasma porcino:harina de sangre spray				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
<i>Período de 0 a 14 días:</i>					
Ganancia media diaria (g) ^a	235	263	244	246	235
Consumo medio diario (g)	289	307	293	282	285
Índice de transformación ^b	1,23	1,16	1,20	1,15	1,22

^{a,b}Efecto cuadrático ($P < 0,06$ y $P < 0,09$, respectivamente).

Otro de los derivados sanguíneos que han suscitado interés en los últimos años es la **harina spray de células sanguíneas (HCS)**. Se trata del producto obtenido al secar por atomización la fracción celular de la sangre una vez que se ha separado de la fracción plasmática. Su nivel proteico es muy elevado, superior al 92%, y tiene un 9% de lisina. Una buena aproximación a los resultados que se pueden obtener con este producto es el resumen de un ensayo realizado en la estación experimental de Rosmalen (Holanda) con lechones destetados a 28 días, en el que se evaluó el efecto de incluir un 5% de plasma o HCS en sustitución de un 5% de harina de pescado de alta calidad en el período de 1 a 8 días post-destete, y se valoró también la inclusión de un 2,5% de los dos derivados sanguíneos en sustitución de un 4% de harina de pescado en el período de 9 a 33 días post-destete (Van der Peet-Schwering y Binnendijk, 1997). Los resultados de este trabajo se presentan en el cuadro 5.

Como puede observarse, la sustitución de harina de pescado por HCS en los niveles que se han comentado, no modificó los resultados productivos en ninguno de los dos períodos del ensayo. Por otra parte, aunque no se hace la comparación entre el lote con plasma y el lote con HCS, si se tienen en cuenta las diferencias relativas de ambos productos respecto a la harina de pescado, se puede pensar que la utilización de plasma va a conducir a mejores resultados de ganancia diaria, consumo de pienso e índice de transformación que la HCS durante los primeros 8 días tras el destete, pero que las diferencias han de ser claramente inferiores a partir de ese momento.

En relación con su aspecto físico, tiene un color rojo-marrón muy oscuro que a nivel comercial puede plantear algún inconveniente, ya que produce un cierto oscurecimiento del pienso, aún a dosis bajas (2-3%), que puede relacionarse con la utilización de subproductos o con el empleo reducido de cereales y productos lácteos.

Cuadro 5.- Efecto de la inclusión de plasma sanguíneo o harina de células sanguíneas (HCS) sobre los resultados productivos de lechones en el período de 1 a 33 días post-destete (Van der Peet-Schwering y Binnendijk, 1997).

	Plasma ¹		HCS ¹		Efecto ²	
	-	+	-	+	Plasma	HCS
<i>Período 1-8 días post-destete:</i>						
Peso al destete (kg)	7,6	7,6	7,6	7,6		
Ganancia media diaria (g)	195	232	210	217	***	NS
Consumo de pienso (kg/d)	0,23	0,25	0,24	0,24	***	NS
Índice de Transformación	1,23	1,11	1,18	1,16	***	NS
<i>Período 9-33 días post-destete:</i>						
Peso inicial (kg)	9,2	9,5	9,4	9,4		
Ganancia media diaria (g)	458	460	464	453	NS	NS
Consumo de pienso (kg/d)	0,73	0,73	0,73	0,73	NS	NS
Índice de Transformación	1,60	1,59	1,58	1,60	NS	NS
<i>Período global 1-33 días:</i>						
Peso final (kg)	20,6	21,0	20,9	20,7		
Ganancia media diaria (g)	393	404	402	395	*	NS
Consumo de pienso (kg/d)	0,61	0,61	0,61	0,61	NS	NS
Índice de Transformación	1,55	1,52	1,52	1,54	*	NS

¹Plasma (+) y HCS (+) = 5% en el período 1-8 días y 2,5% en el período 9-33 días (en sustitución de 5 y 4% de harina de pescado en cada uno de los dos períodos, respectivamente).

²NS = No significativo. *P<0,1. ***P<0,001.

La **harina de huevo** es una materia prima cuyo uso todavía está poco extendido en nuestro país. Su composición nutricional es muy interesante, con un 45-49% de proteína de alto valor biológico y un 35-40% de grasa. Dos ensayos realizados en la Universidad de Arkansas durante un período de 25 ó 28 días post-destete (Kellogg et al., 1994) indican que la inclusión de un 3-4% de harina de huevo en el pienso de los lechones durante este período produce una mejora significativa en el crecimiento diario, logrando un efecto semejante al que se consigue con la inclusión de plasma porcino (cuadros 6 y 7).

Cuadro 6.- Evaluación de rendimientos en lechones destetados consumiendo piensos con harina de huevo y/o plasma porcino¹ (Kellogg et al., 1994).

Tratamientos	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	GMD (kg)^a	CMD (kg)	I.T.
Basal (maíz-soja y 10% suero lácteo)	7,04	14,16	0,29	0,47	1,76
Basal + 2% plasma porcino	7,08	14,48	0,29	0,48	1,70
Basal + 3% harina de huevo	7,04	14,66	0,30	0,48	1,65
Basal + 2% plasma porcino + 3% harina de huevo	7,00	14,80	0,31	0,49	1,62

¹Los lechones consumieron piensos en gránulo durante 25 días después del destete a 20-28 días.

^aInclusión de harina de huevo (P<0,05).

Cuadro 7.- Comparación de plasma porcino y harina de huevo en piensos de destete de lechones¹ (Kellogg et al., 1994).

Tratamientos	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	GMD (kg)	CMD (kg)	I.T.
Basal (maíz-soja y 10% suero lácteo)	6,95	13,67	0,24 ^b	0,40 ^b	1,70 ^a
Basal + 4% plasma porcino	6,99	16,75	0,35 ^a	0,59 ^a	1,69 ^a
Basal + 4% harina de huevo	7,04	15,75	0,31 ^a	0,54 ^a	1,74 ^a

¹Los lechones consumieron los piensos en gránulo durante 28 días.

^{a,b}Superíndices diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (P<0,05).

Otra experiencia desarrollada en la Universidad de Kansas evaluó el efecto de sustituir plasma animal con harina de huevo spray procedente de centros de clasificación de huevos sobre los rendimientos productivos de lechones en el período post-destete (Nessmith et al., 1995). El ensayo se realizó con 270 lechones destetados a 14 días con un peso medio de 4,3 kg, que durante los primeros 14 días posteriores al destete consumieron 5 dietas experimentales con diferentes niveles de harina de huevo spray, desde 0 a 12%, en sustitución de plasma animal. La sustitución se realizó en base al contenido en lisina de ambos productos (3,55 y 6,10% para la harina de huevo y el plasma, respectivamente), de tal forma que las dietas con 0, 3, 6, 9 ó 12% de harina de huevo incluían 7, 5,25, 3,5, 1,75 ó 0% de plasma, respectivamente. Durante el período de 14 a 28 días post-destete (fase 2) todos los lechones consumieron el mismo pienso que ya no incluía ninguno de los dos productos anteriores.

Los resultados de la experiencia se presentan en el cuadro 8. En el período de 0 a 7 días post-destete la ganancia media diaria (GMD) y el índice de transformación (IT)

empeoraron al aumentar el porcentaje de inclusión de la harina de huevo (lineal, $P < 0,03$), con el efecto más evidente en los lechones que consumieron las dietas con 9 y 12% de este producto. En el período de 0 a 14 días (fase 1) no hubo diferencias significativas en GMD entre el grupo control (7% de plasma y 0% de harina de huevo) y los grupos con 3 y 6% de harina de huevo en la dieta, observándose, sin embargo, una reducción del crecimiento de los lechones que consumieron dietas con niveles superiores de este producto (lineal, $P < 0,05$). A medida que el nivel de inclusión de harina de huevo aumentó en la dieta de los lechones, el IT empeoró (lineal y cuadrático, $P < 0,05$), aunque para los animales que consumieron los piensos con 3 ó 6% de este producto no se encontraron diferencias con respecto al grupo control. Cuando todos los lechones consumieron la misma dieta durante la fase 2, el IT mejoró a medida que aumentaba el nivel de inclusión de harina de huevo en la dieta de la fase 1 (lineal, $P < 0,05$). Esta respuesta fue el resultado de una tendencia a la disminución del consumo de pienso en la fase 2 en los lechones que consumieron las dietas con niveles más altos de harina de harina de huevo en fase 1, sin que la GMD resultase afectada por el tipo de dieta en esa fase. Para el período global de la prueba (0-28 días post-destete) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la GMD ni en el IT.

Cuadro 8.- Efecto de la sustitución de plasma animal por harina de huevo spray en los rendimientos productivos de lechones en el período post-destete^a (Nessmith et al., 1995)

% Harina de huevo:	0	3	6	9	12	<i>Efecto</i>	
% Plasma animal:	7	5,25	3,5	1,75	0	<i>Lineal</i>	<i>Cuadrático</i>
<i>Período 0-7 días:</i>							
Ganancia media diaria (kg)	0,125	0,125	0,125	0,100	0,105	0,03	0,45
Consumo medio diario (kg)	0,160	0,165	0,175	0,150	0,155	0,39	0,16
Índice de Transformación	1,32	1,35	1,49	1,46	1,54	0,03	0,79
<i>Período 0-14 días:</i>							
Ganancia media diaria (kg)	0,210	0,205	0,210	0,185	0,190	0,004	0,72
Consumo medio diario (kg)	0,250	0,240	0,260	0,245	0,250	0,96	0,87
Índice de Transformación	1,20	1,20	1,25	1,30	1,30	0,007	0,007
<i>Período 14-28 días:</i>							
Ganancia media diaria (kg)	0,395	0,385	0,410	0,400	0,405	0,32	0,96
Consumo medio diario (kg)	0,675	0,620	0,655	0,645	0,635	0,18	0,34
Índice de Transformación	1,74	1,63	1,62	1,62	1,58	0,006	0,23
<i>Período 0-28 días:</i>							
Ganancia media diaria (kg)	0,300	0,290	0,310	0,295	0,300	0,76	0,96
Consumo medio diario (kg)	0,465	0,430	0,460	0,445	0,400	0,37	0,51
Índice de Transformación	1,55	1,47	1,49	1,52	1,49	0,36	0,32

^aDietas experimentales en el período 0-14 días post-destete. Una misma dieta para todos los lechones en el período 14-28 d post-destete.

Basados en estos resultados, los autores concluyeron que en el período de 0 a 14 días post-destete la harina de huevo spray puede sustituir hasta un 50% del plasma animal de la dieta sin que la GMD ni el IT resulten afectados.

Otra de las materias primas que se ha comparado en varias ocasiones con el plasma animal es la **harina de pescado de alta calidad**. Richert et al. (1994) evaluaron la posibilidad de sustitución del plasma porcino por una harina de pescado tipo LT, con lechones destetados con 18 días y 5,0 kg de peso. Se examinó la influencia de varias combinaciones de estos dos productos en la dieta de 0 a 14 días post-destete sobre los rendimientos de los lechones durante los 14 y 28 días después de ser destetados. Los resultados (cuadro 9) muestran que para los períodos de 0 a 14 y 0 a 28 días post-destete, la sustitución progresiva de plasma por harina de pescado LT provoca una reducción lineal del consumo de pienso y de la ganancia media diaria (lineal, $P < 0,001$), con una depresión de rendimientos muy clara cuando se sustituye más del 25% de plasma. En el período de 14 a 28 días post-destete, cuando todos los lechones consumen la misma dieta, no se aprecian diferencias significativas entre los tratamientos, de tal forma que las diferencias a los 14 días se mantienen hasta los 28 días. Los autores del trabajo indican que en los 14 días posteriores al destete puede sustituirse una pequeña parte del plasma (un 2%) por harina de pescado LT sin provocar una reducción importante de los rendimientos.

Cuadro 9.- Efecto de la sustitución de plasma porcino or harina de pescado LT sobre los rendimientos de lechones en el período post-destete^a (Richert et al., 1994)

	%Plasma porcino:%Hna.pescado LT					Efecto	
	8:0	6:2,14	4:4,29	2:6,43	0:8,58	Lin.	Cuad.
<i>Período 0-14 días:</i>							
Ganancia media diaria (kg)	0,230	0,220	0,195	0,165	0,140	0,001	0,56
Consumo medio diario (kg)	0,260	0,225	0,220	0,210	0,190	0,001	0,58
Índice de Transformación	1,11	1,06	1,12	1,25	1,46	0,006	0,10
<i>Período 14-28 días:</i>							
Ganancia media diaria (kg)	0,420	0,420	0,435	0,410	0,410	0,36	0,34
Consumo medio diario (kg)	0,655	0,650	0,650	0,630	0,630	0,11	0,75
Índice de Transformación	1,56	1,54	1,50	1,55	1,54	0,73	0,32
<i>Período 0-28 días:</i>							
Ganancia media diaria (kg)	0,325	0,320	0,320	0,290	0,275	0,001	0,36
Consumo medio diario (kg)	0,455	0,440	0,435	0,420	0,410	0,002	0,93
Índice de Transformación	1,40	1,38	1,38	1,46	1,50	0,01	0,10

^aDietas experimentales en el período 0-14 días post-destete. Una misma dieta para todos los lechones en el período 14-28 días post-destete.

En otro ensayo realizado en la Universidad de Missouri por Veum et al. (1996) con lechones destetados con 17-18 días y 5,4 kg se evaluó la capacidad de una harina de pescado de alta calidad (harina de pescado Menhaden) para sustituir al plasma animal. La sustitución se hizo en base al contenido en lisina total de una y otra materia prima evaluando 4 dietas diferentes en el período de 0 a 14 días post-destete (fase 1). Los tratamientos fueron: (T1) 6% plasma (control), (T2) 4% plasma + 2,94% pescado, (T3) 2% plasma + 5,88% pescado y (T4) 0% plasma + 8,82% pescado. Todos los lechones consumieron una misma dieta sin plasma en el período de 14 a 28 días post-destete (fase 2). En la fase 1 se produjo una disminución lineal ($P < 0,01$) en el consumo de pienso y la ganancia diaria al aumentar la sustitución de plasma por pescado, con una diferencia significativa ($P < 0,05$) entre el tratamiento T4, que mostró los peores datos de ganancia e índice de transformación, y los restantes tratamientos. En el período global, de 1 a 28 días, los resultados del tratamiento T4 siguieron siendo inferiores a los de los restantes tratamientos ($P < 0,01$), que ya no presentaron diferencias significativas entre sí (cuadro 10). Los autores concluyen que cuando se realiza la sustitución de plasma animal por harina de pescado Menhaden, puede reducirse el porcentaje de plasma en la dieta de los lechones de 0 a 14 días post-destete por debajo del 6%, pero sin llegar al límite del 2%.

Cuadro 10.- Efecto de la sustitución de plasma animal por harina de pescado Menhaden sobre los rendimientos productivos de lechones en el período post-destete¹
(Veum et al., 1996)

	% Plasma animal: % Hna. de pescado Menhaden			
	6:0	4:2,94	2:5,88	0:8,82
Consumo diario (g):				
0-14 días post-destete	358 ^a	336 ^a	320 ^a	268 ^b
0-28 días post-destete	538 ^a	520 ^a	523 ^a	476 ^b
Ganancia media diaria (g):				
0-14 días post-destete	194 ^a	175 ^a	166 ^a	109 ^b
0-28 días post-destete	310 ^a	305 ^a	308 ^a	256 ^b
Índice de Transformación:				
0-14 días post-destete	1,85 ^a	1,92 ^a	1,93 ^a	2,46 ^b
0-28 días post-destete	1,74 ^{ab}	1,71 ^{ab}	1,70 ^a	1,86 ^b

¹Dietas experimentales en el período 0-14 días post-destete. La misma dieta para todos los lechones en el período 14-28 días.

^{a,b}Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,01$).

En otra experiencia posterior estos mismos autores (Veum et al., 1997) vuelven a comparar los dos productos en un ensayo con lechones destetados con 20 días y 5,5 kg según un diseño factorial 3 x 2, con tres dietas en el período de 0 a 14 días post-destete (6% plasma, 4% plasma + 2,9% pescado ó 2% plasma + 5,8% pescado) y dos en el período de 14 a 28 días (2% plasma ó 2,9% pescado). Para los períodos de 0-14 y 0-28

días hubo diferencias significativas entre los tratamientos, con mejores resultados de consumo de pienso, ganancia diaria e índice de transformación para el tratamiento de 2,9% de pescado en la fase 1, y peores resultados para el tratamiento con 5,8% de pescado, ambos en relación con el tratamiento con 6% de plasma. En el período de 14 a 28 días no hubo diferencias significativas entre los dos tratamientos testados. La conclusión a la que llegan los autores en esta ocasión es que la sustitución de 2% de plasma por 2,9% de harina de pescado Menhaden mejoró los resultados de crecimientos de los lechones en los períodos 0-14 y 0-28 días post-destete.

A la vista de los resultados de los trabajos que se han presentado, se podría concluir que aunque el plasma animal es un producto difícil de sustituir en su totalidad cuando el objetivo es conseguir los máximos consumos de pienso y las máximas ganancias diarias de peso durante los primeros 7 ó 14 días posteriores al destete, existen otras fuentes de proteína de alta calidad (harinas de sangre selectas, harina de huevo spray, harinas de pescado de alta calidad) capaces de reemplazarlo parcialmente sin que los resultados en este período resulten comprometidos. Así, para las condiciones de formulación más habituales en nuestro país para este tipo de dietas, donde es frecuente utilizar harinas de pescado de alta digestibilidad en niveles que oscilan entre el 6 y el 10%, y donde no suelen practicarse destetes con menos de 17-18 días de vida de los lechones, si las condiciones de alojamiento, manejo y estado sanitario (incidencia de problemas digestivos) aconsejan la utilización de plasma, parece poco probable que sea necesario emplear niveles de plasma en los piensos de destete como los que recomiendan los autores americanos (6-8%) y parecen más razonables cifras en torno al 4-5%. Por otra parte, la inclusión de harinas de sangre selectas o harina de huevo spray de buena calidad, podría permitir la inclusión de plasma animal a niveles todavía más bajos.

1.1.4.- Evolución del plasma animal

Otro aspecto interesante relacionado con el plasma animal es la constante evolución y mejora del producto desde que comenzó su utilización en las dietas de iniciación de lechones. Frente a los primeros tipos de plasma con niveles de proteína de alrededor del 70% y 10-15% de cenizas, se dió un paso importante cuando se mejoraron los sistemas de filtración y purificación de las proteínas plasmáticas antes del proceso de secado por atomización, conduciendo a un producto con un nivel proteico superior (78-82%) y un nivel de cenizas más bajo (7-9%) (Gatnau et al., 1995a). La comparación entre uno y otro producto indicaba mejoras en el consumo de pienso y la ganancia de peso de alrededor del 10% a favor del producto con menor contenido en cenizas (Russell, 1994).

Recientemente se ha presentado en el mercado un nuevo tipo de plasma mejorado, elaborado mediante un proceso de producción que salvaguarda la fracción de inmunoglobulinas del mismo y que incorpora un sistema de control de calidad que permite el análisis automatizado de esa fracción en cada lote de producción. El resultado

final es un producto con un contenido promedio en inmunoglobulinas ligeramente más alto y sobre todo más regular.

Los primeros resultados publicados (Campbell et al., 1998a, 1998b) corresponden a tres experiencias en las que se compara este producto con respecto al plasma comercializado en la actualidad y con respecto a un control sin plasma. Para el período de 0 a 14 días post-destete la inclusión en la dieta del nuevo plasma mejorado o del convencional permite mejorar de forma significativa el consumo y el crecimiento diario con respecto a la dieta control. Cuando en esta misma fase se comparan los resultados de los dos tipos de plasma, se señalan diferencias a favor de la dieta con el mejorado en una de las experiencias en cuanto al índice de transformación ($P < 0,05$) y en otra se indica un mejor resultado en consumo y ganancia media diaria (309 vs. 209 g/d), aunque en este caso las diferencias no fueron significativas. La evaluación de rendimientos en períodos posteriores a los 14 días post-destete sólo se tiene en cuenta en dos de las tres experiencias anteriores. En una de ellas no hay diferencias significativas en ningún parámetro entre los dos tipos de plasma en el período de 14 a 34 días, aunque en el período global de la prueba (0-34 días post-destete), el plasma mejorado promovió mejor índice de transformación ($P < 0,05$) que el convencional. En la otra experiencia, que tuvo una duración de 45 días, se empleó una secuencia de cuatro piensos para cada tratamiento (fases 1 a 4). En la fase 2 no hubo diferencias significativas entre ningún tratamiento. En las fases 3 y 4 el plasma mejorado aumentó la ganancia media diaria respecto al control ($P < 0,05$) y respecto al convencional ($P < 0,05$ sólo en la fase 3). En el período global, de 0 a 45 días, los dos tipos de plasma aumentaron el consumo y el crecimiento diario respecto al control ($P < 0,05$) y el mejorado redujo el índice de transformación respecto al convencional ($P < 0,05$).

De acuerdo con estos resultados, parece que el nuevo tipo de plasma puede mejorar algunos de los parámetros productivos en relación con el producto anterior durante el período típico de respuesta de 7-14 días posteriores al destete, y también parece posible un cierto grado de mejora en la velocidad de crecimiento y el índice de transformación del pienso durante un período de tiempo algo más largo. El precio de este producto y los resultados de nuevos ensayos serán factores importantes a tener en cuenta al valorar su posible utilización en los programas de alimentación de lechones.

1.2.- Utilización de proteína de huevo rica en anticuerpos en piensos de destete de lechones

Desde hace tiempo se conoce que los anticuerpos que elaboran las aves como respuesta al desafío con diferentes antígenos se depositan en la yema del huevo. Este proceso ha sido, incluso, cuantificado en gallinas ponedoras comerciales, y se sabe que el oocito, en su proceso de maduración, retiene inmunoglobulinas G (Ig G) al mismo tiempo que aumenta su peso, manteniendo constante una concentración de unos 8 mg de Ig G/ml, y llegando a su estado de maduración definitiva previo a la ovulación con un contenido de 100 a 200 mg de Ig G (Kowalczyk et al., 1985).

Aunque inicialmente se pensó en la aplicación de este conocimiento en la industria farmacéutica, para la elaboración de anticuerpos para inmunoensayos, y en medicina humana, para elaborar preparados a base de huevo ricos en anticuerpos anti-rotavirus que pudiesen ser consumidos por niños pequeños para prevenir eficazmente procesos gastroentéricos (Yolken et al., 1988), poco tiempo después empezó a investigarse la posibilidad de utilizar los anticuerpos vehiculados en la yema del huevo en animales jóvenes para proporcionarles inmunidad pasiva y prevenir o tratar ciertas enfermedades, fundamentalmente de tipo entérico. Así, Yokohama et al. (1992) comprobaron que el suministro de los anticuerpos contenidos en la yema del huevo de gallinas inmunizadas con diferentes antígenos (fimbrias K88, K99 y 987P) de *Escherichia coli* enterotoxigénico protegió eficazmente a lechones neonatos frente a una colibacilosis entérica inducida experimentalmente. Los autores comprobaron que el efecto protector era dependiente de la dosis de anticuerpos suministrada (cuadro 11) y verificaron mediante microscopía electrónica que la adherencia del *E. coli* enterotoxigénico al epitelio intestinal se había producido en los lechones del grupo control mientras que en los lechones tratados con altas dosis de anticuerpos se había producido una resistencia a la adhesión de la bacteria. En un trabajo reciente, Jin et al. (1998) han vuelto a comprobar que los anticuerpos vehiculados a través de la yema del huevo de gallinas previamente inmunizadas con los antígenos específicos, inhiben eficazmente la adhesión de *E. coli* a la mucosa del intestino delgado de lechones, y han comprobado también, que esos anticuerpos son incapaces de desprender la bacteria de la mucosa si ésta se encuentra previamente adherida.

Cuadro 11.- Respuesta clínica de lechones recién nacidos al tratamiento con varios títulos de anticuerpos de yema de huevo desués del desafío con *E. coli* enterotoxigénico K88¹ (Yokohama et al., 1992)

Tratamiento (Título de anticuerpos)	Nº lechones con diarrea/total y (PF) ² el día:			Nº bajas/ total
	1	3	5	
0	7/7 (3,0) ^a	4/4 (2,8) ^a	1/1 (2,0) ^a	6/7(86%) ^a
156	6/7 (2,6) ^a	3/5 (1,6) ^a	0/5 (0,4) ^a	2/7(29%) ^a
625	5/7 (2,1) ^a	0/7 (0,0) ^b	0/7 (0,0) ^b	0/7(0%) ^b
2.500	3/7 (1,3) ^b	0/7 (0,2) ^b	0/7 (0,0) ^b	0/7 (0%) ^b

¹Huevos procedentes de ponedoras inmunizadas previamente con fimbrias K88 de *E. coli*.

²PF = Puntuación fecal, es el valor promedio de consistencia fecal en cada grupo: 0, normal; 1, heces blandas; 2, diarrea moderada; 3, diarrea severa.

^{a,b}Superíndices diferentes en la misma columna indican diferencias significativas en PF o al número de animales muertos (P<0,01).

Junto al trabajo de Yokohama et al. (1992) que se ha comentado anteriormente, existen otras referencias en la literatura sobre trabajos en los que se demuestra la

eficacia de los anticuerpos de la yema del huevo de gallinas inmunizadas en la prevención de trastornos diarreicos en lechones infectados experimentalmente (Erhard et al., 1996; Kim et al., 1996).

Lo que en principio sólo fueron resultados de investigación ha visto recientemente su aplicación a nivel industrial con la fabricación a gran escala y la puesta en el mercado de un producto al que podríamos llamar proteína de huevo rica en anticuerpos (o “Specialized Egg Protein”), que se puede definir como el producto obtenido después de la pasteurización y desecación por procedimiento spray de los huevos producidos por gallinas ponedoras sometidas a un programa controlado de hiperinmunización con antígenos específicos de microorganismos productores de trastornos digestivos (diarreas) en animales jóvenes.

El valor del producto, que a pesar de sus características en principios nutritivos podría considerarse como una materia prima de valor nutricional interesante (alto contenido en grasa y en proteína de alto valor biológico) reside, como es lógico por todo lo que se ha expuesto anteriormente, en su contenido en anticuerpos frente a microorganismos específicos y en su capacidad de proporcionar protección eficaz a los animales que los ingieren, mejorando su estado sanitario y, en consecuencia, su comportamiento productivo. De acuerdo con esto, es lógico pensar que el objetivo fundamental del control de calidad del producto será la titulación de los anticuerpos que posee.

Las dosis recomendadas de inclusión en la dieta son bajas, más propias de un aditivo que de una materia prima. Para el producto comercial que acaba de presentarse en el mercado se recomiendan dosis de 1 kg por Tm de pienso para lechones en el período post-destete.

En relación con los resultados obtenidos con la utilización del producto en condiciones de explotación comercial, todos los datos que se han revisado corresponden a ensayos realizados a nivel de campo en Estados Unidos y están relatados por autores pertenecientes a la compañía que comercializa el producto (Kichura, 1997 y 1998). Aunque hay que insistir, por tanto, en la conveniencia de valorar los resultados de estas pruebas con prudencia, de su análisis parecen obtenerse las siguientes conclusiones:

1. La inclusión del producto en la dieta de lechones después del destete mejora el consumo de pienso (6% en promedio), el crecimiento (12%) y el índice de transformación (4%) (los datos no están acompañados de análisis estadístico).
2. La mejora más consistente es la que se produce en la disminución de la mortalidad, la incidencia de diarreas y el porcentaje de lechones retrasados. En un resumen de 6 pruebas, Kichura (1998) indica una reducción del 61% en el porcentaje de lechones muertos y retrasados cuando se incluye el producto en el pienso (2,16 vs. 5,49%).

3. Igual que sucede con los antibióticos o con el plasma animal, la eficacia del producto es mayor en condiciones de ambiente y manejo deficitarias que en condiciones de manejo y alojamiento correctos.
4. En ninguna de las pruebas el producto se presenta como una alternativa al empleo del plasma, y en base a los resultados obtenidos los efectos de ambos productos podrían ser aditivos.

Finalmente, y en relación con el carácter termolábil de las inmunoglobulinas, no se ha encontrado literatura que relacione la actividad del producto con la temperatura utilizada durante el procesado del pienso. En el caso del producto comercial el fabricante recomienda no sobrepasar la temperatura de 80 °C.

En conclusión, la proteína de huevo rica en anticuerpos es una nueva materia prima que se presenta como una opción interesante para mejorar los resultados productivos de los lechones tras el destete, particularmente cuando la presentación de problemas digestivos afecte seriamente a los rendimientos en esta fase. El precio del producto y la experiencia que se vaya adquiriendo con su empleo en condiciones de campo determinarán su posición en el mercado.

1.3.- Solubles de porcino y ácido linoleico conjugado

A continuación se van a comentar brevemente dos temas que pueden ser de interés a corto-medio plazo y para los que todavía existe poca información publicada. El primero se refiere a los solubles de porcino (o “Dried Porcine Solubles”), una materia prima nueva para piensos de lechones que todavía no se comercializa en nuestro país pero que ya ha empezado a utilizarse en los Estados Unidos y para la que existen diferentes resultados de investigación en distintas universidades norteamericanas. El segundo tema hace referencia al ácido linoleico conjugado, un posible modulador del crecimiento para cerdos de engorde con efectos muy interesantes sobre los resultados productivos y la calidad de la canal.

1.3.1.- Solubles de porcino

Los solubles de porcino (SP) son un hidrolizado proteico que se obtiene como subproducto en el proceso de extracción de heparina de los intestinos de porcino. El producto comercial tiene un contenido en proteína bruta del 30%, un 2% de lisina y un perfil de aminoácidos próximo al ideal, conteniendo estos aminoácidos en forma libre o como péptidos de cadena corta. Durante la digestión necesaria para la extracción de heparina se produce un líquido rico en aminoácidos y otros nutrientes, que se condensa a altas temperaturas y baja presión para reducir su humedad. Del procedimiento anterior se obtiene SP-45% (solubles con un 45% de materia seca) al que se adiciona cascarilla de soja, como soporte para su secado posterior, que da como resultado SP-95% (solubles con 95% de materia seca), que es el producto que se comercializa. Los trabajos

que se han publicado en la literatura en relación con su empleo en piensos de destete de lechones ofrecen resultados contradictorios dependiendo de los autores. El equipo de investigación liderado por el Dr. Zimmerman en la Universidad de Iowa encontró que los SP eran un potencial sustituto del plasma en la primera de una serie de cinco pruebas, pero esta posibilidad no pudo ser demostrada en sus cuatro experiencias posteriores e incluso en una de ellas (Bregendahl et al., 1998) la inclusión de 5% de SP en la dieta durante las dos semanas posteriores al destete, no mejoró significativamente ni el consumo de pienso ni la ganancia de peso (lo que sí hizo un 5% de plasma porcino) y además, empeoró el índice de transformación en este período. Joebler et al. (1998) comparan los SP al 2,5% en la dieta post-destete respecto a un control sin SP y a una dieta con 4% de plasma y encuentran que los SP producen una respuesta positiva en el consumo de pienso y el crecimiento diario que, aunque no fue diferente significativamente respecto al control sin SP, tampoco lo fue respecto a la dieta con plasma (que sí difirió significativamente en esos parámetros respecto a la dieta control). Lindemann et al. (1998) al comparar el efecto de la inclusión de 3 ó 6% de SP o plasma porcino en la dieta durante un período de cuatro semanas post-destete obtienen una respuesta positiva y significativamente diferente respecto al control para los dos productos, y con una mayor magnitud del efecto positivo para los SP que para el plasma.

En conclusión, los SP son una nueva fuente de proteína de buena calidad para piensos de lechones, pero hacen falta más resultados de investigación que permitan definir cuál es su forma óptima de empleo, tanto en lo que se refiere a su porcentaje de inclusión en la dieta como a la duración de su utilización.

1.3.2.- Acido linoleico conjugado

El ácido linoleico conjugado (ALC) es una mezcla de isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico (C18:2). Kepler et al. (1966) identificaron el isómero cis-9, trans-11 como producto intermediario de la biohidrogenación del ácido linoleico por la bacteria ruminal *Butyrivibrio fibrosolvens*. El isómero cis-9, trans-11, una vez ingerido, tiene la capacidad de incorporarse en los fosfolípidos de las membranas celulares (Belury y Kempa-Steczko, 1997), siendo considerado como el isómero biológicamente activo. Recientes investigaciones han demostrado que el ALC tiene propiedades anticancerígenas en roedores (Clement et al., 1994) y antiateroscleróticas en hámsters (Nicolosi et al., 1997). Recientes investigaciones han demostrado que en ganado porcino el ALC actúa como un modulador del crecimiento, que incrementa la eficiencia alimentaria y mejora la calidad de la canal, reduciendo significativamente su contenido en grasa (Dugan et al., 1997; Dunshea et al., 1998), y tiene, además, un efecto modulador del sistema inmunitario (Cook et al., 1993).

Actualmente el ALC se puede sintetizar industrialmente a partir del ácido linoleico gracias a un proceso de alcalinización con hidróxido sódico, seguido de un tamponamiento posterior con ácido clorhídrico (Clement et al., 1991). Aunque hacen falta más trabajos para conocer su mecanismo de acción y para confirmar los resultados

de experiencias previas, las investigaciones que se han desarrollado hasta ahora indican que puede ser un producto de gran interés en la alimentación del ganado porcino en un futuro próximo.

2.- ÚLTIMOS AVANCES EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS DE ENGORDE

Una de las dificultades más importantes con las que tiene que enfrentarse el nutricionista en la elaboración de dietas para ganado porcino es la determinación precisa de los requerimientos de los animales y el ajuste de las características de la dieta para satisfacer esas necesidades. Entre las razones que explican esta afirmación podemos citar la variabilidad genética que existe entre diferentes líneas o estirpes, la dificultad para conseguir por parte de las empresas de genética ciertos datos relacionados con las características productivas de los cerdos (como la capacidad de ingestión y el límite máximo de deposición proteica en función del peso, por poner sólo dos ejemplos), y todo esto unido a la necesidad de cumplir con unos determinados objetivos en el producto terminado (peso de canal, porcentaje de grasa y de músculo, nivel de grasa infiltrada, entre otros) para atender diferentes tipos de demanda en un mercado que cada vez ha de ser más exigente.

Por el interés que pudieran tener para el nutricionista de porcino se presentan a continuación dos temas seleccionados por los autores relacionados con el uso eficiente de los nutrientes en las dietas para cerdos de engorde.

2.1.- Consideraciones sobre la energía en dietas de cerdos de engorde

La selección genética del ganado porcino durante los últimos años, dirigida hacia la consecución de animales con una elevada capacidad de crecimiento del tejido muscular, un estado de engrasamiento reducido y una elevada eficacia de transformación del alimento en carne, ha conducido a que los genotipos modernos, al mismo tiempo que tienen un elevado potencial de crecimiento magro, tengan un apetito reducido (Cole y Chadd, 1989, Close, 1994) (cuadro 12 y figura 1).

Para utilizar eficientemente la energía como nutriente en las dietas para este tipo de animales, uno de los aspectos clave a tener en cuenta es la relación que existe entre el consumo de energía y la deposición proteica determinada por el genotipo del animal, y que consiste en que a medida que el cerdo aumenta su consumo de una dieta equilibrada (en la que el contenido en proteína y aminoácidos no es limitante para el crecimiento), la deposición de proteína aumenta linealmente con cada incremento en la ingesta de energía (o de pienso) hasta que se alcanza un límite o “plateau” que representa la capacidad máxima de deposición proteica. Con ingestas de pienso superiores a la que permite el máximo crecimiento de tejido magro, toda la energía extra que retiene el animal se acumula en forma de grasa, dando como resultado un crecimiento muy rápido

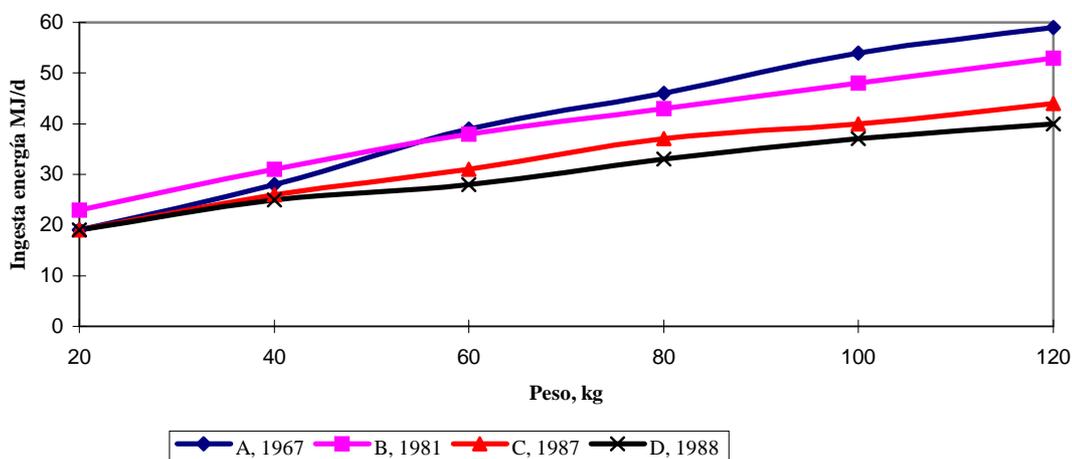
del depósito graso del animal y un grave empeoramiento del índice de conversión, debido a que la eficiencia con que se utiliza la energía para crecer en tejido adiposo, es menor que cuando ese crecimiento se realiza en base a músculo (Dunkin et al., 1986, Van Lunen y Cole, 1996) (figura 2).

Cuadro 12.- Cambios en la composición corporal de los cerdos: animales sacrificados a 90-95 kg de peso vivo (Close, 1994).

	Fuente						
	1	2		3	4	5	
		C	S			E	C
Agua (kg)	47,8	48,9	53,5	54,8	55,6	63,6	53,8
Proteína (kg)	14,0	14,2	15,4	14,6	15,3	17,8	15,6
Grasa (kg)	21,9	25,1	20,8	11,4	11,4	11,2	16,2
Cenizas (kg)	2,6	3,0	3,1	2,6	2,8	3,3	3,3

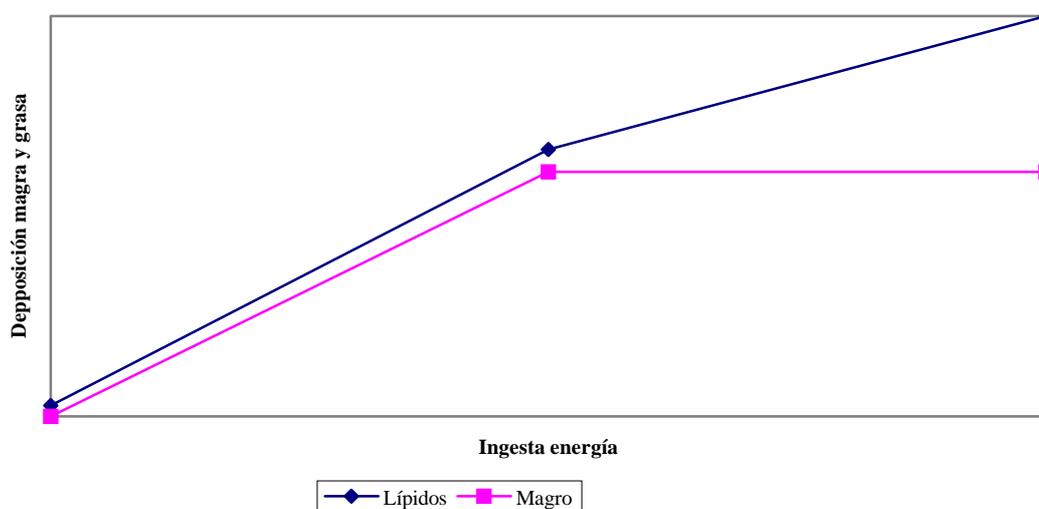
1. ARC (1981); 2. Ellis et al., (1983) (C=Control; S=Cerdos selectos); 3. Rao y McCracken (1990) (Dieta con 17,2 g PB/MJ EM); 4. Rao y McCracken (1992) (Dieta con 1,00 g de lisina/MJ ED); 5. Laswai y Close (sin publicar) (E = Machos enteros; C = Machos castrados).

Figura 1.- Evolución de la ingesta voluntaria de energía digestible en cerdos (20-120 kg PV) a través de 20 años (Cole y Chadd, 1989).



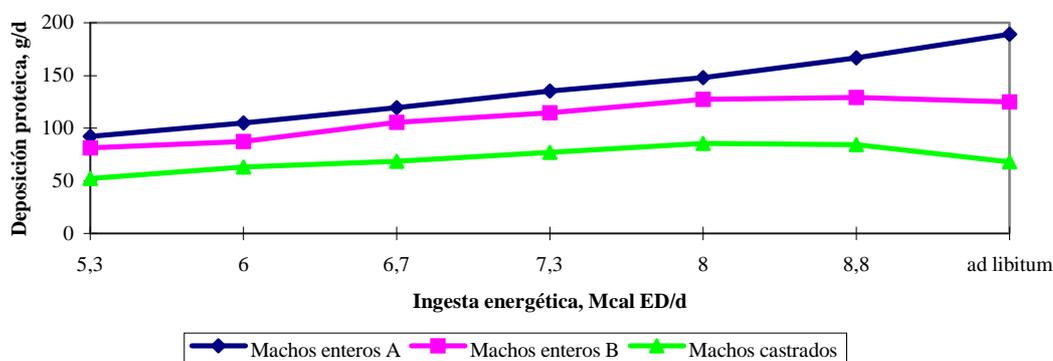
En cerdos jóvenes (hasta 45-50 kg) la capacidad de ingestión del animal limita su deposición de proteína, de tal forma que cuando en animales de este tipo se ha evaluado la deposición proteica en respuesta a niveles crecientes de ingesta de energía con dietas equilibradas, sólo se observa una relación lineal y no el plateau que indica que se ha alcanzado el nivel máximo de deposición de proteína (Campbell, 1985).

Figura 2.- Crecimiento magro y graso en respuesta a la ingesta energética (dieta equilibrada)



En cerdos de más peso (a partir de unos 50 kg), el efecto del apetito depende de su perfil genético y así, en animales convencionales la ingesta voluntaria de energía supera las necesidades para la deposición máxima de proteína, observándose una tendencia al engrasamiento, particularmente a pesos elevados, y más marcada en machos castrados que en hembras, y más en estas últimas que en machos enteros, mientras que en genotipos mejorados con una elevada capacidad de deposición de proteína, la ingesta necesaria para lograr el máximo crecimiento de tejido magro puede estar limitada por el apetito del animal, especialmente en ciertos genotipos muy musculados que se caracterizan por un apetito reducido (como por ejemplo, cerdos de genética Pietrain o sus cruces). Campbell y Taverner (1988) observaron este efecto en una experiencia con dos estirpes de machos enteros con diferente potencial de crecimiento magro (A y B) y con machos castrados de la línea B (cuadro 13 y figura 3).

Figura 3.- Deposición proteica en función de la ingesta energética en dos líneas genéticas de machos enteros (A y B) y de machos castrados (línea B) (Campbell y Taverner, 1988).



Cuadro 13.- Efecto del consumo de energía entre 45 y 90 kg de PV sobre los rendimientos productivos y la deposición proteica en cerdos machos enteros de estirpes de crecimiento más rápido (Estirpe A, A) y más lento (Estirpe B, B) y de machos castrados (Estirpe B, BC) (Campbell y Taverner, 1988).

Consumo de energía (Mcal ED/d)	Estirpe	Deposición proteína (g) ^{a,b,c}	Ganancia diaria (g) ^{a,b,c}	Índice de Transformación ^a	% de grasa en la canal ^{a,b}
5,3	A	92	567	2,60	18,8
	B	81	470	3,12	24,4
	BC	52	414	3,54	31,9
6,0	A	105	622	2,66	19,4
	B	87	595	2,80	26,6
	BC	63	487	3,42	32,4
6,6	A	119	764	2,39	21,0
	B	105	680	2,69	29,2
	BC	68	454	3,36	36,1
7,3	A	135	826	2,40	23,6
	B	115	734	2,77	28,9
	BC	77	620	3,25	37,4
8,0	A	148	944	2,36	25,4
	B	128	820	2,70	30,3
	BC	85	710	3,20	39,0
8,8	A	166	1.110	2,23	25,8
	B	129	866	2,85	32,2
	BC	84	728	3,40	40,1
<i>ad libitum</i> ^d	A	189	1.202	2,26	26,0
	B	125	913	3,05	36,6
	BC	125	898	3,55	46,5

^aLínea, P<0,05; ^bIngesta energética, P<0,05; ^cLínea*Ingesta energética, P<0,05

^dEl consumo de energía *ad libitum* fue 9,75, 9,93 y 11,52 Mcal ED/d para A, B y BC, respectivamente.

Los cerdos de la línea A procedían de una explotación grande en la que los reproductores se habían seleccionado durante doce años en función de su crecimiento en condiciones de alimentación *ad libitum*, mientras que los cerdos de la línea B procedían de una explotación pequeña y eran representativos de genotipos comerciales de crecimiento más lento. Los animales fueron alimentados con una dieta común (3,6 Mcal ED/kg y 20,5% de proteína bruta) entre 20 y 45 kg, y con otra dieta (3,61 Mcal ED/kg y 19,6% de proteína bruta) entre 45 y 90 kg, suministrada a diferentes niveles de ingestión, como aparece en el cuadro 13.

Observando los datos del cuadro 13 se aprecia que para los cerdos de la línea B la tasa de deposición proteica aumenta linealmente al incrementarse el consumo de energía hasta un nivel máximo de 129 g/d con 8 Mcal ED/d (equivalente al 80% del consumo *ad libitum*). Sin embargo, para los cerdos de la línea A no parece alcanzarse el límite máximo de deposición de proteína determinado por su potencial genético, ya que se produce un aumento lineal hasta 187 g/d con el tratamiento de alimentación *ad libitum* (9,72 Mcal ED/d). Parece que la selección genética en estos animales aumentó su capacidad de crecimiento muscular hasta un nivel situado más allá del límite máximo de su apetito.

Los autores concluyen que la estrategia de alimentación más interesante es la que permite en cada caso que el animal exprese al máximo su potencial de crecimiento muscular pero sin que se produzca un engrasamiento excesivo que deteriore los índices de transformación y las características de la canal. Así, para la estirpe B debería aplicarse un cierto grado de restricción en la ingesta energética (alimentación restringida), mientras que para la estirpe A habría que promover el máximo consumo posible de energía. Campbell (1991) indica que los cerdos de la estirpe A probablemente podrían haber tenido una mayor ingesta de energía (y con ella un mayor crecimiento magro) si hubieran sido alimentados *ad libitum* con una dieta de mayor concentración energética. Así, este autor está suponiendo que dietas con diferente nivel de energía van a promover también ingestas de energía diferentes. De ser cierta esta hipótesis, estaría justificado el empleo de dietas de alta energía en cerdos de alto potencial de crecimiento magro porque ello supondría un mayor consumo de energía y con él, una mayor deposición proteica. Sin embargo, hay que tener presente que en la experiencia de Campbell y Taverner (1988) se midió la respuesta a niveles crecientes de ingesta de energía aplicando diferentes niveles de restricción en el consumo de pienso, y siendo los animales que fueron alimentados *ad libitum* los que tuvieron la ingesta energética más elevada. Para que la hipótesis anterior sea cierta es preciso que dietas con diferente concentración energética promuevan también diferentes ingestas de energía, algo que no parecen contemplar diferentes fuentes que estiman la ingesta voluntaria de energía en el cerdo únicamente en función de su peso (ARC, 1981; NRC, 1987 y 1988; Close, 1994).

La teoría de que el apetito es capaz de limitar la deposición proteica en cerdos de alto potencial genético (Campbell, 1991), fue testada por Urquhart et al. (1993) y Newcomb et al. (1993), en dos experiencias similares en las que se investigaron los efectos de aumentar la ingesta de pienso por encima del límite del apetito, hiperalimentando cerdos mediante el empleo de cánulas gástricas.

En el primero de los ensayos (Urquhart et al., 1993) se utilizaron 16 machos Landrace que se alojaron individualmente y se repartieron en cuatro tratamientos: un control, con cerdos no canulados alimentados *ad libitum*, y otros tres tratamientos con cerdos alimentados con el mismo pienso (15 MJ EM/kg MS y 24% PB) a través de la cánula gástrica con cantidades de alimento equivalentes al 100, 120 y 140% del grupo control. El nivel de proteína del pienso fue extraordinariamente alto indicando,

posiblemente, el interés de los autores por utilizar una dieta en la que el aporte de aminoácidos no fuera limitante para el crecimiento. En esta experiencia los cerdos se engordaron de 40 a 90 kg. En el segundo ensayo, (Urquhart et al., 1993), se utilizaron 50 machos castrados Hampshire x Duroc-Yorkshire, alojados individualmente y repartidos en tres tratamientos: no canulados alimentados *ad libitum*, canulados alimentados *ad libitum* y canulados consumiendo pienso *ad libitum* e hiperalimentados a través de la cánula gástrica hasta el 120% del grupo anterior. El pienso utilizado tenía 3.440 kcal EM/kg y 1% de lisina. La duración del ensayo fue de cuatro semanas.

Los resultados de las experiencias de Urquhart et al. (1993) y de Newcomb et al. (1993) se muestran en los cuadros 14 y 15, respectivamente. Como puede observarse, en ninguno de los casos la hiperalimentación mejora el crecimiento en proteína, con lo que los autores de estos trabajos concluyen que el apetito no limita la deposición proteica en cerdos de alto potencial genético.

Cuadro 14.- Influencia del nivel de alimentación en cerdos hiperalimentados con cánula gástrica de 40 a 90 kg de PV sobre los resultados productivos y la composición de la ganancia de peso (Urquhart et al., 1993).

	Control (no canulados)	Nivel de alimentación			P
		100%	120%	140%	
Ingesta de EM (MJ/d)	34,4	36,3	42,2	47,5	<0,001
Ganancia de peso (kg/d)	1,14	1,17	1,27	1,27	0,18
Conversión energética (MJ/kg)	30,6	31,1	33,3	38,3	0,008
Ganancia de proteína (g/d)	181	181	170	170	0,80
Ganancia de grasa (g/d)	172	198	242	295	<0,001
Retención de energía ¹ (MJ/d)	11,1	12,1	13,6	15,6	0,006

¹La retención de energía se calcula a partir de la ganancia de proteína y grasa (23,8 y 29,3 MJ/kg, respectivamente).

Cuadro 15.- Influencia de la canulación y la hiperalimentación en cerdos en crecimiento sobre los resultados productivos y la composición de la ganancia de peso (Newcomb et al., 1993)

	No canulados <i>Ad libitum</i>	Canulados <i>Ad libitum</i>	Canulados Hiperalimentados
Consumo medio diario (kg) ^a	2,18	2,14	2,58
Consumo medio diario (kg/kg PV ^{0,75}) ^a	0,13	0,14	0,16
Ganancia media diaria (kg) ^a	0,87	0,89	1,01
Índice de transformación	2,51	2,41	2,55
Ganancia de proteína (kg)	2,27	2,41	2,41
Ganancia de grasa (kg)	4,22	4,03	2,31

^aCerdos canulados alimentados *ad libitum* 45 cerdos canulados hiperalimentados (P<0,05).

De acuerdo con estos resultados parece poco probable que utilizar dietas de alta concentración energética pueda mejorar el crecimiento magro en el caso de que promuevan una ingesta de energía superior a la que se consigue con dietas menos concentradas. No obstante, resulta interesante prestar atención a los resultados de otros trabajos. Así, Levasseur et al. (1998) estudiaron la influencia de la fuente de energía y de la concentración energética del alimento sobre los rendimientos productivos y las características de la canal de cerdos en crecimiento. Para ello realizaron una experiencia con 96 cerdos Large White x Pietrain, alojados en grupos de 12 animales y alimentados *ad libitum* de 35 a 105 kg con cuatro dietas diferentes; T1, dieta basal con cereales y harina de soja (9,9 MJ EN/kg; T1), T2, dieta rica en grasa (10,7 MJ EN/kg), T3, dieta rica en fibra (9,0 MJ EN/kg) y T4, dieta isoenergética respecto a T1, rica en grasa y fibra. La composición de las dietas y los resultados del ensayo se muestran en los cuadros 16 y 17, respectivamente.

Cuadro 16. Composición de las dietas experimentales (Levasseur et al., 1998)

	T1	T2	T3	T4
<i>Materias primas (%)</i>				
Trigo	64,8	53,5	42,6	35,4
Harina de soja	13,6	20,0	12,0	14,0
Guisantes	15,6	15,0	15,0	15,0
Melaza	3,0	3,0	3,0	3,0
Grasa 15	-	2,5	-	2,5
Aceite de colza	-	2,5	-	2,5
Salvado de trigo	-	-	12,0	12,0
Corex M 100®	-	-	12,0	12,0
Aminoácidos	0,35	0,25	0,20	0,37
Minerales y vitaminas	3,25	3,25	3,25	3,25
<i>Composición química (% sobre materia seca)</i>				
Proteína bruta	18,7	20,8	19,2	19,4
Grasa bruta	1,6	6,9	2,2	7,4
Almidón	54,3	46,1	44,6	40,9
Fibra bruta	3,0	3,4	5,2	5,3
FND	13,1	12,0	20,7	19,9
Almidón	54,3	46,1	44,6	40,9
FAD	4,1	4,2	6,6	6,3
<i>Valor energético¹ (MJ/kg)</i>				
Energía digestible	13,81	14,80	12,75	13,82
Energía neta	9,91	10,69	8,98	9,96

¹Datos medidos en un ensayo de digestibilidad (Noblet y Bourdon, sin publicar).

Cuadro 17.- Influencia del tipo de dieta sobre los rendimientos zootécnicos de 35 a 105 kg de PV y la composición corporal a 105 kg de PV¹ (Levasseur et al., 1998)

	Dietas			
	T1	T2	T3	T4
Nº de animales	23	24	24	24
Consumo medio diario (g)	2.394 ^{ab}	2.295 ^b	2.534 ^a	2.249 ^b
Consumo diario de EN (MJ)	22,8 ^{ab}	23,9 ^a	21,8 ^b	21,4 ^b
Ganancia media diaria (g)	866 ^b	933 ^a	892 ^b	879 ^b
Índice de transformación (g/g)	2,77 ^b	2,51 ^c	2,90 ^a	2,68 ^b
Índice de conversión energética (MJ EN/kg)	27,4	26,8	26,1	26,7
Índice de conversión energética ajustado ² (MJ EN/kg)	27,3	26,4	26,5	26,9
% de músculo	56,3	55,9	57,3	56,5
% de músculo ajustado ³	56,4	56,3	57,2	56,2

¹Superíndices diferentes en filas indican diferencias significativas (P<0,05).

²Sobre la cantidad de energía ingerida y la composición corporal.

³Sobre la cantidad de energía ingerida.

Como puede observarse, aumentar la concentración energética de la dieta mediante la adición de grasa (T2 vs. T1) mejoró significativamente (P<0,05) la velocidad de crecimiento (933 vs. 866 g/d) y el índice de transformación (2,51 vs. 2,77), y de forma numérica redujo el consumo de pienso (2.295 vs. 2.394 g/d) pero aumentó la ingesta de energía (23,9 vs. 22,8 MJ EN/d). No se encontraron efectos significativos en las características de calidad de canal. Por otra parte, la eficiencia de conversión de la EN (26,7 MJ EN/kg) no se vió influenciada por las características de las dietas.

Estos autores concluyen que para una concentración energética situada entre 9,0 y 9,9 MJ EN/kg el cerdo de engorde es capaz de regular su consumo diario de pienso en función de la energía ingerida. Esta regulación es más o menos precisa según la naturaleza de la dieta. Con un pienso de elevada concentración energética (10,7 MJ EN/kg) la ingestión de energía es más elevada y la velocidad de crecimiento aumenta sin que el porcentaje de músculo disminuya. Los autores interpretan este resultado como la consecuencia de una evolución del potencial genético de los cerdos a favor de la producción de tejido magro, y sugieren que la utilización de dietas con una elevada concentración energética, superior a 9,9 MJ EN/kg, suministradas *ad libitum* puede ser una práctica interesante para forzar la ingestión de energía en animales con una elevada capacidad de depósito de magro y cuyo apetito limita la expresión de todo su potencial genético.

Aunque los resultados de las experiencias de Levasseur et al. (1998) y los de las experiencias de Urquhart et al. (1993) y Newcomb et al. (1993) parecen contradictorios,

podrían explicarse teniendo en cuenta que la respuesta de los cerdos, en términos de ingesta, al nivel energético de la dieta depende enormemente de las condiciones en las que el animal tiene que expresar su crecimiento (Campbell, 1997, Usry *et al.*, 1998). Así, Henman (1985) comprobó que cuando cerdos de 63 a 98 días de edad se alojaban en celdas individuales, no había respuesta en términos de crecimiento a concentraciones de energía digestible en la dieta que amentaban desde 12,5 a 15,0 MJ/kg. Sin embargo, cuando se alojaban en condiciones comerciales, el crecimiento mejoraba con cada incremento en el contenido en ED de la dieta desde 13,0 a 15,0 MJ/kg. Es importante señalar que con cada tipo de dieta el nivel de ingestión de pienso (y por tanto de energía) es mucho menor en las condiciones de explotación comercial que en otras condiciones más próximas a las ideales. Los cerdos utilizados en los ensayos de Urquhart *et al.* (1993) y Newcomb *et al.* (1993) se alojaron individualmente. En el trabajo que relata la experiencia de Newcomb se especifica, además, que cada animal disponía de una superficie amplia (1,56 m²) y que el ambiente era termoneutro. Es posible que en estas condiciones su nivel de ingesta *ad libitum* fuese lo suficientemente elevado como para permitir que los cerdos expresasen todo su potencial de deposición proteica, de tal modo que la hiperalimentación sólo incrementó el depósito de grasa.

Como conclusión final, podríamos señalar que la utilización de dietas de alta concentración energética puede ser una estrategia nutricional razonable para mejorar los rendimientos productivos de animales con elevado potencial de crecimiento magro en condiciones de explotación comercial en las que su apetito puede actuar como factor limitante. Para asegurar la rentabilidad de esta estrategia, además de evaluar en cada momento el coste de las dietas con diferente concentración energética (cuando el coste de la energía es muy elevado puede no ser interesante aumentar el nivel de energía de la dieta, aún maximizando los rendimientos) y de prestar atención a la calidad física del pienso (dietas muy concentradas incluyen niveles altos de grasa añadida que pueden deteriorar la calidad del gránulo, en el caso de que las dietas se granulen), será preciso tener un buen conocimiento previo de las características de los animales en términos de potencial de crecimiento magro e ingesta voluntaria de pienso.

2.2.- Utilización de curvas de crecimiento para la evaluación y mejora de programas de alimentación en cerdos de engorde

De acuerdo con las observaciones de numerosos autores (Henman, 1985; Dritz *et al.*, 1997; Black, 1998) el rendimiento productivo de los cerdos en las condiciones habituales de explotación comercial es claramente inferior (hasta un 15-20% en términos de consumo de pienso y crecimiento) al que alcanzan los mismos animales en un ambiente ideal como el que puede encontrarse en los centros de investigación. Así, junto al genotipo, el sexo o el peso de los animales, otros factores como la temperatura, la densidad de alojamiento, el estado sanitario o las características de la dieta, condicionan la respuesta productiva de los cerdos influyendo sobre su potencial de crecimiento magro o sobre la ingesta voluntaria de alimento.

Un razonamiento de este tipo es el que conduce a Pettigrew (1997) a señalar que “el problema al que se enfrenta hoy la industria es cómo determinar los requerimientos de los cerdos para cualquier situación dada”. Posiblemente la utilización y el análisis de las curvas de crecimiento represente una alternativa interesante para dar solución a este problema.

Frente a los modelos que predicen el crecimiento y los requerimientos nutricionales del cerdo teniendo en cuenta el efecto de los diferentes factores que afectan a su comportamiento productivo para cada situación particular, como el potencial genético, las condiciones ambientales y el estado sanitario, por poner algunos ejemplos (y que son factores que deben cuantificarse e introducirse como datos es el programa de modelización), la aproximación con la que se han desarrollado las curvas de crecimiento es esencialmente diferente. En este caso es el crecimiento del cerdo y la evolución de su composición en tejido magro y en grasa lo que se mide en las condiciones reales de explotación comercial a lo largo del período de engorde, para determinar con ello los requerimientos del animal en cada situación concreta.

2.2.1.- Elaboración de las curvas de crecimiento

Un grupo de investigadores de la Universidad de Kansas, en colaboración con el Dr. Schinckel de la Universidad de Purdue, y basándose en varios de sus trabajos (Schinckel, 1994; Schinckel y de Lange, 1996) han desarrollado la metodología para la elaboración y la utilización práctica de las curvas de crecimiento.

El método a seguir consiste en seleccionar un grupo representativo de animales de la explotación (40 machos y 40 hembras) que deberán pesarse cada tres semanas y en los que, con la misma frecuencia, habrá que medir el espesor de la grasa dorsal y el área del lomo (músculo *Longissimus dorsi*) con un aparato de ultrasonidos en tiempo real, desde la entrada de los cerdos al cebadero hasta el momento de su salida para el sacrificio, que conviene hacerla a un peso ligeramente superior al habitual (Smith et al., 1996). Con los datos recogidos y utilizando las ecuaciones de predicción de un modelo desarrollado en la Universidad de Purdue (Schinckel et al., 1994) se determina la cantidad de proteína y grasa corporal para cada peso, lo que permite calcular la curva del crecimiento diario y las curvas de deposición diaria de proteína y de lípidos corporales.

2.2.2.- Determinación de los requerimientos

Una vez generada la curva de deposición diaria de proteína, el requerimiento diario de lisina se calcula estimando las necesidades de este aminoácido para mantenimiento y para crecimiento magro. Realizando un ajuste en función de la eficacia de utilización de la lisina para la deposición de proteína, se calculan las necesidades diarias de lisina digestible y considerando su digestibilidad en la dieta se determina el requerimiento de lisina total, en gramos por día.

Dritz et al. (1987) consideran las siguientes ecuaciones para el cálculo de las necesidades diarias (g) de lisina:

- *Lisina digestible (g/d) para mantenimiento (NLm) = 0,036 x PV^{0,75}*

- *Lisina digestible (g/d) para crecimiento magro (NLc) = (0,066 x DP)/0,65*

- *Lisina digestible total (g/d) = NLm + NLc*

- *Lisina total (g/d) = (NLm + NLc)/0,80*

donde *PV* es el peso vivo (kg), *DP* es la deposición diaria de proteína (g), *0,066* es el contenido en lisina de la proteína corporal (6,6%) y *0,65* es la eficacia de utilización de la lisina absorbida en el intestino delgado para la deposición de proteína y se supone una digestibilidad de la lisina en la dieta del 80%.

Conociendo el requerimiento diario de lisina se calculan los requerimientos para los restantes aminoácidos esenciales utilizando el concepto de proteína ideal. Una revisión interesante sobre proteína ideal en cerdos es la que ha realizado recientemente el Dr. Baker (1997), en la que se considera la posibilidad de calcular el perfil ideal de aminoácidos en la dieta para cada peso del cerdo en crecimiento cuando se han calculado previamente los requerimientos de lisina para mantenimiento y para crecimiento de músculo (cuadro 18), como sería el caso cuando se utilizan curvas de crecimiento.

Para calcular la cantidad necesaria de lisina en la dieta expresada en porcentaje, se calculan previamente las necesidades diarias de energía para producir el crecimiento observado considerando la deposición diaria de proteína y de grasa, y se tienen en cuenta las necesidades energéticas para mantenimiento en función del peso del animal (Schinckel, 1995):

$$\text{Necesidades EM (Mcal/d)} = 0,442PPVV + 10,54 DDP + 12,64 DDG$$

donde *PPVV* es la proteína del peso vivo vacío en kg y *DDP* y *DDG* son las deposiciones diarias de proteína y grasa, respectivamente, ambas en kg. Existen otros métodos semejantes que estiman también la ingesta necesaria de energía en función de la cantidad de proteína y lípidos depositados (Whittemore, 1995; ITP, 1994).

Es importante señalar que cuando por el método apuntado anteriormente se calcula el requerimiento diario de energía puede deducirse el consumo necesario de pienso conociendo su concentración energética, el cual no coincide necesariamente con el consumo real si se mide a nivel de granja ya que este puede ser superior como

consecuencia del desperdicio inevitable de pienso (que puede variar del 3 al 15% o incluso más), o de las condiciones ambientales.

Cuadro 18.- Proteína ideal en cerdos: relación ideal de aminoácidos para mantenimiento y relación ideal calculada para la deposición proteica (Baker, 1997).

Aminoácido	Relación ideal (% de lisina) ¹	
	Deposición proteica	Mantenimiento
Lisina	100	100
Treonina	59	152
Metionina + Cistina ²	57	120
Triptófano	17	26
Valina	68	70
Isoleucina	58	82
Leucina	101	72
Fenilalanina + Tirosina ³	94	103
Histidina	32	32
Arginina	42	0

¹Relaciones establecidas asumiendo 100% de digestibilidad real de los aminoácidos.

²Relación 50:50 (en peso) para Metionina:Cistina para la deposición de proteína y 20:80 (en peso) para mantenimiento.

³Relación 53:47 (en peso) para Fenilalanina:Tirosina, tanto para la deposición proteica como para mantenimiento.

Una vez que se han determinado las necesidades diarias de lisina y de energía se calcula la relación lisina/caloría con lo que puede calcularse el porcentaje de lisina necesario en la dieta (y junto a la lisina los restantes aminoácidos) en función de la concentración energética de la misma.

Existen en la literatura referencias a algún caso práctico en el que la utilización de las curvas de crecimiento ha permitido mejorar el ajuste de las características de la dieta a las necesidades nutricionales de los cerdos y, en consecuencia, mejorar la eficiencia de utilización del pienso y disminuir los costes de producción. Así, Smith et al. (1996) relatan un estudio en el que se determinaron los requerimientos nutricionales de los cerdos de dos explotaciones comerciales con una genética muy semejante en base a la elaboración de las curvas de crecimiento, tal y como se ha comentado anteriormente.

La diferencia más importante entre las dos explotaciones consiste en que la primera practica el sistema todo dentro-todo fuera por naves mientras que la segunda sólo lo practica para cada módulo dentro de la nave. La deposición de proteína, de

lípidos, y el requerimiento de lisina expresado en gramos por día o como porcentaje de la dieta se presentan en las figuras 4, 5, 6 y 7, respectivamente.

Figura 4.- Curvas de deposición de proteína corporal para machos castrados (M) y hembras (H) en dos granjas diferentes (Smith et al., 1996)

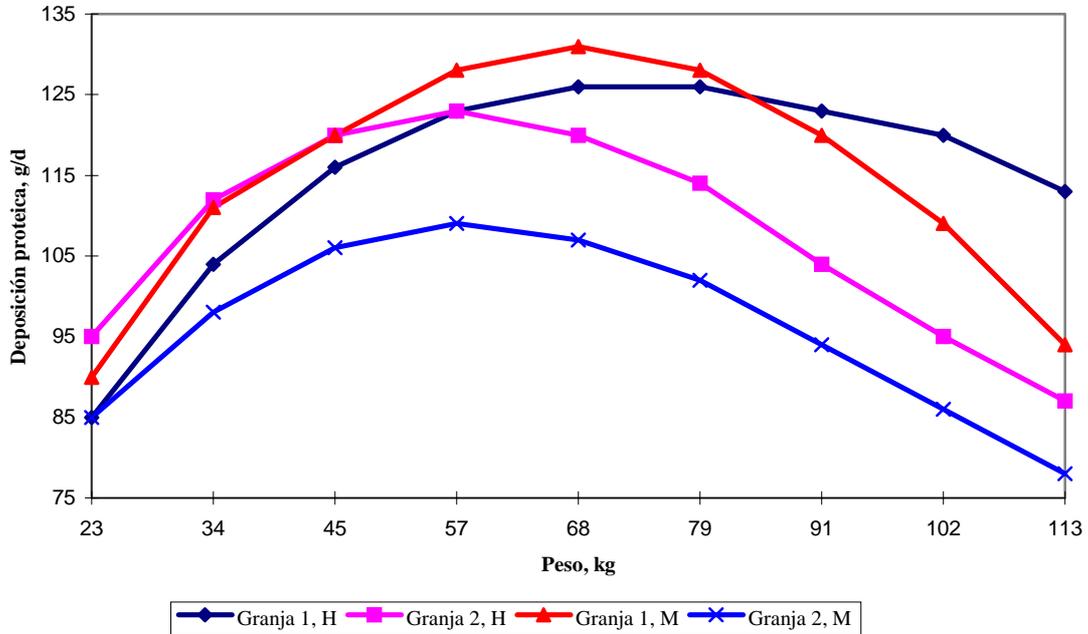


Figura 5.- Curvas de deposición de lípidos para machos castrados (M) y hembras (H) en dos granjas diferentes (Smith et al., 1996)

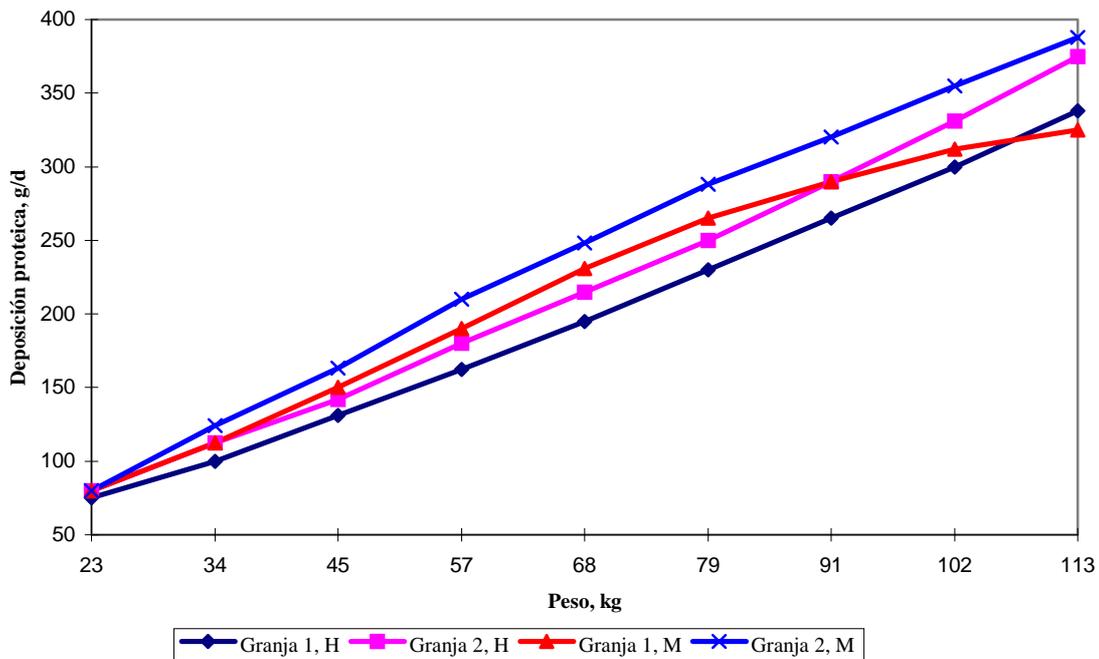


Figura 6.- Necesidades totales de lisina calculadas en función de la curva de deposición de proteína para machos castrados (M) y hembras (H) en dos granjas diferentes (Smith et al., 1996)

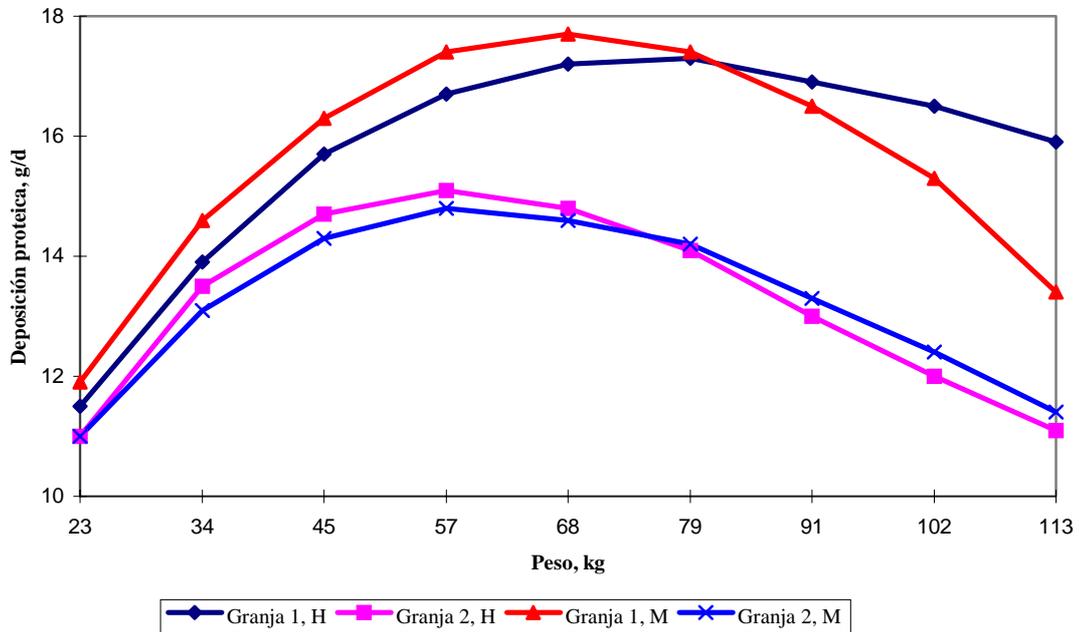
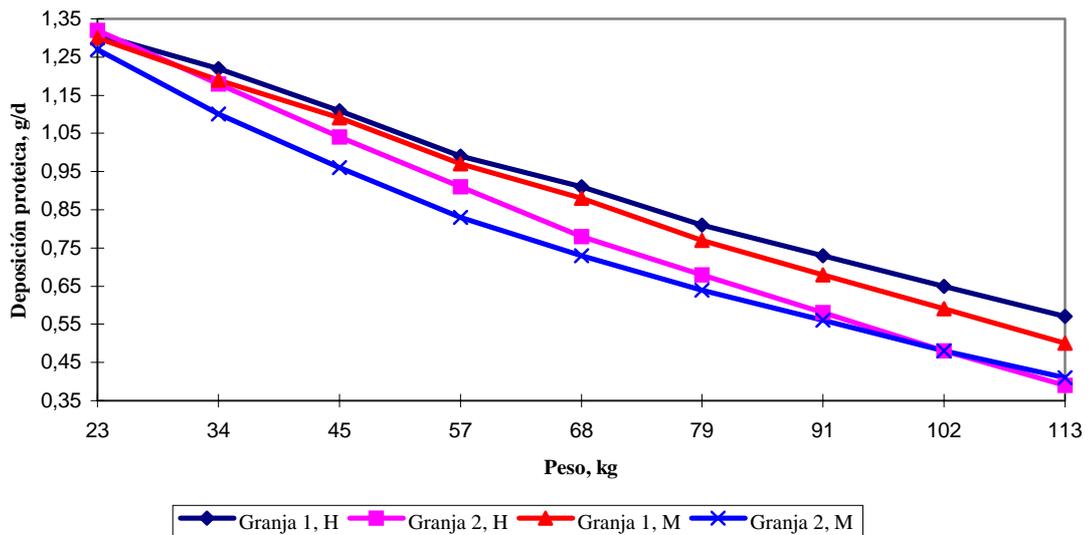


Figura 7.- Porcentaje de lisina en la dieta calculado en función de la curva de deposición de proteína y las necesidades estimadas de consumo medio diario de pienso para machos castrados (M) y hembras (H) en dos granjas diferentes (Smith et al., 1996)



Al observar las figuras, llaman la atención dos aspectos: en primer lugar, que la diferencia entre explotaciones fue mucho mayor que la diferencia entre sexos, lo cual

puede justificar la conveniencia de elaborar curvas de crecimiento en explotaciones diferentes aunque empleen genéticas parecidas, y en segundo lugar, que una vez que se alcanza el nivel máximo de deposición proteica, que en estas explotaciones tuvo lugar hacia los 60-70 kg de peso vivo, esta disminuye rápidamente mientras que la deposición de lípidos se incrementa de manera muy rápida. La consecuencia es que a partir de ese momento se produce una disminución del crecimiento más o menos marcada, que contrasta con la opinión tradicional que consiste en creer que el crecimiento aumenta progresivamente hasta el peso del sacrificio.

Según los autores, al comparar las curvas de los requerimientos de lisina con los programas de alimentación que se estaban utilizando en las explotaciones cuando se hizo el estudio, pudo comprobarse que la primera explotación estaba suministrando un exceso de lisina de alrededor del 0,1% desde los 90 a los 115 kg de peso de los cerdos y que la segunda explotación también alimentaba a los animales con un exceso de lisina de alrededor del 0,15% desde los 60 a los 115 kg. El ajuste posterior de los niveles de aminoácidos en la dieta permitió reducir el coste de los piensos y el coste de la alimentación por cerdo (0,45 y 1,03\$ por cerdo según los datos del estudio).

2.2.3.- Comentarios acerca de las curvas de crecimiento

Aunque la utilización de las curvas de crecimiento, tal y como se ha expuesto, puede ser objeto de algunas críticas, es indudable que si el método está bien validado, la estimación razonablemente precisa de la evolución del crecimiento y de la dinámica de la deposición de proteína y grasa a lo largo del engorde es una herramienta valiosa para predecir los requerimientos de los animales y poder ajustar los niveles nutricionales en los piensos. El método permite, además, definir mejor en qué momento debe hacerse el cambio de unas dietas a otras durante el engorde y establecer programas de alimentación que pueden ser diferentes según explotaciones en función de la genética utilizada, la estación del año o la calidad de las instalaciones y el manejo.

Es importante tener en consideración que elaborar las curvas de crecimiento en una explotación y para un único engorde puede proporcionar información valiosa, pero que el verdadero interés de esta metodología reside en poder crear una base de datos con curvas de diferentes explotaciones a lo largo del tiempo para poder valorar la variabilidad existente entre distintas granjas y dentro de cada granja, y para evaluar la respuesta a las correcciones y cambios que pudieran irse realizando en los programas de alimentación.

Por último, creemos interesante comentar que esta tecnología ya se ha utilizado por equipos de investigación españoles para la evaluación de rendimientos en animales selectos en programas de mejora genética (Tibau et al., 1997), y que su aplicación a nivel industrial, que en principio parece prometedora, dependerá del valor de la información y del coste necesario para obtenerla.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Yolanda Alegre su espléndido trabajo en la informatización de este trabajo y a Jossep Bassaganya por su ayuda en al elaboración de los apartados de solubles de porcino y ácido linoleico conjugado.

3.- REFERENCIAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (1981) *The Nutrient Requirements of Pigs*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough. Reino Unido. 307 pp.
- BAKER, D.H. (1997) *Biokyowa Technical Review* nº 9.
- BELURY, M.A. y KEMPA-STECKO, A. (1997). *Lipids* 32 (2)
- BLACK, J.L. (1998) En: *New Developments in Feed Evaluation*. Internatinal Postgraduate Course. Wageningen Agricultural University. Wageningen. Holanda.
- BREGENDAHL, K., SPARKS, J.C., BASSAGANYA, J., y ZIMMERMANN D.R. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 181 (Abstr.).
- CAMPBELL, R.G. (1991) En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. Haresign, W. y Cole, D.J.A. pp: 3-19. Butterworth-Heineman Ltd. Oxford. Reino Unido.
- CAMPBELL, R.G. (1997) *Reunión Técnica Trouw Ibérica*. 24-Nov.-97. Lérida.
- CAMPBELL, R.G. y TAVERNER, M.R. (1988). *J. Anim. Sci.* 66: 676-686.
- CAMPBELL, R.G. y TAVERNER, M.R. y CURIC, D.M. (1985). *Anim. Prod.* 40: 489-496
- CAMPBELL, J.M., WEAVER, E.M., RUSSELL, L.E., CHI, F. y ARTHINGTON, J.D. (1998a) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 180 (Abstr.).
- CAMPBELL, J.M., WEAVER, E.M., RUSSELL, L.E., CHI, F. y ARTHINGTON, J.D. (1998b) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 180 (Abstr.).
- CLEMENT, I., CHIN S.F., SCIMECA J.A. y PARIZA M.W. (1991) *Cancer Research* 51: 6118-6124
- CLEMENT, I., SCIMECA J.A. y THOMPSON, H.J. (1994) *Cancer supplement* 74 (3)
- CLOSE, W.H. (1994) En: *Principles of Pig Science*. Ed. Cole, D.J.A., Wiseman, J. y Varley, M.A.. Nottingham University Press. Nottingham. Reino Unido. pp: 123-140
- COLE, D.J.A. y CHADD, S.A. (1989) En: *The voluntay food intake of pigs*. Ed. Forbes, J.M., Varley, M.A., y Lawrence, T.J.L. pp: 61-70. Occasional publication, nº13. British Society of Animal Production.
- COMA, J. (1997) En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. XIII Curso de Especialización FEDNA. Ed. Rebollar, P.G., Mateos, G.G. y de Blas, C. Madrid: 217-232.
- CROMWELL G.L. (1998) En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. XIV Curso de Especialización FEDNA. Ed. Rebollar, P.G., Mateos, G.G. y de Blas, C. FEDNA, Barcelona. En prensa.
- COOK, M.E., MILLER C.C., PARK, Y. y PARIZA, M.W. (1993) *Poult. Sci.* 72: 1301-1305
- DUGAN, M.E.R., AALHUS, J.L., SCHAEFER, A.L. y KRAMER, J.K.G. (1997). *Can. J. Anim. Sci.* 77:723
- DUNKIN, A.C., BLACK, J.L. y JAMES, K.J. (1986). *Br. J. of Nutr.*, 55: 201-207
- DUNSEA, F.R., OSTROWSKA, E., MURALITHARAN, M., CROSS, R., BAUMAN, D.E., PARIZA, M.W. y SKARIE, C. (1998) *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 82 (Abstr.).
- DRITZ, S.S., TOKACH, M.D., GOODBAND, R.D. y NELSSSEN, J.L. (1997) *Allen D. Leman Swine Conference*. pp: 119-125.

- ERHARD, M.H., BERGMANN, J., RENNER, M., HOFMANN, A. y HEINRITZI, K. (1996) *J. Vet. Med. A.* 43: 217-223.
- ERMER, P., MILLER, S. y LEWIS, A. (1994) *J. Anim. Sci.* 72: 1548-1554.
- GATNAU, R., MATEOS, G.G. y LÁZARO, R. (1995a) *XI Curso de Especialización FEDNA*. Ed. G^a Rebollar P., De Blas C., y Mateos G.G. Barcelona. pp: 170-187.
- GATNAU, R., CAIN, C., DREY, M.D. y ZIMMERMAN, D.R. (1995b) *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 82 (Abstr.).
- HENMAN (1985) Citado por Campbell, R.G. (1997), *Reunión Técnica Trouw*. 24-Nov.-97. Lérida.
- INSTITUTE TECHNIQUE DU PORC (1994) *Alimentation du porc charcutier*. I.T.P. Paris Cedex. Francia. 47 pp.
- JAGGER, S. (1996) En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. XII Curso de Especialización FEDNA Ed. Rebollar, P.G., Mateos, G.G. y de Blas, C. FEDNA, Madrid: 77-94.
- JIN, L.Z., MARQUARDT, R.R., BAIDOO, S.K. y FROHLICH, A.A. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 34 (Abstr.).
- KATS, L.J., TOKACH, M.D. y GOODBAND, R.D. (1992) *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1): 231 (Abstr.).
- KATS, L.J., NELSEN, J.L., TOKACH, M.D., GOODBAND, R.D., WEENDEN, T.L., DRITZ, S.S., HANSEN, J.A. y FRIESEN, K.G. (1994) *J. Anim. Sci.* 72: 2860-2869.
- KELLOGG, D.W., NOLAND, P.R. y HATFIELD, E.E. (1994) *Arkansas Nutrition Conference*. pp: 221-230.
- KICHURA, T.S. (1997) *American Association of Swine Practitioners* 97: 101-104.
- KICHURA, T.S. (1998) *American Association of Swine Practitioners* 98: 189-194.
- KIM, J.W., MARQUARDT, R.R., BAIDOO, S.K., FROHLICH, A.A. y CONNOR, M.L. (1996) *J. Anim. Sci.* 74 (Suppl. 1): 195 (Abstr.).
- KOHELER, D.D., SHURSON G.C. y WHITNEY, M.H. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 180 (Abstr.).
- KOWALCZYK, K., DAISS, J., HALPERN, J. y ROTH, T.F. (1985) *Inmunology* 54: 755-762.
- LEVASSEUR, P., COURBOULAY, V., MEUNIER-SLAÛN, M.M.C., DOURMAD, J.Y. y NOBLET, J. (1998) *Journées Rech. Porcine en France* 30: 245-252.
- LINDEMANN, M.D., VAN DE LIGT, J.L.G., MONEGHE, H.J., KELLER, G., y CROMWELL, G.L. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 181 (Abstr.).
- MATEOS, G.G. y PIQUER, J. (1994) En: *Nuevos sistemas de valoración de alimentos y programas alimenticios para especies domésticas*. X Curso de Especialización FEDNA. Ed. Rebollar, P.G., Mateos, G.G. y de Blas, C. FEDNA, Madrid: 119-135.
- MAXWELL, C. (1992) *Arkansas Nutrition Conference*. pp: 64-85.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1987) *Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals*. National Academy Press. Washington D.C. 85 pp.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1988) *Nutrient Requirements of Pigs*. National Academy Press. Washington D.C. 93 pp.
- NICOLOSI, R.J., ROGERS, E.J., KRITCHEVSKY, D., SCIMECA, J.A., y HUTH, P.J. (1997). *Artery* 22 (5): 266-277
- NESSMITH, W.B.Jr., TOKACH, M.D., GOODBAND, R.D., NELSEN, J.L., BERGSTROM, J.R., DRITZ, S.S., OWEN, K.Q., RICHERT, B.T. y SMITH, J.W. (1995) *Kansas State University - Swine Day 1995*. pp: 60-62.

- NEWCOMB, M.D., OTT, R.S., VAN KEMPEN, T., LAN, Y.H., McKEITH, F.K., NOVAKOFSKI, J.E., BECHTEL, P.J. y EASTER, R.A. (1993) *J. Anim. Sci.* 71: 144-150.
- PETTIGREW, J.E. (1997) *Allen D. Lemay Swine Conference*. Feed Budgeting. pp: 11-15.
- RICHERT, B.T., SMITH, J.W., TOKACH, M.D., BOOBBAND, R.D. y NELSSSEN, J.L. (1994) *Kansas State University - Swine Day 1994*. pp: 85-89.
- RUSSELL, L. (1994) *International Pig Topics* 2 (4): 7-11.
- SCHINCKEL, A.P. (1994) En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. Haresign, W. y Cole, D.J.A. pp: 133-169. Butterworth - Heineman. Oxford. Reino Unido.
- SCHINCKEL, A.P. (1995) *Arkansas Nutrition Conference*. pp: 145-163.
- SCHINCKEL, A.P. y DE LANGE, C.F.M. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 2021-2036.
- SMITH, J.W., TOKACH, M.D., SCHINCKEL, A.P., DRIZT, S.S., NELSSSEN, J.L. y GOODBAND, R.D. (1996) *Kansas State University - Swine Day 1996*. pp: 117-121
- TIBAU, J., PUIGUERT, X., SOLER, J., TRILLA, N., DIESTRE, A., GISPERT, M., FERNANDEZ, J. y MANTECA, X. (1997) *Anaporc XVII* (171): 74-91.
- URQUHART, R., McEVOY, J. y McCracken, K.J. (1993) *Proc. Nutr. Soc.* 52: 297 A.
- USRY, J., CAMPBELL, R. y BURNHAM, D. (1998) *Feedstuffs*. 70 (4): 12-18.
- VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C. y BINNENDIJK, G.P. (1995) *Research Report P 1.137*. Applied Research in Pig Husbandry. Rosmalen. Holanda.
- VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C. y BINNENDIJK, G.P. (1997) *Research Report P5.2*. Applied Research in Pig Husbandry. Rosmalen. Holanda.
- VAN LUNEN, T.A., y COLE, D.J.A. (1996) En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. Gransworthy, P.C., Wiseman, J. y Haresign, W. pp: 233-261. Nottingham. Reino Unido.
- VEUM, T.L., BOLLINGER, D.W., LIU, J. y SHI, H. (1996) *J. Anim. Sci.* 74 (Suppl. 1): 171 (Abstr.).
- VEUM, T.L., TIEMEYER, C., JENNINGS, K., SKAGGS, J., LIU, J., BOLLINGER, D.W. y ELLERSIECK, M. (1997) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 69 (Abstr.).
- WHITTEMORE, C.T. (1995) *Agricultural Systems* 47: 235-244.
- YOKOHAMA, H., PERALTA, R.C., DIAZ, R., SENDO, S., IKEMORI, Y. y KODAMA, Y. (1992) *Infection and Immunity* 60: 998-1007.
- YOLKEN, R.H., LEISTER, F., WEE, S., MISKUFF, R. y VONDERFECHT, S. (1988) *Pediatrics* 81 (2): 291-295.

II.- AVANCES EN LA ALIMENTACIÓN DE PORCINO: REPRODUCTORAS

P. Medel

Dpto. Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid.

1.- INTRODUCCIÓN

Los trabajos publicados en los últimos años acerca de la nutrición de la cerda reproductora indican la conveniencia de una revisión en el cálculo de necesidades. Muchos de los programas nutricionales están basados en trabajos antiguos, en los cuales tanto el tipo de reproductora (potencial genético, peso y composición corporal) como el número de lechones y su capacidad de crecimiento, eran muy diferentes de los actuales. La selección genética dirigida a obtener un mayor porcentaje de magro ha reducido la capacidad de ingestión y las reservas corporales de grasa. Además, año tras año aumenta la prolificidad, de hecho, en granjas modernas, producciones de más de 22 lechones por reproductora y año son cada vez más frecuentes. Por ejemplo, en Dinamarca, país líder en la producción porcina, la media para 1996 fue de 21,7 lechones/cerda y año, y para el 25% de las mejores explotaciones fue de 24,3 lechones/cerda y año (Danish Annual Report, 1997). Miller (1992), ya apuntaba que en el mejor tercio de explotaciones canadienses en 1991 se destetaban 22,3 lechones/reproductora y año, e incluso para Patience (1996), el objetivo de conseguir 30 lechones/cerda y año empieza a ser una meta alcanzable a nivel comercial. Estas elevadas exigencias productivas deben ir acompañadas de un ajuste en el manejo, la sanidad, la genética, y en la alimentación de las reproductoras.

2.- PROTEÍNA Y AMINOÁCIDOS

Las investigaciones llevadas a cabo en el último decenio, implican la necesidad de una revisión de las recomendaciones en proteína y aminoácidos, debido al gran incremento en la productividad de las reproductoras. Así, en la edición de 1988 del NRC se recomendaba para una cerda lactante una ingesta diaria de 31,8 g de lisina, mientras que en su edición de 1998 recomienda en determinadas circunstancias¹ hasta 58,2 g (un 83% más). Los niveles de proteína también han sido modificados, y mientras que el NRC de 1988 recomendaba un 13% de proteína bruta en la dieta para cerdas lactantes,

¹ Cerda de 175 kg, perdiendo 10 kg en una lactación de 21 d, con una ganancia de peso de su camada de 2,5 kg/d.

en su edición de 1998 recomienda entre 16,3 y un 19,2%, en función del cambio de peso de la reproductora durante la lactación y el potencial de crecimiento de sus lechones.

El aminoácido más investigado en los últimos años en reproductoras es la lisina. El NRC menciona hasta 44 trabajos publicados entre 1988 y 1996 en la elaboración de sus nuevas recomendaciones. Coma (1997) hizo una revisión de las necesidades de este aminoácido en los últimos años, por lo que este trabajo, aún mencionado trabajos anteriores, se centra en los publicados muy recientemente. En general, estos trabajos apuntan a que la recomendación del NRC (1988) para la lisina es insuficiente para las producciones actuales y, en general, coinciden con las actuales recomendaciones del NRC (1998).

Grandhi (1997) observó una reducción en la pérdida de peso (4,5 vs -0,4%; P=0,02), un aumento en el consumo de pienso (7,8 vs 7,2 kg/d; P=0,07) y un descenso en la pérdida de grasa dorsal (4,7 vs 10,5%; P=0,09) de la reproductora, y un incremento del crecimiento de los lechones (10,4 y 11,7% en la tercera y cuarta semana de lactación, respectivamente) al aumentar en una dieta de 3.360 kcal ED, desde 0,60% a 0,95% de lisina (con la adición de treonina y metionina sintética hasta 65 y 30% de lisina, respectivamente).

Dourmad et al. (1998) establecieron dos nuevas ecuaciones de regresión para la estimación de las necesidades de lisina, con una alta correlación ($R^2 \geq 0,87$). Así, basándose en un estudio empírico en el que se midió el balance nitrogenado (BN) en función de la ingesta diaria de lisina (Lys, g/d), la excreción de nitrógeno² en la leche (NL, g/d) y la ganancia media diaria de la camada (GMD, g/d), llegaron a las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} BN &= -15,8 + (1,22 \times Lys) - (0,63 \times NL) & R^2 &= 0,89 \\ BN &= -18,8 + (1,21 \times Lys) - (0,0163 \times GMD) & R^2 &= 0,87 \end{aligned}$$

Las estimaciones anteriores de los requerimientos de lisina del NRC (1988), ARC (1981) e INRA (1989) estaban basadas en estudios, en los que la ganancia de peso de la camada se situaba en torno a 1.500 g/d, lo que supone una producción de unos 45 g/d de nitrógeno a través de la leche³. Para conseguir que el BN sea nulo con ese nivel de producción, utilizando las ecuaciones anteriores, la recomendación de lisina se sitúa en torno a 36 g/d, ligeramente superior a la recomendación del NRC de 1988 (32 g/d).

En los trabajos recientes en los que se pretende determinar el nivel óptimo de lisina para conseguir el máximo crecimiento de la camada (Stalhy et al., 1990, 1992; Johnston et al., 1993; Sauber et al., 1994), por la máxima retención de nitrógeno (King

² Nitrógeno en la leche = 0,8% (Partridge y Gill, 1993).

³ 4 g de leche = 1 g de ganancia de peso de la camada (Whittemore y Morgan, 1990).

et al., 1993) o nivel mínimo de urea en sangre (Coma et al., 1996), los requerimientos se sitúan en torno a 45-55 g/d. Las cerdas utilizadas en estos trabajos daban lugar a crecimientos de la camada de entre 2.000 y 2.500 g/d y entre 70-90 g de NL/d lo que, de acuerdo con las ecuaciones de Dourmad et al. (1998), generaría unas necesidades de entre 42,5 y 49,2 g de lisina al día. Estas recomendaciones son ligeramente inferiores a las dadas por el NRC (1998), 45 y 58 g/d para 2.000 y 2.500 g/d de ganancia de la camada respectivamente, o por Pettigrew (1993), quien recomienda 26 g de lisina por kg de ganancia de la camada, nivel al que habría que sustraer la lisina que aporta la cerda mediante la movilización de sus reservas, y que puede estimarse en unos 4,5 g de lisina/d (se considera una pérdida de peso media en torno a 500 g/d con 15% de proteína de la cual 7% es lisina y se asume una eficacia del 85%).

Otros trabajos recientes estiman entre 45-48 g/d de lisina digestible (Touchette et al., 1998a) ó 43 g de lisina/d (Yang et al., 1998) para minimizar las pérdidas de proteína corporal u optimizar la producción láctea en cerdas primíparas, respectivamente.

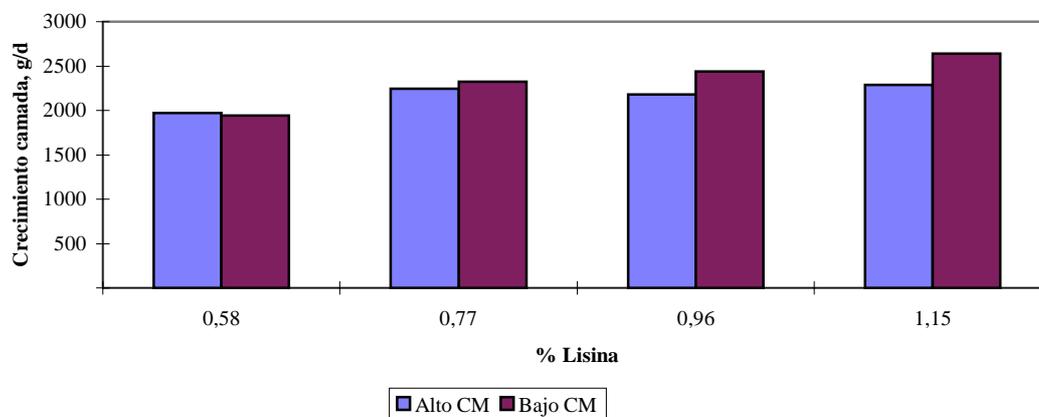
Año tras año, la selección genética consigue reproductoras que producen más cerdos, más magros y con mayor potencial de crecimiento. Para estudiar el efecto de la selección genética en los requerimientos nutritivos, Sauber et al. (1998) compararon las necesidades de lisina de cerdas de elevado crecimiento magro (CM), con otras de bajo CM (350-390 g/d y 240-280 g/d de crecimiento magro, respectivamente), todas ellas con camadas estandarizadas a 14 lechones 8 horas tras el parto. Para ello, utilizaron cuatro niveles de lisina en la dieta (0,58; 0,77; 0,96 y 1,15%) a partir de diferentes niveles de inclusión de harina de soja (13,1; 15,8; 18,3 y 20,9% de proteína bruta en las dietas, respectivamente). Parte de los resultados de esta experiencia se ofrecen en el cuadro 1 y en la figura 1.

Cuadro 1.- Efecto del nivel de lisina en lactación sobre el consumo de pienso y de lisina, variación de grasa dorsal, producción de leche y peso de los riñones, en cerdas con bajo y alto CM (Sauber et al., 1998).

Crecimiento magro (CM)	Bajo (240-280 g/d)				Alto (350-390 g/d)			
	0,58	0,77	0,96	1,15	0,58	0,77	0,96	1,15
Consumo pienso, kg/d ¹	4,7	4,13	4,21	4,41	4,95	5,35	4,77	5,42
Consumo lisina, g/d ²	27	32	40	51	29	41	46	62
Δ grasa dorsal, mm/d ³	-0,11	-0,18	-0,17	-0,18	-0,08	-0,10	-0,12	-0,11
Producción leche, kg/d ⁴	9,81	10,83	11,43	11,68	10,31	10,80	10,93	10,97
Peso riñones, g ⁵	373	358	370	376	364	420	469	498

^{1,2,3,5}CM, P<0,05. ^{2,5}Lys, P<0,05. ^{4,5}CM x Lys, P<0,07.

Figura 1.- Efecto del nivel de lisina en el pienso y el potencial de CM de las reproductoras en el crecimiento de camadas estandarizadas a 14 lechones durante una lactación de 28 días¹ (Sauber et al., 1998).



¹CM, P<0,05; Lys, P<0,01.

Las cerdas de alto CM afrontaron la lactación con más tejido muscular (92 vs 64 kg; P<0,01) y menos grasa dorsal (18 vs 32 mm; P<0,01) que las de menor CM. Las cerdas de alto CM comieron más pienso, lo que coincide con otros trabajos (Sinclair et al., 1996a), pero como ninguno de los genotipos comió lo suficiente para satisfacer su producción láctea, ambos perdieron peso. Ante la imposibilidad de movilizar mucho tejido graso, las cerdas de alto CM movilizaron tejido magro con el fin de aportar energía para la producción láctea, con lo cual la cantidad energética movilizada fue menor (de 3,17 a 4,22 Mcal/d en las de alto CM vs. de 5,03 a 8,09 Mcal EM/d en las de bajo CM), pasando a ser la energía limitante en la producción láctea con respecto a la lisina. Este hecho se vio reflejado en la interacción existente entre el nivel de lisina en la dieta y el potencial de CM en la producción láctea y en el peso de los riñones de las reproductoras (cuadro 1). Los incrementos en los consumos de lisina provocaron un aumento lineal en la producción láctea sólo en las cerdas con suficientes reservas grasas, en las que no se observó ningún cambio en el peso de los riñones. Sin embargo, las cerdas de alto potencial de CM no respondieron a los aumentos del consumo de lisina, incrementándose el peso de sus riñones con la ingesta de lisina. Este hecho fue interpretado por los autores como un aumento en el catabolismo proteico para la obtención de energía destinada a la producción láctea.

Sauber y sus colaboradores concluyen que en las cerdas de alto potencial de CM, es más limitante el aporte energético que el aporte aminoacídico para maximizar su rendimiento lácteo y el crecimiento de su camada. Por tanto, el aporte energético para las cerdas especialmente magras será crítico, y el nivel de lisina en el pienso también dependerá de la energía que la reproductora puede aportar de sus reservas.

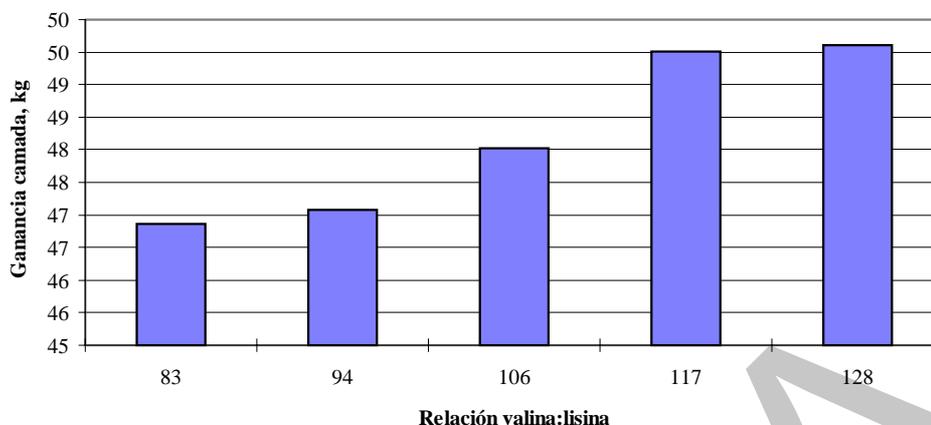
La conclusión, en general, es que para la optimización de los rendimientos reproductivos de cerdas con camadas de 10 lechones o más son necesarios al menos 45-50 g de lisina al día, incrementándose esta cantidad si las necesidades de crecimiento son altas, o si los crecimientos de las camadas son superiores a los 2 kg/d. Asimismo, habrá que considerar la cantidad disponible de energía de la cerda para la producción láctea, la cual dependerá del nivel de ingestión, de las características de la dieta, y de las reservas magras y grasas de que disponga la reproductora al afrontar la lactación.

Un aminoácido que en los últimos años ha abierto una gran polémica en la nutrición de la cerda reproductora es la valina. Los resultados de las investigaciones y las recomendaciones son muy diferentes entre autores. Así, el NRC en su edición de 1988 recomendaba 0,60% de valina en la dieta (un 100% del aporte de lisina). En su edición actualizada (1998), el NRC recoge las recomendaciones dadas por Pettigrew (1993) para los aminoácidos diferentes a la lisina, excepto para la valina, incrementando el valor relativo respecto a la lisina de 0,73% a 0,85%. El ARC (1981) y el INRA (1989) recomiendan 0,46 y 0,42% de valina en la dieta (70% de la recomendación de lisina en ambos casos), respectivamente. Sin embargo, los trabajos publicados en los últimos tres años inducen a la confusión. Trabajos más antiguos (Rousselow y Sepeer, 1980) recomendaban 0,68% de valina en una dieta que contenía 0,58% de lisina (relación valina:lisina = 117%) y Tokach et al. (1993) apuntaron su posible papel como aminoácido limitante en la producción láctea. Richert et al. (1996) compararon cinco relaciones valina:lisina (83, 94, 106, 117 y 128%) en dietas con 0,9% de lisina en cerdas que destetaron 10,2 lechones y consumieron 6,24 kg de pienso de media en la lactación. Los resultados apuntan hacia la necesidad de incrementar los aportes de valina, ya que se encontró un efecto lineal positivo ($P < 0,02$) sobre la ganancia de peso de la camada (figura 2).

Aunque la concentración de valina en la leche es tan sólo el 73% de la concentración de la lisina (Pettigrew, 1995), la extracción de valina por la glándula mamaria del torrente circulatorio es mayor que la cantidad excretada en la leche (Trottier *et al.*, 1994; Trottier et al., 1997), por lo que parece evidente que la glándula mamaria utiliza este aminoácido para otras funciones a parte de formar parte de las proteínas de la leche. Wohlt et al. (1977) demostraron que aproximadamente el 30% de la valina extraída por la glándula mamaria se catabolizaba a CO_2 , pero la hipótesis de que sea utilizada como fuente de energía es descartable pues no justifica el aumento de los rendimientos con las dosis incluidas. Otra función es el papel que la valina desempeña en la liberación de alanina (Chang y Goldberg, 1978) que, junto con el ácido glutámico, son los dos principales aminoácidos gluconeogénicos.

En la actualidad, se desconoce el papel que desempeña la valina en la glándula mamaria. Richert et al. (1997a) apuntan a que podría jugar un papel específico en la síntesis de otros aminoácidos no esenciales, o que podría actuar incrementando los niveles de prolactina o somatotropina (basados en los trabajos de Chugh et al. (1991) y de Daniel et al. (1991) en ratas y vacas, respectivamente).

Figura 2.- Efecto de la relación valina:lisina en la ganancia de peso de la camada (kg) a los 21 d¹ (Richert et al., 1996).



¹Efecto lineal de la valina, $P < 0,02$.

La capacidad productiva afecta a los requerimientos, y así en el caso de la valina, Richert et al. (1997a) evaluaron el efecto de tres relaciones valina:lisina (80, 100 y 120%) con dos niveles de lisina (0,80 y 1,2%) en dietas para cerdas en lactación. A primera vista, el nivel de valina no influyó en la ganancia de peso de la camada ($P=0,22$). Sin embargo, y tras un estudio más detallado de los datos, estos autores encontraron un nivel lineal ($P=0,04$) y cuadrático ($P=0,03$) de la inclusión de valina sobre la ganancia de peso de la camada, pero sólo en las cerdas que destetaban 10 ó más lechones, no encontrándose ningún efecto sobre este parámetro ni debido al nivel de lisina ni al nivel de valina en las cerdas que destetaban menos de 10 lechones (cuadro 2). Los resultados de este trabajo indican que en el caso de que los resultados de valina fueran mayores que los actualmente estimados (NRC, 1998), tendrían que ser revisados especialmente en cerdas de alta capacidad de producción láctea.

Con el trabajo de Touchette et al. (1998b) se ha incrementado la polémica sobre este aminoácido. Estos autores evaluaron cuatro niveles decrecientes de proteína (17,9, 16,9, 15,8 y 14,8%), manteniendo los niveles de lisina (0,91%) mediante el aporte de una fuente sintética de este aminoácido. Ante la evidencia de que al bajar la proteína en la dieta, otros aminoácidos esenciales empezarían a ser limitantes, se introdujo una quinta dieta con 15,5% de proteína, pero con metionina, treonina y triptófano sintéticos hasta alcanzar las mismas relaciones respecto a la lisina que en la dieta con 17,9% de proteína. Al bajar el nivel proteico disminuían los rendimientos, pero la adición de aminoácidos sintéticos a la última dieta no repuso la productividad. Los autores achacan este efecto a un déficit de valina debido a que en la dieta enriquecida con aminoácidos sintéticos fue el aminoácido limitante.

Cuadro 2.- Efecto de los niveles de lisina (Lys) y valina (Val) en las dietas de cerdas sobre la ganancia de peso de las camadas (kg/d) con menos de 10 ó con 10 ó más lechones (Richert et al., 1997a).

Lys, %	0,8			1,2		
Val:Lys, %	80	100	120	80	100	120
Lechones/camada						
≥10 ¹	2,18	2,12	2,28	2,36	2,29	2,55
<10	1,90	1,94	1,89	1,88	2,09	1,81

¹Lys, P<0,001; Val, lineal (P=0,04) y cuadrático (P=0,03).

Pero no sólo la valina parece tener un papel relevante en la producción láctea, sino que el resto de aminoácidos ramificados (leucina e isoleucina) también podrían desempeñar un papel importante. Richert et al. (1997b) encontraron un incremento significativo en la productividad de las cerdas al incrementar la valina y la isoleucina en dietas que contenían un 0,9% de lisina (cuadro 3). La ganancia de peso de las camadas fue incrementada significativamente por el nivel de valina y por el nivel de isoleucina. Este mayor crecimiento de las camadas exigió una mayor movilización de reservas, lo que causó un aumento significativo en la pérdida de grasa dorsal y de peso corporal al incrementar el nivel de ambos aminoácidos. Además, estos autores encontraron un efecto muy significativo del nivel de isoleucina sobre la composición de la leche (cuadro 3), ya que a niveles crecientes de este aminoácido aumentaba de forma lineal la materia seca, la proteína bruta y la grasa de la leche y aumentando así su valor nutritivo para los lechones.

Cuadro 3.- Efecto de los niveles de valina (Val) y de isoleucina (Ile) sobre la ganancia de peso (kg) de la camada al destete (21 d), pérdida de peso de las reproductoras y características de la leche (Richert et al., 1997b).

Val	0,72			1,07			1,42	P	
Ile	0,50	0,85	1,20	0,50	0,85	1,20	0,50	Val	Ile
Ganancia peso camada, kg	44,3	45,4	46,4	45,4	48,0	48,0	47,1	0,08	0,06
Δ grasa dorsal, mm	0,37	-0,14	-0,49	-1,11	-1,36	-1,34	-0,93	0,04	0,14
<i>Composición de la leche:</i>									
Materia seca, %	16,2	16,8	17,1	15,9	17,0	17,3	17,6	0,004	0,002
Proteína bruta, %	5,2	5,3	5,6	4,9	5,4	5,3	5,3	NS ¹	0,005
Grasa, %	5,8	6,0	6,7	5,9	6,4	6,7	6,9	NS	0,002

¹ NS: No significativo

Estos autores concluyen que existe un incremento en la ganancia de peso de las camadas al incrementar la valina, la isoleucina y el conjunto de los aminoácidos ramificados por encima de las recomendaciones actuales. Sin embargo, estos resultados respecto al efecto del nivel de los aminoácidos ramificados difieren de los aportados por Moser et al. (1998), quienes en un experimento factorial con dos niveles de valina (0,7 y 1,10%), dos niveles de leucina (1,55 y 1,95%) y dos niveles de isoleucina (0,85 vs 1,25%), sólo encontraron mejoras significativas en la ganancia de peso de la camada al incrementar el nivel de valina (42,7 vs 44,4 kg; $P < 0,05$).

Los últimos trabajos publicados con respecto a la valina apuntan hacia un aumento de las recomendaciones, especialmente en cerdas de alta productividad. Un problema adicional es el suministro de materias primas ricas en valina digerible, ya que la valina sintética es muy cara y poco disponible. De hecho, en los trabajos consultados sólo aparece como materia prima en el de Trottier et al. (1995). Matthews et al. (1998), no encontraron diferencias en la productividad de cerdas suplementadas con harina de plumas como fuente de valina, probablemente debido a su baja digestibilidad en esta materia prima.

Por tanto, se recomienda introducir los valores de valina de las materias primas, para conocer el nivel de este aminoácido en las fórmulas, e incrementarlo en el caso de que el coste sea pequeño. Futuras investigaciones definirán las necesidades de este aminoácido en cerdas lactantes

También se quiere recordar que el uso abusivo de aminoácidos sintéticos puede llevar a situaciones donde los niveles de proteína sean demasiado bajos, y el suministro de otros aminoácidos esenciales no aportados mediante derivados sintéticos llegue a ser limitante. Así, Libal et al. (1997) encontraron que la adición de triptófano sintético (0,05%) a una dieta rica en lisina (0,75%) pero pobre en proteína (11,5%) y triptófano (0,12%), ocasionó un mayor consumo y una menor pérdida de peso en las cerdas, sugiriendo que el triptófano fue limitante al 0,12%.

3.- CAPACIDAD DE INGESTIÓN

Uno de los factores limitantes en la porcicultura actual es la incapacidad de las cerdas lactantes de ingerir todo el alimento necesario para mantener su gran producción láctea. Por ello, las cerdas necesitan movilizar parte de sus reservas corporales para cubrir sus necesidades y, si la pérdida es excesiva (especialmente en cerdas jóvenes), la eficacia reproductiva se puede ver afectada (Mullan y Williams, 1989). Por tanto, se considera clave maximizar los consumos en lactación para obtener la máxima rentabilidad. Patience (1996) propuso la ecuación de predicción de capacidad de ingestión voluntaria (CIV) en función de los días de lactación (d) propuesta por el NRC (1988), que no ha sido modificada en la siguiente edición (NRC, 1998):

$$CIV(McalED / d) = 13 + (0,596 \times d) - (0,0172 \times d^2)$$

Sin embargo, existen multitud de factores que afectan a la CIV, entre los que destacamos:

- a) Factores fisiológicos: genética, mecanismos hormonales de control, número de parto, lechones destetados, duración de la lactación y estado sanitario, entre otros.
- b) Ingesta en gestación: tipo de dieta y cantidad consumida.
- c) Factores ambientales: temperatura, humedad y corrientes de aire.
- d) Factores relacionados con la dieta: excesos/deficiencias o desequilibrios entre nutrientes, densidad energética del pienso, nivel proteico, uso de antibióticos, palatabilidad, procesado de la dieta, contenido en fibra, etc.
- e) Disponibilidad de agua de buena calidad y con la temperatura adecuada.
- f) Diseño del comedero, número de comidas ofrecidas al día, accesibilidad, presentación y frescura del pienso.

De estos factores, por las características de España y por su repercusión práctica, se destacan el estrés por calor y la ingesta de pienso en gestación.

3.1.- Estrés por calor

Dadas las elevadas temperaturas requeridas para la supervivencia y para el óptimo rendimiento de los lechones, las cerdas en lactación están sometidas a temperaturas por encima de las consideradas óptimas para la producción. La ventilación en las salas de parto y las corrientes deben estar muy controladas por el impacto negativo que éstas pueden ejercer sobre los lechones. Sin embargo, se crea un ambiente que afecta de forma negativa la CIV, siendo deseable la existencia de dos microambientes diferentes uno para las reproductoras y otro para los lechones.

Mullan (1991) estableció que cada grado centígrado por encima de los 20 °C reduce el consumo 2,4 MJ ED ó 0,17 kg/d de pienso. A temperaturas superiores a los 30°C, que fácilmente se alcanzan en las granjas españolas durante el verano, el descenso en el consumo puede ser sensiblemente mayor. Así, Barb et al. (1991) describieron un fuerte descenso en el consumo de pienso desde 6,1 a 2,9 kg/d por el efecto del estrés por calor. Este descenso en el consumo aumenta el intervalo destete-cubrición y la pérdida de peso de las reproductoras (Mullan y Williams, 1989), y reduce la producción láctea y el crecimiento de los lechones (Vidal et al. 1991), como puede apreciarse en el cuadro 4.

Los efectos de las altas temperaturas sobre la CIV pueden reducirse si la cerda pierde calor evaporando agua en la piel. McGlone et al. (1988) encontraron que con temperaturas superiores a 29 °C, el enfriamiento por goteo redujo las pérdidas de peso (27 vs 9 kg, P<0,01) de las reproductoras durante 28 d de lactación.

Por tanto, puede ser interesante la implantación de sistemas de enfriado por goteo, sobre todo en las explotaciones en las que se alcancen temperaturas extremadamente altas durante el verano.

Cuadro 4.- Efecto del estrés por calor sobre la productividad de cerdas lactantes y sus camadas^{1,2} (Vidal et al., 1991).

	Temperatura, °C	
	20	30
Consumo, kg/d	7,6	4,9
Pérdida peso, kg	6,4	21,6
Producción láctea, kg/d	10,3	6,6
Crecimiento lechones, g/d	226	167

¹Todos los parámetros fueron afectados significativamente (P<0,05).

²Duración de la lactación: 27 d.

3.2.- Influencia del consumo en gestación sobre el consumo en lactación y nuevas estrategias nutricionales

La correlación negativa del consumo entre las fases de gestación y de lactación es bien conocida. Yang et al. (1989) establecieron la siguiente relación para lactaciones de 28 d:

$$L = a + b G$$

donde L es el consumo en lactación en kg, G es el consumo en gestación en kg, y a y b son 172; 237; 219 y 240 kg y -0,097; -0,246; -0,162 y -0,209 en los partos del 1 al 4^ψ, respectivamente.

Asimismo, Dourmad (1991) encontró, aunque con una correlación pobre, que el consumo en lactación (28 d) se reducía al aumentar el espesor de grasa dorsal (EGD, mm), y aumentaba con la energía contenida en la leche producida (EL, MJ), según la siguiente relación:

$$CIV(g / d) = 4.411 - [56,5 \times EGD(mm)] + [46 \times EL(MJ)] \quad R^2=0,34 \quad P<0,01$$

En este mismo trabajo se estudiaron 3 niveles de ingestión en la fase de gestación (1,8; 2,25 ó 2,7 kg de una dieta con 13,26 MJ/kg MS) sobre los rendimientos en la fase de lactación. Los resultados de este trabajo muestran que una alimentación excesiva en la fase de gestación incrementa el peso de la reproductora en el momento del parto, pero durante la lactación las reproductoras consumen menos pienso y pierden más peso (cuadro 5 y figura 3).

^ψ Las desviaciones standard fueron: 24,8, 28,8, 22,7 y 22,7 kg para los partos del 1 al 4, respectivamente

Cuadro 5.- Efecto del nivel de ingestión en gestación sobre los rendimientos y cambios en composición corporal en la fase de lactación¹ (Dourmad, 1991).

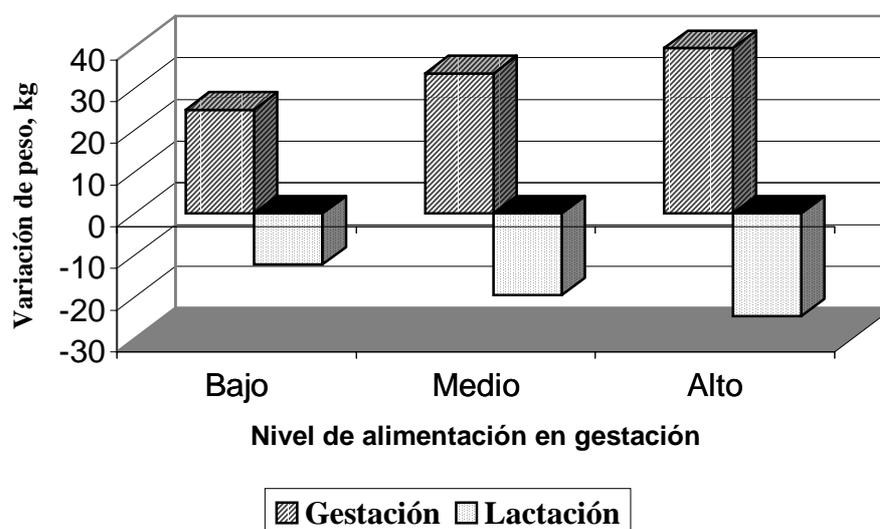
	Consumo en gestación ²		
	1,80	2,25	2,70
<i>Consumo lactación</i>			
semanas 1-2	4,62 ^a	4,72 ^a	3,85 ^b
semanas 1-4 ³	4,89	4,73	4,30
<i>Espesor grasa dorsal, mm</i>			
Monta	19,4	18,4	17,8
Δ en gestación	4,2 ^a	8,0 ^b	11,4 ^c
Δ en lactación	-8,2	-10,2	-11,4
Δ monta-destete	-4,1 ^a	-2,2 ^b	-0,0 ^c

¹Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

²Dieta con 3.180 kcal ED/kg MS

³Efecto del nivel de ingestión, P<0,10.

Figura 3.- Efecto del nivel de alimentación en gestación¹ sobre la variación de peso (kg) en gestación y lactación² (Dourmad, 1991).



¹Dieta con 3.180 kcal ED/kg MS

²P<0,01 en ganancia y pérdida de peso en gestación y lactación.

Durante la gestación debe restringirse la ingesta de pienso pero una restricción excesiva, especialmente en la última fase de este período, puede ocasionar tantos problemas como un exceso. Dourmad (1991) indicó que las cerdas con mayor restricción de pienso no fueron capaces de acumular suficientes reservas grasas, y dado que la pérdida de grasa dorsal durante la lactación fue semejante para todos los

tratamientos, su eficacia reproductiva se vió afectada y, de hecho, la aparición del celo antes de 10 días fue menor (53% vs 80%).

Pero no sólo el peso vivo debe ser considerado, también la composición corporal afecta a la CIV. Revell et al. (1998), comparando cerdas grasas (G) o magras (M) con 340 ó 280 g grasa/kg de peso vivo, respectivamente, y con semejantes pesos al parto, observaron una reducción del 30% en el consumo y una mayor pérdida de grasa dorsal en las cerdas G, efectos que fueron acompañados por niveles mayores de ácidos grasos no esterificados y de glicerol en sangre, 70 y 30% mayores, respectivamente ($P < 0,01$ y $P < 0,15$). Los autores concluyen que la CIV está correlacionada negativamente con el grado de engrasamiento de la reproductora en el momento del parto, probablemente por un exceso de ácidos grasos no esterificados en sangre.

Por otro lado, Mahan (1998) comparó dos programas de ingestión de pienso en gestación (1,81-2,17 vs. 1,94-2,30 entre el 1° y el 5° parto, respectivamente) y dos niveles de proteína en la dieta (13 y 16%), y observó una mejora del peso, espesor de la grasa dorsal, número de lechones al nacimiento y al destete, cuando las cerdas consumieron el nivel alto de ingestión en gestación. Además recomendó un 16% de proteína bruta en primerizas y un 13% en partos posteriores.

En vista de los resultados de estos trabajos, se concluye que la restricción durante la gestación debe ser juiciosa e individualizada, en función del estado de carnes de la reproductora, buscando una buena condición corporal (6/10) al parto (Whittemore, 1993), evitando cerdas demasiado gordas o delgadas o demasiado grasas, y no comprometiendo el crecimiento en el caso de primerizas.

Diversos trabajos recientes comparan diferentes metodologías para incrementar la ingesta en lactación. Genest y D'Allaire (1995) evaluaron el suministro de 2 ó 3 comidas al día de alimento húmedo o seco en cerdas primíparas en lactación. Sólo el pienso en húmedo incrementó significativamente el consumo en un 5% en el conjunto de la lactación. Aunque estos autores no observaron un aumento del consumo con el incremento de número de comidas al día, señalan que esta metodología podría ser útil en situaciones de estrés térmico. La hiper-alimentación artificial en primíparas lactantes mediante cánulas (Pluske et al., 1995), aumentó el peso vivo y la grasa dorsal de las cerdas, pero no afectó al rendimiento lácteo ni al tamaño o al crecimiento de las camadas. Neil (1996) no obtuvo ningún beneficio al retrasar 3 días post-parto la administración de la dieta *ad libitum*, respecto a suministrarla al parto ó 4 días antes, ya que los consumos durante el período experimental (5 días antes del parto hasta el destete a los 35 d) fueron 7,2; 7,2 y 6,6 kg para la administración de la dieta *ad libitum* 4 días antes, el mismo día ó 4 días después del parto, respectivamente.

Varios autores (Neil y Ogle, 1996; Neil et al., 1996) compararon sistemas de alimentación *ad libitum* y restringida creciente en lactación, obteniendo mejores

resultados cuando las cerdas comían pienso *ad libitum*, pues durante las primeras fases y en el conjunto de la lactación el consumo fue mayor.

Por otro lado, Koketsu et al. (1997a) encontraron que altos niveles de ingestión (> 5,7 kg) disminuían el efecto negativo de las lactaciones demasiado cortas y que reducía el porcentaje de cerdas cuyo intervalo destete-monta era mayor a 6 días. Asimismo, Koketsu et al. (1997b) relacionaron el consumo de pienso acumulado en lactación con un incremento en la secreción de LH, mediado por la concentración de insulina y glucosa en sangre, el cual disminuía el intervalo destete-celo.

De todos los nuevos sistemas, sólo la introducción de más de dos comidas al día y la humidificación del pienso en determinadas circunstancias, parece que podrían aumentar el consumo de pienso. El interés de su aplicación debe ser contrastado con la complicación que suponen en el manejo. Otras técnicas (suplementos energético-proteicos, aromas, etc) deberán ser evaluadas en el futuro.

4.- DIETAS ALTAS EN FIBRA PARA GESTANTES

Un exceso de consumo energético en la fase de gestación tiene un efecto negativo sobre los rendimientos en la fase de lactación, ya que provoca menores consumos, disminuye la eficacia de la producción láctea e incrementa el intervalo destete-celo (Pond y Maner, 1984; Libal, 1991). Por tanto, a nivel práctico, la restricción de las cerdas gestantes es una práctica muy extendida y el uso de dietas concentradas para gestantes suele ir acompañada de una restricción aproximada de entre 50-60% (Mroz y Tarkowski, 1991).

No obstante, una restricción excesiva de pienso puede provocar un empeoramiento del estado de condición corporal de las cerdas gestantes (Terlouw et al., 1991), generando en ocasiones diferentes estereotipos (Appleby y Lawrance, 1987), e incluso produciendo comportamientos agresivos por la competencia del alimento si son alojadas en grupos (Edwards, 1992).

Para intentar paliar estos problemas, una solución sencilla es el suministro del alimento *ad libitum*, pero de forma que las cerdas fuesen capaces de regular su consumo. En este sentido, dietas muy ricas en fibra, ofrecidas *ad libitum*, pueden ser capaces de limitar el consumo de energía a niveles aceptables. En general, no se han encontrado efectos negativos por la inclusión de fibra en las dietas de gestación sobre los rendimientos de las reproductoras (Carter et al., 1987), o se han encontrado efectos beneficiosos (Matte et al., 1994). Asimismo, dietas muy ricas en fibra podrían incrementar la dilatación del sistema digestivo, aumentando la capacidad de ingestión durante la fase de lactación y disminuir los problemas de estreñimiento en las cerdas, y la incidencia del síndrome de mastitis, metritis y agalaxia (Thacker, 1990).

Matte et al. (1994) compararon tres niveles de voluminosidad del pienso de gestación mediante la inclusión de salvado de trigo (ST) o cascarilla de avena (CA). El experimento fue llevado a cabo durante dos ciclos con una dieta de lactación común. Estos autores encontraron que las cerdas que consumían las dietas más voluminosas mostraban mayores consumos en la fase de lactación. Esta mayor capacidad de ingestión la achacaron a la adaptación del sistema digestivo de las cerdas a mayores volúmenes de ingesta, necesarios para la fase de lactación. Así, calcularon la relación entre el volumen de pienso diario ingerido durante la lactación y durante la gestación en el segundo parto, y obtuvieron un 302, 161 y 131% para la dieta control (maíz-soja) y las dietas con subproductos fibrosos (ST y CA), respectivamente.

En un trabajo más reciente, Farmer et al. (1996) constataron este efecto (dieta de gestación voluminosa vs no voluminosa) en un experimento, en el cual además comparaban el número de comidas suministradas en lactación (2 vs 4) y la inyección de 1 mg de un análogo del factor de liberación de la hormona de crecimiento (GRF) en un diseño factorial (2 x 2 x 2). Las dietas suministradas en gestación tenían 4,1 y 15,3% de fibra bruta, a base de cascarilla de avena (CA). El efecto de la ingestión de la dieta alta en fibra y sus interacciones con el resto de efectos del diseño sobre la ingesta en lactación y el peso de la camada a los 21 días se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6.- Efecto de la ingestión de una dieta alta en fibra en gestación, del número de comidas al día, y de la inyección de GRF sobre el rendimiento de cerdas lactantes en 28 días de lactación (Farmer et al., 1996).

Dieta gestación	Control				Fibrosa			
	2		4		2		4	
Comidas/d								
GRF	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí
Ingesta (kg/d) ¹	4,8	4,0	5,1	4,0	5,3	4,5	5,0	4,4
Peso camada ²	5,4	5,2	5,2	6,0	5,4	6,2	5,7	5,9

¹Dieta gestación (P<0,03); ²GRF (P<0,10)

El consumo de la dieta rica en fibra durante la gestación resultó además en una mayor producción láctea (8,8 vs. 8,0 kg/d; P≤0,10) y un menor consumo de agua durante la gestación que, asimismo, podría reducir la producción de purines en las granjas de reproductoras.

Distintas materias primas ricas en fibra han sido testadas en los últimos años para comprobar su capacidad de limitar la ingesta *ad libitum* de las cerdas gestantes cuando son incluidas en las dietas. Una materia prima que ha despertado un gran interés en este sentido es la pulpa de remolacha (PR). Brouns et al. (1992a) observaron que la inclusión de un 50% de PR en dietas para cerdas gestantes provocaba un aumento en el tiempo de ingesta de las reproductoras, provocando una sensación de saciedad que

disminuía con el tiempo post-ingesta. Estos mismos autores (Brouns et al., 1992b), constataron que la inclusión de niveles crecientes de PR en dietas para cerdas gestantes desde 40 a 65% limitó el consumo de las mismas entre 3 y 5 kg/d, aunque el consumo total de PR fue más o menos constante (2 kg/d, como media). Una fracción importante de la PR es digerida en el intestino grueso por la flora bacteriana residente en el mismo, ya que la inclusión de antibióticos redujo la digestibilidad total pero no afectó ni al consumo ni a la digestibilidad ileal (Brouns et al., 1992b). Brouns et al. (1994) compararon el efecto de diferentes tipos de fibra sobre los niveles sanguíneos de glucosa e insulina. Una dieta basal fue suplementada por igual cantidad de energía proveniente de almidón, PR o salvado de trigo (ST). Los picos plasmáticos de glucosa e insulina fueron mayores para el almidón, intermedios para ST y menores para la PR, lo que indica un aporte más constante de nutrientes que produciría una sensación de saciedad más prolongada.

Comparada con otras fuentes de fibra, la PR es la de mayor digestibilidad, tanto de la energía como de la fibra (Yan et al., 1995; Brouns et al., 1995). Además es la materia prima fibrosa que mejor regula el consumo de las cerdas gestantes alimentadas *ad libitum* (cuadro 7). Respecto al nivel de inclusión necesario para regular el consumo *ad libitum*, parece que son necesarios al menos porcentajes superiores al 50% (Brouns et al., 1995), como aparece en el cuadro 8.

Cuadro 7.- Efecto del tipo de fibra sobre el consumo y la digestibilidad de la energía (CDE) y de la fibra neutro detergente (CDFND) (Brouns et al., 1995).

	Dieta ¹					
	PR	PC	CA	RM	SA	ST
% en la dieta	65	36	37	46	61	67
Ingesta pienso (kg/d) ^a	2,3	6,4	7,7	6,8	7,6	7,1
Ingesta energía (MJ ED/d) ^a	24,6	57,0	79,0	70,1	70,8	72,9
Cambio de peso (21 d) ^a	2,2	41,8	47,7	46,7	40,8	39,2
CDE, % ^a	77	58	65	74	61	69
CDFND, % ^a	84	33	35	51	40	51

¹PR: pulpa de remolacha; PC: paja de cebada; CA: cascarilla de avena; RM: residuos de malta; SA: salvado de arroz; ST: salvado de trigo. ^aP<0,01.

Cuadro 8.- Efecto del nivel de inclusión de pulpa de remolacha (PR) sobre el consumo y la ganancia de peso de cerdas gestantes durante 21 d (Brouns et al., 1995).

	% de PR en la dieta			
	40	50	58	65
Ganancia peso ^a , kg	50,4	21,0	20,9	13,6
Consumo kg/d ^a	5,0	4,1	3,5	3,0
Consumo MJ ED/d ^a	58,3	45,8	38,8	32,1
Consumo PR, kg/d	2,0	2,0	2,1	1,9

^aP<0,05

Una posible explicación a este fenómeno fue apuntada por Day et al. (1996) quienes demostraron que la capacidad de ingestión está correlacionada negativamente con la capacidad de absorción de agua (CAA) de los alimentos (aunque el efecto disminuye con el tiempo), ya que observaron que el tipo de dieta no afectaba a la motivación para comer antes de la primera ingesta de cada día, pero que a mayor CAA el apetito disminuía después de la primera comida.

Asimismo, Brouns et al. (1997) diseñaron una experiencia para evaluar el efecto de la inclusión de 50% de PR sobre la capacidad de ingestión y el tiempo requerido para comer en cerdas gestantes y observaron que las cerdas necesitaban entre 3 y 4 veces más tiempo para comer la misma cantidad. El hecho de que el tiempo requerido por la cerda para comer la dieta sea mayor con dietas ricas en PR, contribuye al bienestar de las cerdas y disminuye el estrés que provoca la restricción de pienso.

Sin embargo, recientes investigaciones (Whittaker et al., 1998) han demostrado que en cerdas alojadas en grupo, ni la existencia de paja en el suelo ni la inclusión de PR (60% de la dieta), aminoran el nivel de agresión entre las cerdas. La introducción de elevados porcentajes de fibra de forma súbita no es recomendable, pero en el caso de su viabilidad económica y disponibilidad, la introducción en las fórmulas de gestantes de niveles crecientes de PR parece una práctica interesante. Por otro lado, Spoolder et al. (1996) evaluaron el efecto del suministro de paja a las reproductoras durante la gestación en dos ciclos reproductivos, con dos niveles de ingesta de pienso (1,7 vs. 3,1 kg/d), y comprobaron que el suministro de paja provocó un ligero aumento de peso y de grasa dorsal en el caso de las cerdas alimentadas con un menor nivel de energía. Como síntesis, en el cuadro 9 se resumen los principales efectos y beneficios de la inclusión de subproductos fibrosos en dietas para cerdas gestantes y las posibles causas que generan dichos efectos.

Cuadro 9.- Inclusión de altos niveles de productos fibrosos en dietas para cerdas gestantes: efectos y sus causas.

<i>EFFECTOS/BENEFICIOS</i>
<ul style="list-style-type: none"> - ↑ consumo en lactación ⇒ ↑ rendimiento de camada - Bienestar de las cerdas. Mayor sensación de saciedad. - ↓ MMA - ↓ Consumo de agua ↓ purín - ↓ % de reposición - ↓ estreñimiento
<i>CAUSAS</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Palatabilidad (según fuente) - Suministro más lento, pero más continuo de nutrientes → saciedad más prolongada. <ul style="list-style-type: none"> - Distensión del intestino. - Capacidad de absorción de agua. - ↑ tiempo de ingesta (masticación/salivación). - Fermentación ⇒ ↓ apetito (Farningham y Whyte, 1993).

5.-VITAMINAS, MICROMINERALES Y ADITIVOS

En este apartado se hace una revisión muy breve de lo publicado en los últimos años, sin un estudio profundo del papel de estos micronutrientes en la alimentación de la cerda reproductora.

5.1.- Vitaminas

Los mayores rendimientos actuales de las reproductoras pueden ocasionar unos mayores requerimientos vitamínicos que los actualmente recomendados. Por otra parte, en ocasiones se buscan los efectos beneficiosos de una extrasuplementación vitamínica en el campo reproductivo.

5.1.1.- Vitamina A

Diversas experiencias han constatado diversos efectos de esta vitamina en el plano reproductivo. La suplementación con vitamina A incrementó el número de embriones al día 11 post-monta y tendió a incrementar la tasa de supervivencia embrionaria en cerdas destetadas prematuramente (Tonn *et al*, 1995). Sin embargo, la extrasuplementación con vitamina A antes de la aparición del celo no influyó en la capacidad uterina durante la primera gestación (Vallet y Christenson, 1996). Whashington *et al*. (1997) no obtuvieron beneficios ni en el número de embriones ni en su tasa de supervivencia al inyectar 10^6 U.I. de vitamina A en el momento de la monta en cerdas primerizas alimentadas *ad libitum*. Más recientemente, Darroch *et al*. (1998) evaluaron el efecto de la administración de vitamina A en cerdas reproductoras mediante la inyección de $0,5 \times 10^6$ U.I. (A50), $0,25 \times 10^6$ U.I. (A25) ó suero (A00) en los momentos de destete y monta. El tratamiento no afectó al número de lechones nacidos vivos pero las cerdas tratadas con vitamina A mostraron un mayor número de lechones destetados (9,3 vs 8,6; $P=0,09$, para la media de A25 y A50 y para A00, respectivamente).

5.1.2.- Vitamina E

La vitamina E pasa de forma muy poco eficiente a través de la placenta y, por tanto, los lechones la consumen fundamentalmente en el calostro y la leche. Los niveles de adición de vitamina E al pienso de reproductoras han sido discutidos en los últimos años, y ha tenido como resultado un incremento en las nuevas recomendaciones del NRC (1998) de un 100% en las dietas de cerdas gestantes y lactantes, pasando de 22 mg/kg (NRC, 1988) a 44 mg/kg (NRC, 1998).

Varios autores no consideran necesario un aumento en las dosis de vitamina E, por no encontrar ni respuesta productiva (Carrión *et al*., 1995) ni un aumento del nivel de vitamina E en la sangre de los fetos (Farnworth *et al*., 1995). Sin embargo, otros autores destacan diversos beneficios, como son un aumento de la tasa de supervivencia

de los lechones al aumentar el contenido en vitamina E del calostro cuando se suplementaba el pienso de las reproductoras (Mahan, 1991), una mejora del estado inmunitario de las cerdas gestantes (Wuryastuti et al., 1993) e incluso una reducción del síndrome MMA⁴ con una mejora de los rendimientos de las camadas (Mahan, 1994).

5.1.3.- Ácido fólico

Los requerimientos de esta vitamina han sido muy estudiados en reproductoras en los últimos años, lo que ha provocado un aumento en las recomendaciones del NRC (1998) de 0,3 mg/kg a 1,3 mg/kg (NRC, 1998). Matte y Girard (1995), observaron que las necesidades de ácido fólico aumentaban a lo largo de la fase de gestación, obteniendo el óptimo con 10,1 mg/kg. Matte et al. (1996) encontraron un incremento en la tasa de supervivencia embrionaria en cerdas suplementadas (15 mg/kg) dos semanas antes del estro hasta 15 días post-monta, respecto a las no suplementadas. Harper et al. (1996) encontraron un mayor desarrollo fetal en cerdas suplementadas con 2 mg/kg tras 42 días de gestación, probablemente debido a su papel en la síntesis de ácidos nucleicos y ciertos aminoácidos y a cambios en la secreción de prostaglandinas uterinas. Esta hipótesis no pudo ser confirmada por Duquette et al. (1997), sugiriendo estos autores que el mecanismo de actuación de esta vitamina estaba más asociado a un aumento en la prolificidad de las cerdas. Por otro lado, Grieshop et al. (1998) encontraron que la suplementación con 8 mg/d de ácido fólico en gestación en cerdas que habían recibido dosis muy pequeñas (0,28 mg/kg de ácido fólico, 1,9 kg de pienso/d) durante 98 días, no afectó ni al tamaño ni al peso de la camada, aunque sí encontraron un efecto positivo sobre la capacidad inmunitaria de los lechones.

5.1.4.- Riboflavina

La posibilidad de que altas dosis de riboflavina aumentasen el tamaño de la camada fue evaluado por Pettigrew et al. (1996), quienes observaron un incremento en la fertilidad cuando suministraban altas dosis diarias de riboflavina durante 21 días post-concepción, pero no encontraron ningún efecto en el tamaño de la camada. De hecho, la nueva edición del NRC (1998) conserva las mismas recomendaciones que en la anterior edición (3,75 mg/kg).

5.1.5.- Piridoxina

El efecto de una extrasuplementación (15 ppm) de las recomendaciones del NRC de 1988 (1 ppm) fue evaluado por Knights et al. (1997), encontrando sólo tendencias a disminuir el intervalo destete-cubrición fértil y la retención de nitrógeno durante la gestación. Al igual que en el caso de la riboflavina, la versión del NRC (1998) mantiene sus recomendaciones para esta vitamina.

⁴ Mastitis, metritis y agalaxia

5.2.- Micromineales

5.2.1.- Cromo

El NRC (1988, 1998), el INRA (1989) o el ARC (1981) no dan requerimientos mínimos para el cromo, aunque en la nueva edición del NRC se reconoce su esencialidad. Lindemann et al. (1995a,b) observaron un incremento en el tamaño de la camada al nacimiento (11,8 vs 9,6 lechones; $P < 0,03$) y al destete (11,3 vs 8,1 lechones; $P < 0,02$) en cerdas suplementadas durante toda su vida con 200 ppb de picolinato de cromo. Asimismo, encontraron menores niveles plasmáticos de insulina en sangre, sugiriendo una mayor eficacia de esta hormona en las cerdas suplementadas. Este hecho coincide con los datos aportados por García et al. (1997), quienes observaron que la adición de picolinato de cromo redujo las relaciones insulina/glucosa dos horas después de la ingesta de pienso.

5.2.2.- Selenio

Las recomendaciones del NRC (1988, 1998) y del INRA (1989) para el selenio son de 0,15-0,16 mg/kg, aunque en la práctica, muchas de las dietas contienen 0,3 mg/kg. Mahan y Kim (1996) comprobaron que, aunque la suplementación con 0,1 ó 0,3 mg/kg de selenio no afectó a los parámetros reproductivos, los contenidos en selenio de la leche de las cerdas y las reservas en los lechones eran incrementados por el mayor de los niveles. Dado que la falta de selenio afecta al sistema inmunitario (Wuryastuti et al., 1993), parece interesante ir a niveles altos de selenio, siempre teniendo en cuenta los niveles incluidos de vitamina E y considerando los problemas de contaminación ambiental que se pueden generar.

5.3.- Aditivos

La utilización de agentes antibióticos, como reguladores de la flora intestinal y promotores de crecimiento, ha sido una práctica habitual en los últimos decenios en los piensos de ganado porcino. Sin embargo, su uso genera dos grandes problemas, la existencia de residuos en la carne y la creación de resistencias de organismos patógenos a dichos antibióticos. La búsqueda de nuevos aditivos no antibióticos que posean un efecto regulador de la flora, ha sido intensa en los últimos años, y debido a la tendencia a un menor uso de antibióticos que en los últimos años se está viviendo en la Unión Europea, parece que este tipo de aditivos podrían tener un mercado a medio plazo en las dietas de ganado porcino.

Veum et al. (1995) no encontraron diferencias en la digestibilidad de los nutrientes ni en los rendimientos reproductivos de cerdas suplementadas con 0; 0,5; 1 ó 2% de un suplemento de cultivo de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Jurgens et al. (1997) observaron una mejora en la ganancia de peso y en el índice de transformación

de lechones, que recibían concentrado de levaduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*) tanto ellos como sus madres a tres diferentes dosis (0; 0,1 y 0,2% en gestantes; 0; 0,15 y 0,3% en lactantes; 0; 0,20 y 0,40% en dietas prestarter y 0; 0,125 y 0,25% en dietas starter, respectivamente). Asimismo, la leche de las reproductoras suplementadas con el concentrado de levaduras vivas contuvo más sólidos, proteína y γ -globulinas. El efecto de la adición de *Bacillus licheniformis* y/o *Bacillus subtilis* ha sido recientemente estudiada por Kreuzer y Zerhuesen (1995) y por Maruta et al. (1996), obteniendo ligeras mejoras en las pérdidas de peso de las reproductoras en el caso de los primeros autores, y un aumento de la humedad en heces y un descenso de diarreas en lechones mamando de cerdas suplementadas con este aditivo, en el segundo caso.

La utilización de carnitina ha sido investigada recientemente en cerdas reproductoras, como agente estimulante de la movilización de reservas grasas y para la disminución de la movilización de proteína corporal. Musser et al. (1997a) observaron un incremento en el peso de los lechones al nacimiento y al destete al adicionar 50 ppm de carnitina a la dieta de gestantes, pero no observaron ningún efecto (Musser et al., 1997b) al añadir carnitina a la dieta de lactantes. Sin embargo, Sower et al. (1998) no obtuvieron los resultados esperados al suplementar el pienso de lactación (limitante en energía, 8 Mcal EM/d) con 100 ppm de carnitina, ya que encontraron una menor producción de leche y un menor crecimiento de las camadas con la dieta suplementada con carnitina que con la dieta control.

La betaína es un compuesto de amonio cuaternario con tres grupos metilos unidos a un átomo de nitrógeno. Además de aumentar la resistencia osmótica de las células bajo estrés (evitando la pérdida de agua), es capaz de donar grupos metilo, pudiendo reemplazar parcialmente a la colina o a la metionina en la dieta. Asimismo induce la movilización de lípidos del hígado, lo que podría ser beneficioso en dietas de cerdas lactantes. Cadogan et al. (1993) observaron una reducción de espesor de grasa dorsal (17,6 vs 15,0 mm, $P < 0,05$) en cerdas primíparas suplementadas con betaína. Asimismo, Campbell et al. (1997) encontraron que la suplementación con betaína de la dieta de cerdas lactantes no aumentó ni el consumo ni el crecimiento de los lechones, pero aumentó el tamaño de la siguiente camada.

6.- UTILIZACIÓN DE NUEVAS RAZAS Y CRUCES

Como ya se ha comentado, es necesario formular dietas en función de la productividad de las reproductoras, de tal forma que sólo se podrán conseguir los niveles de producción potencialmente alcanzables (en función de la capacidad genética), si el aporte de nutrientes es suficiente, dependiendo éste tanto del diseño del pienso como de la ingesta del mismo por los animales.

La selección genética llevada a cabo, buscando mejoras en el índice de conversión y en la reducción de la grasa dorsal, ha hecho que las cerdas actuales sean más magras.

Sin embargo, uno de los caracteres más buscados, la prolificidad, tiene una heredabilidad muy baja, y los avances son lentos y muy costosos, aunque en los últimos años se han conseguido importantes progresos mediante esquemas de selección para cerdas hiperprolíficas. Otra posibilidad es la utilización de razas chinas hiperprolíficas, como la Meishan. El problema es que estas cerdas están muy poco seleccionadas y son muy grasas en comparación con las líneas blancas comúnmente utilizadas en Europa y Norteamérica. El manejo de la alimentación con estas razas y sus cruces debe tener en cuenta las diferencias en el potencial genético y las características productivas de esta raza. Haley et al. (1995) encontraron que las cerdas Meishan tenían una prolificidad de entre 3 ó 4 lechones más que las hembras Large White, y que sus cruces F1 tenían la misma prolificidad o ligeramente mayor que las hembras Meishan (efectos aditivo y heterosis). En este estudio sólo se evaluó la prolificidad. Sinclair et al. (1996b) evaluaron la utilización de esta raza en un experimento con dos niveles de proteína (17,8% vs 13,6%), dos números de parto (1 vs. 3) y dos líneas genéticas (Meishan (M) sintética -50% Meishan- vs blancas (B) hiperprolíficas -50% Landrace y 50% Large White-). Algunos de los resultados de esta experiencia se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10.- Efecto de la línea genética, número de parto y nivel de proteína sobre los rendimientos en lactación (Sinclair et al,1996b).

	Línea		Proteína		Número parto	
	Meishan	Blanca	17,6	13,6	1	3
Peso vivo al parto, kg ^{a,c}	194	236	213	218	193	238
Δ peso lactación, kg ^{a,b,d,e}	16,2	11,9	18,5	9,6	14,5	13,6
Δ grasa dorsal, mm ^a	6,5	2,6	4,8	4,3	4,9	4,2
Consumo, kg/d ^{a,c}	7,33	6,98	7,28	7,03	6,85	7,47
Nº lechones, nacidos ^a	13,8	11,4	12,7	12,5	12,3	13,0
Nº lechones, destete ^a	12,4	9,5	11,2	10,7	11,1	10,8
Peso camada, destete ^{a,b,d,e}	100,6	88,8	90,6	98,8	92,2	97,2

^aRaza; P<0,05. ^bNivel proteína; P<0,05. ^cNº parto; P<0,05. ^dRaza x nivel proteico; P<0,05. ^eRaza x nº parto; P<0,05.

Aparte de los efectos más o menos conocidos de la utilización de la raza Meishan y sus cruces, como son el menor peso al nacimiento, más grasa, mayor prolificidad y menor peso de los lechones al nacimiento, de los aspectos más interesantes de este trabajo es la respuesta de las cerdas M al nivel proteico de la dieta. Los resultados ofrecidos en el cuadro 11, muestran que las cerdas M responden al nivel proteico de la dieta en mayor medida que las cerdas B, incrementando el peso de la camada. Los autores explican estos resultados con tres hipótesis:

a) Las cerdas M tienen más mamas funcionales y mayor producción láctea (afectada por el tamaño de la camada).

b) Las mayores reservas grasas aportan la energía necesaria para la óptima utilización de la proteína ingerida.

c) Las cerdas M dan más prioridad a la producción láctea que a la deposición corporal y, además, alcanzan la madurez antes que las cerdas B, por lo que disponen de una mayor parte de la proteína ingerida para la producción láctea.

Cuadro 11.- Efecto del nivel de proteína (17,6% vs 13,6%) sobre el peso de la camada (kg) en cerdas Meishan o Blancas hiperprolíficas en tercer parto (Sinclair et al.,1996b).

Peso camada (kg)	Meishan		Blancas	
	13,6% PB	17,6% PB	13,6% PB	17,6% PB
día 1	17,3	17,6	19,1	15,6
día 7	29,5	35,6	31,0	27,1
día 14	45,8	57,6	45,6	39,6
día 21	62,0	74,9	61,1	60,3
día 28	74,6	101,1	75,7	72,0
día 35	91,6	120,5	90,1	86,5

En un estudio posterior, Sinclair et al. (1997) repitieron el mismo experimento con 2 razas (M ó B), 2 niveles de proteína (18 y 24%) y 2 grados de reservas grasas al parto (23 ó 28 mm). Los efectos de la raza fueron semejantes a los encontrados en la anterior experiencia (mayor prolificidad, menor peso de los lechones al nacimiento, menor peso de la reproductora al parto, y mayor pérdida de peso durante la lactación para las cerdas M). Las cerdas M con mayor tejido graso perdieron más grasa que las de menor tejido graso, efecto que no se observó en las B, siendo significativa la interacción raza x tejido graso ($P < 0,05$). Asimismo, en las cerdas M fue mayor el consumo de pienso (7,04 vs 5,52 kg/d; $P < 0,001$) y el crecimiento de las camadas (2,32 vs 1,97 kg/d; $P < 0,05$). No hubo efectos significativos del nivel de proteína, sugiriendo que con un 18% es suficiente para optimizar los resultados.

La introducción de la raza Meishan como una posible vía para aumentar la prolificidad de las razas europeas necesita futuros estudios, y la evaluación no sólo de sus rendimientos reproductivos sino también de sus productos (capacidad de crecimiento, índice de conversión, calidad de la carne y de la canal de los cerdos). Asimismo, en el caso de una futura utilización (como raza potencialmente a cruzar), habrá que considerar las diferencias nutricionales con respecto a las razas utilizadas actualmente.

7.- MISCELANEOUS

En este apartado se han incluido algunos de los artículos publicados en los últimos años que son interesantes, y que no han sido incluidos en apartados anteriores.

7.1.- Inclusión de aceite de pescado

Tradicionalmente, los productos derivados del pescado se han considerado como buenas materias primas en los piensos para cerdas reproductoras. Edwards y Pike (1997) valoraron la inclusión de un 5% de aceite de pescado en las dietas de gestación y lactación durante dos partos consecutivos, para evaluar la hipótesis de que los ácidos grasos de cadena larga w-3 pueden tener efectos beneficiosos en la eficacia reproductiva. La duración de la gestación fue mayor (115,7 vs 115,3, P=0,06) en las cerdas alimentadas con aceite de pescado que en las controles pero sólo en el segundo parto. El peso de los lechones (15,8 vs 14,9 kg; P=0,08) y el porcentaje de supervivencia (87 vs 81%; P=0,02) fue mayor en las cerdas que consumieron dietas con aceite de pescado, pero sólo en el primer parto.

7.2.- Nivel de sal en la dieta de lactación

Altos niveles de sal en la dieta aumentan el consumo de agua y la excreción de orina en cerdas lactantes, e indirectamente podrían aumentar el consumo de pienso por una mayor palatabilidad. Seynaeve et al. (1996) contrastaron dos niveles de sal (0,1 vs 0,85%) en la dieta de cerdas lactantes, que equivalían a 0,1 ó 0,4% de sodio en la dieta. La dieta rica en sodio efectivamente incrementó el consumo de agua (19,9 vs 12,4 l/d; P<0,01) e incrementó la excreción de orina en 11,4 l (P<0,07). Pero aunque la composición de la leche, el cambio de peso de las cerdas o el crecimiento de las camadas no fue afectado, las cerdas con el bajo nivel de sodio tuvieron el doble (6,2 vs. 12,6 d; P<0,03) de intervalo destete-estro. Por tanto, parece lógico mantener niveles relativamente altos de sal (en torno a un 0,5%) en las dietas de lactación, aún considerando que la producción de purín será un poco mayor que a menores dosis de sal. Asimismo, al subir los niveles de sal, habrá que tener en consideración otros aspectos como el balance electrolítico (BE⁵, meq/kg) de la ración.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Yolanda Alegre por su ayuda en la informatización de este trabajo y de Mario García y Rosa Lázaro por sus comentarios y correcciones.

8.- REFERENCIAS

- APPLEBY, M.C. y LAWRENCE, A.B. (1987) *Anim. Prod.* 45: 103-110.
ARC (1981) *The Nutrient Requirements of Pigs*. Commonwealth Agric. Bureau, Slough, Reino Unido. 307 pp.
BARB, C.R., ESTIENNE, M.J., KRAELING, R.R., MARPLE, D.N., RAMPACEK, G.B., RAHE, C.H. y SARTIN, J.L. (1991) *Domestic Animal Endocrinology* 8: 117-127.

⁵ BE, definido como meq de Na⁺+K⁺-Cl⁻/kg de pienso

- BROUNS, F., EDWARDS, S.A. y ENGLISH, P.R. (1992a) *Anim. Prod.* 54: 486-487 (Abstr.).
- BROUNS, F., EDWARDS, S.A. y ENGLISH, P.R. (1992b) *Anim. Prod.* 54: 487 (Abstr.).
- BROUNS, F., EDWARDS, S.A. y ENGLISH, P.R. (1994) *Anim. Prod.* 58: 467 (Abstr.).
- BROUNS, F., EDWARDS, S.A. y ENGLISH, P.R. (1995) *Anim. Feed Sci. Tech.* 54: 301-313.
- BROUNS, F., EDWARDS, S.A. y ENGLISH, P.R. (1997) *Anim. Sci.* 65: 129-133.
- CADOGAN, D.J., CAMPBELL, R.G., HARRISON, D. y EDWARDS, A.C. (1993) En: *Manipulating pig production IV*. Ed. Butterman, E.S: 219 (Abs.).
- CAMPBELL, R.G., HARRISON, D.T. y RICH, P. (1997) *Aust. Pig Sci. Assoc.*: 242 (Abstr.)
- CARRIÓN, D., COMA, J. y EWAN, R.C. (1995) *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 77 (Abstr.).
- CARTER, D.E., CRENSHAW, J.D., SWANTEK, P.M., HARROLD, R.L. y ZIMPRICH, C. (1987) *J. Anim. Sci.* 65 (Suppl. 1): 89 (Abstr.).
- CHANG, T.N. y GOLDBERG, A.L. (1978) *J. Biol. Chem.* 253: 3677.
- CHUGH, K., SHAKER, V., KAUR, J., SAINI, A.S. y LAL, H. (1991) *Horm. Metab. Res.* 23: 141.
- COMA, J., ZIMMERMAN, D.R. y CARRION, D. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 1056-1062.
- COMA, J. (1997) En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. XIII Curso de Especialización FEDNA. Ed. Rebollar, P.G., Mateos, G.G. y de Blas, C. Madrid: 217-232.
- DANIEL, T.E., RAKES, A.H., ZIMMERMAN, C.A. y HOPKINS, B.A. (1991) *J. Dairy Sci.* 74: 182 (Abstr.)
- DANISH ANNUAL REPORT (1997) *The National Committee for pig breeding, health and Production*. Copenhagen. 56 pp.
- DARROCH, C.S., CHIBA, L.I., LINDEMANN, M.D., HARPER, A.F. y KORNEGAY, E.T. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 160 (Abstract).
- DAY, J.E.L., KYRIAZAKIS, I y LAWRENCE, A.B. (1996) *Anim. Sci.* 62: 623 (Abstract).
- DOURMAD, J.Y. (1991) *Livest. Prod. Sci.* 27: 309-319.
- DOURMAD, J.Y., NOBLET, J. y ETIENNE, M. (1998) *J. Anim. Sci.* 76: 542-550.
- DUQUETTE, J., MATTE, J.J., FARMER, C., GIRARD, C.L. y LAFOREST, J.P. (1997) *Can. J. Anim. Sci.* 77: 415.
- EDWARDS, S.A. (1992) *Pig Vet. J.* 28: 40-51.
- EDWARDS, S.A. y PIKE, Y. (1997) En: *Proceedings of the British Society of Animal Science*: 55.
- FARMER, C., ROBERT, S. y MATTE, J.J. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 1298-1306.
- FARNINGHAM, D.A. y WHYTE, C.C. (1993) *Br. J. Clin. Nut.* 37: 763-767.
- FARNWORTH, E.R., BUTLER, G. y HIDIROGLOU, M. (1995) *Nutr. Res.* 15: 1139.
- GARCÍA, M.R., NEWCOMB, M.D. y TROUT, W.E. (1997) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 82 (Abstr.)
- GENEST, M. y D'ALLAIRE, (1998) *Can. J. Anim. Sci.* 75: 461-467.
- GRANDHI, R.R. (1997) *Can. J. Anim. Sci.* 77: 479-485.
- GRIESHOP, C.M., STAHLY, T.S., EWAN, R.C., NONNECKE, B.J. y CUNNICK, J.E. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 160 (Abstr.)
- HALEY, C.S., LEE, G.J. y RITCHIE, M. (1995) *Anim. Sci.* 60: 259-267.
- HARPER, A.F., LINDEMANN, M.D. y KORNEGAY, E.T. (1996) *Can. J. Anim. Sci.* : 157-160.
- INRA (1989) *L'alimentation des animaux monogastriques*. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, Francia. 282 pp.
- JOHNSTON, L.J., PETTIGREW, J.E. y RUST, J.W. (1993) *J. Anim. Sci.* 71: 2151-2156.
- JURGENS, M.H., RIKABI, R.A. y ZIMMERMAN, D.R. (1997) *J. Anim. Sci.* 75: 593-597.

- KING, R.H., TONER, M.S., DOVE, H., ATWOOD, C.S. y BROWN, W.G. (1993) *J. Anim. Sci.* 71: 2457-2463.
- KNIGHTS, T.E.N., GRANDHI, R.R. y BAIDOO, S.K. (1997) *Can J. Anim. Sci.* 78: 167-173.
- KOKETSU, Y., DIAL, G.D., PETTIGREW, J.E., MARSH, W.E. y KING., V.L. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 1202-1210.
- KOKETSU, Y., DIAL, G.D. y KING, V.L. (1997a) *J. Anim. Sci.* 75: 2580-2587.
- KOKETSU, Y., DIAL, G.D., PETTIGREW, J.E., XUE, J.L., YANG, H. y LUCIA, T. (1997b) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 76 (Abstr.).
- KREUZER, M. y ZERHUESEN, A. (1995) *Kraftfutter* 3: 98.
- LIBAL, G.W. (1991) En: *Swine nutrition*. Ed. E.R. Miller, D.E. Ulrey and A.J. Lewis. Butterworths. Heinemann, Stoneha, M.A.
- LIBAL, G.W., UTTECHT, D.J. y HAMILTON, C.R. (1997) *J. Anim. Sci.* 75: 417-422.
- LINDEMANN, M.D., WOOD, C.M., HARPER, A.F., KORNEGAY, E.T. y ANDERSON, R.A. (1995a) *J. Anim. Sci.* 73: 457-465.
- LINDEMANN, M.D., HARPER, A.F. y KORNEGAY, E.T. (1995b) *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 185 (Abstr.).
- MAHAN, D.C. (1991) *J. Anim. Sci.* 69: 2904-2917.
- MAHAN, D.C. (1994) *J. Anim. Sci.* 72: 2870-2879.
- MAHAN, D.C. (1998) *J. Anim. Sci.* 76: 533-541.
- MAHAN D.C. y KIM Y.Y., 1996. *J. Anim. Sci.* 74: 2711-2718.
- MARUTA, K., MIYAZAKI, H., TADANO, Y., MASUDA, S., SUZUKI, A., TAKAHASHI, H. y TAKAHASHI, M. (1996) *Anim. Sci. Tech.* 67: 403.
- MATTE, J.J., ROBERT, S., GIRARD, C.L., FARMER, C. y MARTINEAU, G.P. (1994) *J. Anim. Sci.* 72: 1754-1760.
- MATTE, J.J. y GIRARD, C.L. (1995) *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 186 (Abstr.).
- MATTE, J.J., FARMER, C., GIRARD, C.L. y LAFOREST, J.P. (1996) *Can. J. Anim. Sci.* 76: 427-433.
- MATTHEWS, J.O., LEMIEUX, F.M., KNOWLES, T.A., SOUTHERN, L.L. y BIDNER, T.D. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 160 (Abstr.).
- McGLONE, J.J., STANSBURY, W.F. y TRIBBLE, L.F. (1988) *J. Anim. Sci.* 66: 885-891.
- MILLER (1992) *Pigtales International Review*, 1990-1991. pp: 72.
- MOSER, S.A., GOODBAND, R.D., TOKACH, M.D. y NELSSSEN, J.L. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1). 161.
- MROZ, Z. y TARKOWSKI, A. (1991) *Livest. Prod. Sci.* 27: 199.
- MULLAN, B.P. (1991) En: *Manipulating Pig Production III*. Ed. Batterham, E.S. pp: 167-177. Australasian Pig Sci. Assoc.
- MULLAN, B.P. y WILLIAMS, J.H. (1989) *Anim. Prod.* 48: 449-457.
- MUSSER, R.E., GOODBAND, R.D., OWEN, K.Q., BLUM, S.A., TOKACH, M.D. y NELSSSEN, J.L. (1997a) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1). 199 (Abstr.).
- MUSSER, R.E., GOODBAND, R.D., TOKACH, M.D., NELSSSEN, J.L., OWEN, K.Q. y BLUM, S.A. (1997b) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 194 (Abstr.).
- NEIL, M. (1996) *Anim. Sci.* 63: 497-505.
- NEIL, M. y OGLE, B. (1996) *Anim. Sci.* 62: 349-354.
- NEIL, M., OGLE, B. y ANNER, K. (1996) *Anim. Sci.* 62: 337-347.
- NRC (1988) *Nutrient Requirements of Swine* (9th De.) National Academy Press, Washington DC.
- NRC (1998) *Nutrient Requirements of Swine* (10th De.) National Academy Press, Washington DC.

- PARTRIDGE, G.G. y GILL, B.P. (1993) En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. Cransworthy, P.C. y Cole, D.J.A. Butterworths. Reino Unido: 221.
- PATIENCE, J.F. (1996) *Anim. Feed Sci. Tech.* 58: 49-64.
- PETTIGREW, J.E. (1993) *Amino Acid Nutrition of Gestating and Lactating sows*. En: Biokyowa Technical Review. 5. Chesterfield, MO: Nutr-Quest.
- PETTIGREW, J.E. (1995) En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. Garnsworthy, P.C. y Cole, D.J.A. Nottingham University Press. Reino Unido: 241-256.
- PETTIGREW, J.E., EL-KANDELGY, S.M., JOHNSTON, L.J. y SHURSON, G.C. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 2226-2230.
- PLUSKE, J.R., WILLIAMS, I.H., CLOWES, E.C., ZAK, L.J., CEGIELSKI, A.C. y AHERNE, F.X. (1995) En: *Manipulating pig production V*. Ed. D.P. Hennessy y Cranwell, P.D. pp: 129 (Abstr.). Australasian Pig Sci. Assoc.
- POND, W.G. y MANER, J.H. (1984) *Swine Production and Nutrition*. AVI Publishing, Westport, CT.
- REVELL, D.K., WILLIAMS, I.H., MULLAN, B.P., RANDFORD, J.L. y SMITS, R.J. (1998) *J. Anim. Sci.* 76: 1729-1737.
- RICHERT, B.T., TOKACH, M.D., GOODBAND, R.D., NELSSSEN, J.L., PETTIGREW, J.E., WALKER, R.D. y JOHNSTON, L.J. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 1307-1313.
- RICHERT, B.T., TOKACH, M.D., GOODBARD, R.D., NELSSSEN, J.L., CAMPBELL, R.G. y KERSHAW, S. (1997a) *J. Anim. Sci.* 75: 1853-1860.
- RICHERT, B.T., GOODBAND, R.D., TOKACH, M.D. y NELSSSEN, J.L. (1997b) *J. Anim. Sci.* 75: 2117-2128.
- ROUSSELOW, D.L. y SPEER, V.C. (1980) *J. Anim. Sci.* 50: 472.
- SAUBER, T.E., STAHLY, T.S., EWAN, R.C. y WILLIAMS, N.H. (1994) *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 2): 66 (Abstr.).
- SAUBER, T.E., STAHLY, T.S., WILLIAMS, N.H. y EWAN, R.C. (1998) *J. Anim. Sci.* 76: 1098-1111.
- SEYNAEVE, M., DE WILDE, R., JANSSENS, G. y DE SMET, B. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 1047-1055.
- SINCLAIR, A.G., EDWARDS, S.A., HOSTE, S. y McCARTNEY, A. (1996a) *Anim. Sci.* 62: 625 (Abstr.).
- SINCLAIR, A.G., EDWARDS, S.A., HOSTE, S., McCARTNEY, A. y FOWLER, V.R. (1996b) *Anim. Sci.* 62: 355-362.
- SINCLAIR, A.G., CIA, M.C., EDWARDS, S.A. y HOSTE, S. (1997) *Proceedings of the british Society of Animal Science*: 56.
- SNOW, J.L., KU, P., ROZEBOOM, D. y TROTTIER, N.L. (1997) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 248 (Abstr.).
- SOWER, A.F., PETTIGREW, J.E., WHITE, M.E., KOKETSU, Y. y YANG, H. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 162 (Abstract).
- SPOOLDER, H.A.M., BURBIDGE, J.A., EDWARDS, S.A., SIMMINS, P.H. y LAWRENCE, A.B. (1996) *Livest. Prod. Sci.* 47: 51-57.
- STAHLY, T.S., CROMWELL, G.L. y MONEGUE, H.J. (1990) *J. Anim. Sci.* 68 (Suppl. 1): 369 (Abstr.).
- STAHLY, T.S., CROMWELL, G.L. y MONEGUE, H.J. (1992) *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1): 238 (Abstr.).
- TERLOUW, E.M.C., LAWRENCE, A.B. y ILLINS, A.W. (1991) *Anim. Behav.* 42: 981.
- THACKER, P.A. (1990) En: *Non-traditional feed sources for use in swine production*. Ed. Thacker, P.A. y Kirkwood, R.N. pp: 1-11. Butterworths. London.

- TOKACH, M.D., GOODBAND, R.D., NELSSSEN, J.L. y KATS, L.J. (1993) *J. Anim. Sci.* 71 (Suppl. 1): 68 (Abstr.).
- TONN, S.A., GROOTHUIS, P.G., BOESE, B.J., BLAIR, R.M. y DAVIS, D.L. (1995) *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 91 (Abstr.).
- TOUCHETTE, K.J., ALLEE, G.L., NEWCOMB, M.D. y BOYD, R.D. (1998a) *J. Anim. Sci.* 76: 1091-1097.
- TOUCHETTE, K.J., ALEE, G.L., NEWCOMB, M.D. y BOYD, R.A. (1998b) *J. Anim. Sci.* 76: 1437-1442.
- TROTTIER, N.L., SHIPLEY, C.F. y EASTER, R.A. (1994) *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1): 332 (Abstr.).
- TROTTIER, N.L., SHIPLEY, C.F. y EASTER, R.A. (1997) *J. Anim. Sci.* 75: 1266-1278.
- VALLET, J.L. y CHRISTENSON, R.K. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 603-609.
- VEUM, T.L., REYES, J. y ELLERSIECK, M. (1995) *J. Anim. Sci.* 73: 1741-1745.
- VIDAL, J.M., EDWARDS, S.A., MACPHERSON, O., ENGLISH, P.R. y TAYLOR, A.G. (1991). *Anim. Prod.* 52: 597 (Abstr.).
- WASHINGTON, M.N., ESTIENNE, M.J., HARTE-DENNIS, J.M. y HARTSOCK, T.G. (1997) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl. 1): 127 (Abstr.).
- WHITTAKER X., EDWARDS S.A., SPOOLDER H.A.M., LAWRENCE A.B. y CORNING S., 1998. En *Proceedings of the British Society of Animal Science*: 40.
- WHITTEMORE, C. (1993) En: *The Science and Practice of pig Production*. Longman Scientific & Technical: 460 (661 pp).
- WHITTEMORE, C.T. y MORGAN, C.A., 1990. *Livest. Prod. Sci.* 26: 1-37
- WOHLT, J.E., CLARK, J.H., DERRING, R.G. y DAWIS, C.L. (1977) *J. Dairy Sci.* 60: 1875-1882.
- WURYASTUTI, H., STOWE, H.D., BULL, R.W. y MILLER, E.R. (1993) *J. Anim. Sci.* 71: 2164-2472.
- YAN, T., LONGLAND, A.C., CLOSE, W.H., SHARPE, C.E. y KEAL, H.D. (1995) *Anim. Sci.* 61: 305-309.
- YANG, H., EASTHAM, P.R., PHILLIPS, P. y WHITTEMORE, C.T. (1989) *Anim. Prod.* 48: 181-201.
- YANG, H., PETTIGREW, J.E., JOHNSTON, L.J., SHURSON, G.C. y WALER, R.D. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 161 (Abstr.).