

Aminoácidos de cadena ramificada (AACR) en nutrición porcina (y II)

Requerimientos nutricionales para cerdos

Ioannis Mavromichalis

*Doctor en Nutrición Porcina
Director de los Servicios Nutricionales
Nutral S.A.*

Traducido por

Fernando Paton

*Doctor en Química
Director técnico
Nutral S.A.*

Existe una gran escasez de datos relevantes acerca de la estimación de los requerimientos de aminoácidos de cadena ramificada (AACR) para cerdos (NCR, 1998), principalmente porque siempre se ha considerado que los AACR son abundantes en las dietas habituales. Las estimaciones más recientes se publicaron en 1998 por el Subcomité de Nutrición Porcina del NRC (Cuadro I). En este informe, se siguió una aproximación factorial porque solo había una publicación revisada para la valina (Lewis y Nishimura, 1995), y ninguna sobre leucina e isoleucina. Por el contrario, había alrededor de 80 publicaciones acerca de los requerimientos de lisina de los cerdos. Por tanto, el concepto de proteína ideal, basado en la lisina, se empleó para obtener la estimación de los requisitos nutricionales de AACR.

Lo acertado de la estimación de los requerimientos de AACR basada en datos de hace varias décadas es cuestionable por varias razones. Primero, la aparición de genéticas de alta deposición de magro y elevado ritmo de crecimiento ha creado incertidumbre acerca de

las recomendaciones actuales. Además, el reconocimiento del papel de los AACR (y especialmente la valina) como precursores de energía en la glándula mamaria (Roets *et al.*, 1979; Trottier *et al.* 1997), junto con la evolución de las líneas de cerdas de alta prolificidad con una producción de

leche diaria superior a 10 kg, pide a gritos una reevaluación de las antiguas estimaciones de las necesidades. Más aún, el uso extensivo de las proteínas de plasma y hemoglobina en las dietas de lechones puede alterar el orden característico de limitación de AACR, ya que el plasma es

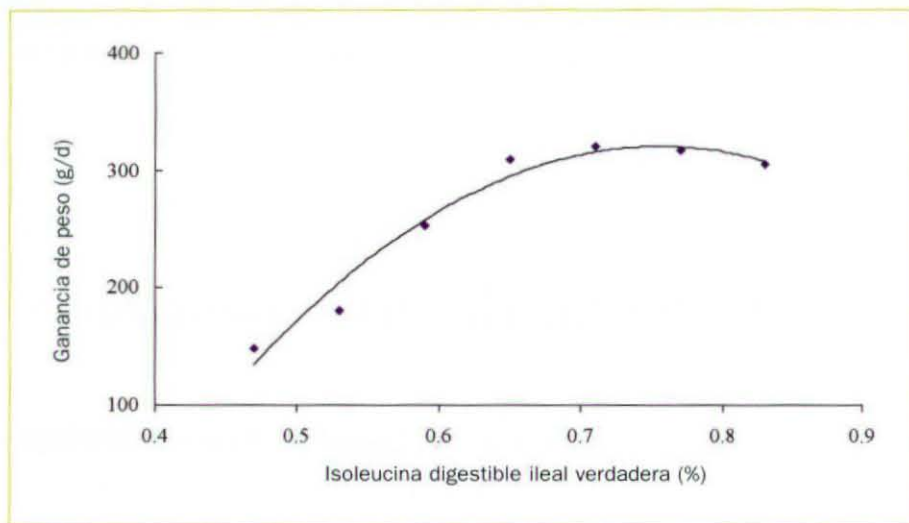


Figura 1. Necesidades de isoleucina para lechones de 6 a 11 kg. Adaptado de Kerr (1999).

bajo en metionina e isoleucina (Kats *et al.*, 1994a), mientras que la hemoglobina es muy baja en isoleucina pero rica en leucina y valina (Kats *et al.*, 1994b; Baker y Kerr, 1998). Las dietas bajas en proteína requieren también una cuidadosa estimación de los niveles de aminoácidos porque cuando decrece la concentración de proteína bruta, más aminoácidos se vuelven limitantes del crecimiento y deben ser suplementados con aminoácidos en forma cristalina.

Requerimientos de mantenimiento

Al establecer los requerimientos de AACR utilizando una aproximación

factorial, sólo se necesita describir las necesidades de mantenimiento y deposición de proteína (Fuller *et al.*, 1989), porque en animales de baja velocidad de crecimiento los AACR se usan exclusivamente para la síntesis de proteína (Harper *et al.*, 1984). La aproximación factorial se ha empleado recientemente por el NRC (1998) para desarrollar un modelo que predice los requerimientos basándose en los rendimientos productivos actuales.

Los requerimientos de mantenimiento se definen como la cantidad diaria de AACR necesaria para mantener el equilibrio de nitrógeno. Esto incluye las pérdidas de AACR en la orina, las modificaciones irreversibles, la síntesis de compuestos no proteicos, la oxidación y las pérdidas

del epitelio intestinal. Las pérdidas de AACR por vía del tránsito intestinal constituyen la mayor parte de los requisitos de mantenimiento. En lechones jóvenes alimentados con piensos libres de proteína, el flujo de AACR hacia el intestino grueso fue aproximadamente 28, 20, y 34 mg/kg PV^{0.75} por día (Furuya y Kaji, 1992), mientras que los requerimientos totales de mantenimiento estaban calculados como 24, 27, y 25 mg/kg PV^{0.75} por día (NRC, 1998) para valina, isoleucina y leucina respectivamente. Sin embargo, estas estimaciones son probablemente incorrectas porque la metodología de "piensos libres de proteína" para estimar las secreciones endógenas se considera inexacta (Hodgkinson *et al.*, 2000). Los requerimientos de mantenimiento para lisina y AACR se presentan en el **Cuadro II**. Las necesidades de mantenimiento para cerdos en crecimiento son aproximadamente el 5-10% de los requerimientos totales, aunque tienden a incrementarse para pesos corporales más altos.

Requerimientos de producción

Los requerimientos de producción dependen del estado productivo del animal (por ejemplo, crecimiento, gestación o lactación). En animales en crecimiento, se necesitan 12 mg de lisina digestible ileal por encima

Cuadro I. Estimación actual de los requisitos de AACR digestibles (ileal) para cerdos (% del pienso).

Aminoácido	Cerdos en crecimiento (kg)						Cerdas	
	3-5	5-10	10-20	20-50	50-80	80-120	Gestantes	Lactantes
Lisina	1,34	1,19	1,01	0,83	0,66	0,52	0,46	0,85
Valina	0,91	0,81	0,69	0,56	0,45	0,35	0,31	0,72
Isoleucina	0,73	0,65	0,55	0,45	0,37	0,29	0,27	0,47
Leucina	1,35	1,20	1,02	0,83	0,67	0,51	0,44	0,96

Adaptado del NRC (1998).

de las necesidades de mantenimiento por cada gramo de deposición de proteína (Kerr, 1993). Usando el perfil de proteína ideal sugerido por el NRC (1998), se estima que se necesitan aproximadamente 8,4, 6,6 y 12,5 mg de valina, isoleucina y leucina digestibles por encima de las necesidades de mantenimiento para la deposición de 1 g de proteína muscular (**Cuadro III**)

Las cerdas gestantes requieren aproximadamente 129 mg de lisina digestible ileal por g de proteína (N x 6,25) retenido en los tejidos musculares y reproductivos (Pettigrew, 1993; NRC, 1998). Las cerdas lactantes requieren alrededor de 22 mg de lisina digestible ileal aparente por gramo de ganancia de la camada (u 88 mg por g de leche si se considera una relación de conversión de 4 a 1 entre leche y ganancia de la camada. Usando los requerimientos absolutos de lisina y el perfil de proteína ideal (NCR, 1998), las cantidades de cada AACR para la síntesis de leche y aumento de peso durante la gestación son las que se presentan en el **Cuadro IV**.

Cerdos en crecimiento

La naturaleza esencial y la asignación cuantitativa de los requerimientos de isoleucina para cerdos fue demostrada inicialmente por Brinegar *et al.* (1950), mientras que los de la valina y leucina fueron demostrados por Mertz *et al.* (1952). El punto de mira de la investigación en AACR en cerdos se ha puesto principalmente en la isoleucina y en menor medida en la valina. Acerca de las necesidades de leucina hay una gran escasez de estudios porque es más probable que exista un exceso de leucina que una deficiencia.

Isoleucina

Las necesidades de isoleucina de los cerdos en crecimiento se basan en 20

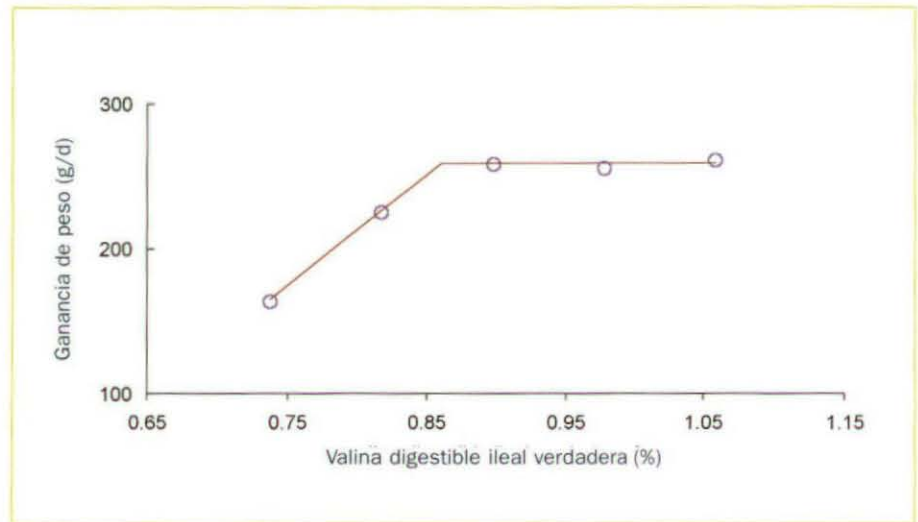


Figura 2. Necesidades de valina para cerdos de 5 a 10 kg. Adaptado de Mavromichalis *et al.* (2000).

estudios que van desde los 4 a los 96 kilos de peso vivo recopilados por Kerr (1999). A partir de estos datos, la necesidad de isoleucina digestible ileal verdadera se calculó en 9,9 mg por g de ganancia de peso, lo cual está de acuerdo con el valor correspondiente de 9,3 mg del modelo NRC (1998). Las estimaciones factoriales de las necesidades de isoleucina se basan principalmente en datos de Fuller *et al.* (1989) y Baker y Chung (1992).

La evidencia empírica (Kerr, 1999), sugiere un requerimiento de isoleucina digestible ileal verdadera del 0,63% en dietas para cerdos de alta deposición de magro entre 6 y 12 kg de peso (**Figura 1**). Por tanto, la estimación del NRC (1998) de 0,65% para cerdos de 5 a 10 kg parece ser

aplicable a los genotipos modernos. Las necesidades de isoleucina digestible ileal aparente para cerdos en crecimiento (18 a 40 kg) fueron establecidas por Lenis y van Diepen (1997) en 0,51% para ganancia de peso, valor que es más alto que el de 0,42% sugerido por el NRC (1998).

Datos más recientes (Parr *et al.*, 2003) con cerdos de alto magro de 20 a 50 kg sugieren un requerimiento de isoleucina digestible ileal verdadera del 0,51%. Un valor que es más alto que el sugerido por el NRC (1998) que era de 0,45%.

No hay información clara sobre las necesidades de isoleucina en la dieta para cerdos en cebo. Un trabajo reciente procedente de Missouri, sin embargo, ha sugerido que un pienso conteniendo sólo maíz, minerales y

Cuadro II. Requerimientos de AACR para mantenimiento en porcino.

Aminoácido	Mantenimiento	
	Ratio	mg/kg PV ^{0.75} x día
Lisina	100	36
Valina	67	24
Isoleucina	75	27
Leucina	70	25

Adaptado de Baker *et al.* (1966a,b), Baker y Allee (1970), y Fuller *et al.* (1989).

Cuadro III. Necesidades de AACR para la deposición de proteína en cerdos en crecimiento.

Aminoácido	Deposición de proteína	
	Ratio	mg/g proteína
Lisina	100	12,3
Valina	68	8,4
Isoleucina	54	6,6
Leucina	102	12,5

Adaptado de Fuller *et al.* (1989), Baker y Chung (1992), Baker *et al.* (1993), y Hahn y Baker (1995).

Cuadro IV. Requerimientos de AACR de las cerdas para la síntesis de leche y ganancia de peso en gestación.

Aminoácido	Síntesis de leche		Ganancia de peso en gestación	
	Ratio	mg/g leche	Ratio	mg/g proteína
Lisina	100	88,0	100	129,0
Valina	85	74,8	69	89,0
Isoleucina	55	48,4	50	64,5
Leucina	115	101,2	109	140,6

Derivado de Pettigrew (1993) y NRC (1998).

vitaminas (7,1% PB), si se refuerza adecuadamente con lisina, triptófano, treonina, metionina e isoleucina, permitirá a cerdos en la última fase de cebo (85 a 115 kg) crecer tan rápido y eficazmente (sin pérdida de calidad de canal) como lo harían con un pienso del 13,1% de proteína basado en maíz y soja (Liu *et al.*, 2000a). El rendimiento óptimo no se pudo conseguir sin suplementación de isoleucina, mientras que la adición de valina sólo produjo una respuesta marginal. Estos resultados proporcionan evidencias convincentes de que la proteína de maíz es más deficiente en isoleucina que en valina para cerdos en la última fase de cebo.

Valina

Hay suficientes datos que indican que las estimaciones actuales de las necesidades de valina y (o) su relación ideal frente a la lisina pueden ser inadecuadas para los modernos cerdos de alta deposición de magro. Mavromi-

chalis *et al.* (1998) observaron que detrás de la lisina, la valina es el segundo aminoácido limitante en dietas de baja proteína basadas en maíz, harina de soja y suero para cerdos de 10 a 20 kg, aunque las estimaciones actuales la sitúan en el quinto lugar en el orden de limitación (**Cuadro V**). Russell *et al.* (1987) observaron también que la valina puede ser limitante para el crecimiento en una dieta de baja proteína (11% PB) para cerdos en crecimiento. Es más, la relación ideal de valina respecto de la lisina (combinando mantenimiento y deposición de proteína) para cerdos es sólo del 68% (Chung y Baker, 1992; Baker, 1997), mientras que en broilers está más cerca de los 77-80%. Más aún, las proporciones estimadas de valina respecto de la lisina en la leche y en los tejidos del lechón son 71% y 72% respectivamente (**Cuadro I**).

Las primeras estimaciones publicadas acerca de las necesidades de valina de los lechones destetados par-

ten de los trabajos de Jackson *et al.* (1953) y Mitchell *et al.* (1968a). Sin embargo, factores como por ejemplo cerdos de bajo magro que no crecieron a su ritmo óptimo, el uso del isómero DL de la valina, y la falta de control positivo en las dietas dificultan la interpretación de los datos de esos experimentos. Estas primeras investigaciones, no obstante, sugerían unas necesidades de valina total en la dieta de entre 0,4 y 0,55%, mientras que las estimaciones del NRC (1998) apelan a una valina total de 0,92 y 0,79% en dietas con 3.265 kcal EM/kg para cerdos de 5 a 10 kg y de 10 a 20 kg respectivamente.

Nuestros recientes trabajos con cerdos de alto magro en las categorías de peso de 5 a 10 kg y de 10 a 20 kg (**Figuras 2 y 3**) han dado como resultado unas estimaciones muy bien definidas de las necesidades de valina digestible ileal verdadera de 0,86 + 0,03% de la dieta (2,50 g por Mcal EM) para cerdos de 5 a 10 kg y 0,775 + 0,06% de la dieta (2,22 g por Mcal EM) para cerdos de 10 a 20 kg (Mavromichalis *et al.*, 2000). Estas estimaciones, cuando se expresan por unidad de EM de la dieta están muy de acuerdo con las del NRC (1998) (2,48 y 2,11 g de valina digestible ileal verdadera por Mcal EM para cerdos de 5 a 10 kg y de 10 a 20 kg respectivamente) que estaban basadas principalmente en cálculos usando el concepto de proporciones ideales de aminoácidos. Estos valores están de acuerdo con un trabajo más reciente (Theil *et al.*, 2004) que describe necesidades de 2,47 g de valina digestible aparente por Mcal EM para lechones de 4 a 8 semanas de edad.

Lewis y Nishimura (1995) estimaron las necesidades de valina total de cerdos de medio magro en cebo en alrededor del 0,50% de la dieta (**Cuadro VI**). Aunque este valor está cerca de las estimaciones del NRC (1998) de 0,52% para la primera fase del cebo, los cerdos en estos experimentos no

Cuadro V. Aminoácidos limitantes en un pienso de baja proteína de tipo maíz-soja-suero para cerdos de 10 kg.

Dieta	Ganancia de peso (g/d)	Crecimiento/ consumo(g/kg)	Orden de limitación	
			Real	Calculado
1. 19,2% PB, control positivo	554 ^a	550 ^a	-	-
2. 13,5% PB, control negativo	387 ^b	411 ^d	-	-
3. dieta 2 + Lys, Trp, Thr, Met, Ile, y Val	543 ^a	520 ^{ab}	-	-
4. dieta 3 - Lys	419 ^{cb}	426 ^{cd}	1	1
5. dieta 3 - Trp	467 ^{dc}	554	2	3
6. dieta 3 - Thr	483 ^d	482 ^{bc}	2	3
7. dieta 3 - Met	476 ^d	486 ^b	2	2
8. dieta 3 - Ile	535 ^a	506 ^{ab}	3	4
9. dieta 3 - Val	406 ^d	501 ^{ab}	2	5

^{a, b, c, d}: Los datos con distintos superíndices en una columna son significativamente diferentes (P <0 .05). Adaptado de Mavromichalis *et al.* (1998).

mostraron respuesta, en términos de crecimiento, a los incrementos graduales de valina suplementaria. Por tanto, los investigadores basaron sus conclusiones en los datos de conversión y excreción de nitrógeno de la urea en plasma. Es evidente que se precisan estimaciones exactas de los requerimientos de valina para cerdos en todas las fases de crecimiento para poder utilizar dietas bajas en proteína.

Liu *et al.* (2000b) también evaluaron un pienso de tipo maíz-soja de baja proteína (10,4% PB) suplementado con aminoácidos frente a uno con niveles normales de proteína (15,4% PB) para cerdos en las primeras fases del cebo (50 a 80 kg). Los suplementos de aminoácidos a la dieta de baja proteína incluyeron lisina, triptófano, treonina, metionina, isoleucina y valina. Los datos de crecimiento, conversión y calidad de canal fueron los mismos para las dos dietas. La eliminación de la valina suplementaria no redujo los parámetros productivos en el caso de la dieta de baja proteína. Por tanto, el nivel de valina digestible verdadera del pienso bajo en proteína (0,37%) sin suplemento de valina fue aparentemente

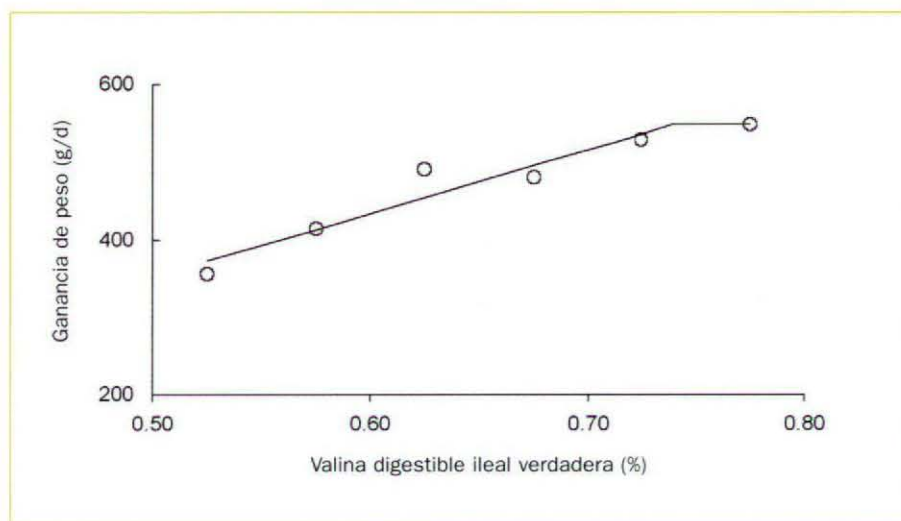


Figura 3. Necesidades de valina para cerdos de 10 a 20 kg. Adaptado de Mavromichalis *et al.* (2000).

adecuado para los cerdos en las primeras fases del cebo utilizados en estas pruebas. Un nivel de sólo el 0,37% de valina digestible verdadera está bastante por debajo de las estimaciones del NRC (1998) de 0,42% para cerdos de medio magro en el rango de peso entre 50 y 80 kg. Más aún, si tomamos ésta como la necesidad estimada de valina (0,37%) junto con una necesidad estimada de lisina digestible verdadera del 0,62% para cerdos

de magro medio en el rango de peso entre 50 y 80 kg, se obtiene una relación valina:lisina de sólo 60%. Esto está por debajo de la relación ideal valina:lisina del 68% predicha por Baker (1997) y el NRC (1998).

Es cuestionable si una necesidad estimada de valina en un pienso de 10,4% de PB puede ser extrapolada a las dietas de más alta proteína que se utilizan comúnmente para cerdos en las primeras fases del cebo (alrededor

Cuadro VI. Necesidades de valina en cerdos en crecimiento (67 a 80 kg).

Parámetro	Valina total en el pienso (%)						Resultado estadístico
	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	
Crecimiento, g/d	890	920	970	920	920	930	sin efecto
Crecimiento/Consumo, g/kg	347	376	382	375	366	362	cuadrático
Urea en plasma, mmol/L	3,47	2,93	3,02	2,88	3,17	3,37	cuadrático

Adaptado de Lewis y Nishimura (1995).

del 15,5% PB). Efectivamente, si asumimos que las necesidades de valina aumentan un 0,01% por cada 1% de incremento de la PB entre 10,4% y 15,4%, llegaremos a una predicción para las necesidades de valina digerible verdadera de 0,42% de la dieta. Esta predicción es idéntica a las estimaciones del NRC (1998) y la relación entre la necesidad de valina digerible verdadera (0,42%) y la necesidad de lisina digerible verdadera (0,62%) está igualmente de acuerdo con las estimaciones del NRC (1998) de 68%.

Leucina

Las necesidades de leucina se han descuidado porque es raro en la práctica encontrar deficiencias de leucina. Mitchell *et al.* (1968b) estimaron que los cerdos de 10 kg necesitan alrededor del 0,78% de leucina total basándose en estudios de balance de nitrógeno y aminoácidos. El valor correspondiente del NRC (1998) es 1,12% de la dieta.

Cerdas reproductoras

La mayor parte de la investigación relacionada con los AACR en la nutri-

ción de las cerdas se ha enfocado hacia los animales en lactación porque la valina puede ser limitante en las dietas habituales cuando la concentración de lisina se incrementa para

“
En cerdas de alta producción en lactación,
la valina puede ser limitante cuando
la concentración de lisina se incrementa
para ajustarse a las necesidades

ajustarse a las necesidades de las cerdas de alta producción. La necesidades estimadas de AACR digeribles ileal verdaderos para cerdas gestantes y lactantes se recogen en el Cuadro V (NRC 1998).

Existe una discrepancia entre las estimaciones factoriales y empíricas de las necesidades de valina para cerdas lactantes (Kerr, 1997). Usando la aproximación factorial (ARC, 1981; Pettigrew, 1993), la relación óptima valina:lisina es aproximadamente del 70 al 73%, partiendo de las suma de las necesidades de valina para mantenimiento y para producción de leche. Los datos experimentales, sin embargo, sugieren que esta relación puede estar cercana al 100% (Rous-selow and Speer, 1980; NRC, 1998).

Las evidencias actuales muestran que la glándula mamaria lactante utiliza AACR y especialmente valina para la producción de energía. Aproximadamente el 30% de la valina absorbida por la glándula mamaria se oxida a CO₂ (Roets *et al.*, 1979). Midiendo el flujo de sangre hacia y desde la glándula mamaria y las correspondientes concentraciones de aminoácidos en sus arterias y venas, Trotter *et al.* (1997) estimaron que la glándula

retiene 5,4, 10,7, y 6,3 g/día de valina, leucina e isoleucina respectivamente en contraste con sólo 1 g/día de lisina. Por tanto, la valina parece tener un papel dual en la glándula mamaria que no se ha tenido en cuenta en las estimaciones factoriales de las necesidades de valina (Kerr, 1997).

Las primeras estimaciones de las necesidades de valina se originan en los trabajos de Rousselow y Speer (1980), quienes alimentaron cerdas lactantes con un pienso basado en gelatina y maíz que estaba suplementado con dosis graduales (0,15%) de L-valina cristalizada para alcanzar valores de valina total que iban desde 0,23 a 0,80%. Con un 0,68% de valina total, la producción de leche y el crecimiento fueron máximos, mientras

que a 0,53% la concentración de valina en plasma alcanzó su nivel más alto. En este estudio, la ingesta de pienso por la cerda fue sólo de 5,5 kg/día durante el ensayo de 21 días, y el crecimiento estuvo por debajo de los estándares actuales. Más aún, la concentración de lisina era sólo del 0,58%, lo cual está considerablemente por debajo de las necesidades para los genotipos actuales de alto nivel. Por tanto, la validez de estos resultados para cerdas de alta producción es más que cuestionable.

Investigaciones posteriores sobre las necesidades de valina durante la lactación (Richert *et al.*, 1996) revelaron una respuesta lineal en el peso de camadas de 21 días cuando las cerdas lactantes eran alimentadas con un pienso basado en maíz-soja (0,90% de lisina total y 0,75% de valina total) que fue suplementado con dosis graduales de L-valina cristalizada hasta un nivel del 1,15% de valina en el pienso. El rendimiento de las cerdas no se vio afectado por la concentración de valina. En un estudio posterior (Richert *et al.*, 1997a), se alimentó a cerdas de primer y segundo parto con dos niveles de lisina en pienso (0,80 y 1,20%) y tres proporciones distintas de valina:lisina (80, 100 ó 120%) en un diseño factorial 2x3. Las cerdas consumieron un pienso de tipo trigo-cebada-soja durante un periodo de lactación de 25 días. La lisina, pero no la valina, aumentó el peso de la camada y redujo la pérdida de peso de la cerda, y no se observaron interacciones. Sin embargo, cuando los datos se separaron de acuerdo al tamaño de la camada, las cerdas que alimentaban a más de 10 lechones habían aumentado el peso de su camada a medida que aumentaba la valina en el pienso. El desigual espesor de la grasa dorsal al inicio de la prueba entre los grupos de cerdas puede haber distorsionado los resultados, porque los piensos con más valina fueron ofrecidos a las cerdas con mayor grasa dorsal para am-



bos valores de lisina. Por último, en un tercer estudio (Richert *et al.*, 1997b), la interrelación entre valina e isoleucina se estudió durante un ensayo de 20 días de lactación en el que las cerdas consumieron dos niveles de valina (0,72 y 1,07%) y tres de isoleucina (0,50, 0,85 y 1,20%) en piensos de tipo maíz-trigo-soja. Hubo sólo una tendencia hacia mayores pesos de las de las camadas cuando se incrementaban los niveles de valina o isoleucina, sin interacciones.

Un artículo posterior de Moser *et al.* (1998) indicaba que cuando se alimentaba cerdas con una dieta basada en maíz-soja (0,70% de valina) reforzada con valina cristalizada (1,1% de valina en la dieta) se observaba una ligera respuesta en la ganancia de peso de la camada (+4%). El tamaño de la camada en este estudio fue mayor de 10. En el mismo estudio, que también incorporaba dos niveles de leucina (1,55 y 1,95%) y dos niveles de isoleucina (0,85 y 1,25%), no hubo interacciones entre los AACR ni el rendimiento de los animales se vio afectado por la leucina, ni la isoleucina.

Posteriormente, el asunto de la valina se complicó más por los resultados de otro estudio (Matthews *et al.*, 1998), en el que cerdas multíparas consumieron un pienso de tipo maíz-soja suplementado con un 2,5% de harina de plumas como fuente de valina. Ni el rendimiento de las cerdas ni el de la camada se vio afectado por el suplemento de valina en forma de

harina de plumas, aunque, el tamaño de las camadas fue mayor de 10.

En un esfuerzo por clarificar si y bajo qué circunstancias las cerdas lactantes pueden necesitar niveles más altos de valina que los actualmente recomendados, el NCR-42 *Committee on Swine Nutrition* (NCR-42, 1998) llevó a cabo un estudio con 231 cerdas primi y multíparas en seis estaciones experimentales. Las cerdas fueron alimentadas con un pienso maíz-soja (0,90% de lisina y 0,8% de valina) durante un periodo de lactación de 25 días, y todas las camadas se ajustaron a 10 o más cerdos a los dos días después del parto. El *Committee* concluyó, basándose en el rendimiento de las cerdas y las camadas, que no había beneficio en la suplementación de valina para cerdas lactantes con camadas grandes cuando consumen un pienso de tipo maíz-soja.

Como conclusión, parece que a pesar de que las cerdas lactantes pueden utilizar valina como un precursor de energía en la síntesis de leche, las dietas basadas en maíz-soja proporcionan suficiente valina para satisfacer esas necesidades. Por tanto, la relación valina/lisina del 85% establecida por el NRC (1998) parece adecuada, como lo son también las recomendaciones para leucina e isoleucina.

Las referencias están disponibles bajo petición a:
ioannis.mavromichalis@nutral.com