Alimentación de lechones y cerdos de engorde

S. Illán Mateo
COPAGA SCCL

La alimentación de los cerdos en las fases de transición y engorde tiene el objetivo de conseguir que los animales lleguen a los diferentes pesos comerciales, dando el mayor rendimiento posible.

En el presente artículo se analizan diversos aspectos que pueden influir en el proceso para conseguir este objetivo. Empezaremos por un pequeño apunte sobre las necesidades nutricionales de los cerdos tanto en fase de transición como en el cebo.

Recomendaciones nutricionales

Las recomendaciones presentadas están ordenadas en relación al peso vivo del animal y mostrando los siguientes parámetros nutricionales: nivel de Energía Neta (EN: kcal/kg); relación entre Lisina Digestible Estandarizada respecto a la Energía Neta (Lys Dig Estandarizada/EN ratio: g/kg pienso/Mcal) y la relación del resto de aminoácidos esenciales en relación a la lisina, a saber: metionina + cisteína (M+C), treonina (Thr) y triptófano (Trp). Los datos son de diversos institutos y empresas: NCPP (National Committee for Pig Production -Dinamarca-); CVB (Centraal Veevoederbureau -Países Bajos-); ITP (Institut Technique du Porc -Francia-); BSAS (British Society of Animal Science -Inglaterra-); Degussa DIAG Internacional /Feed Additives (empresa de aditivos para nu-

trición animal); NRC (National Research Council -EE.UU.-); FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal -España-).

Solamente se exponen estos nutrientes por tener la mayor contribución en el precio final de la ración (**Cuadros I a V**).

Alimentación de lechones

El destete es el desafío más importante al que se enfrenta el lechón en toda su vida productiva. El paso de una alimentación líquida (leche) a sólida (pienso), ocasiona un importante estrés fisiológico y productivo. Conseguir reducir su efecto negativo, tiene consecuencias muy positivas en los rendimientos posteriores de nuestros cerdos, tanto en la propia fase de transición como en el engorde. Estos efectos se derivan de la falta de ingesta durante las primeras 24 a 72 horas post-destete, causante de la pérdida de peso que en numerosas ocasiones se observa en el periodo post-destete, y que es causa de la aparición de problemas digestivos.

En la formulación de los piensos de lechones se debe tener en cuenta diversas premisas que influirán sobre el éxito en la alimentación de lechones:

Cuadro I. Recomendaciones de Energía Neta (EN) en kcal/kg según peso vivo.

Kg Peso Vivo	EN (Kcal/kg)						
	NCPP	CVB	ITP	BSAS	Degussa	NRC	FEDNA
3	2510	2650	2510	2462	2557	2294	
5	2510	2650	2510	2462	2557	2294	2510
10	2510	2356	2510	2462	2486	2294	2462
15	2486	2293	2390	2462	2486	2294	2438
20	2486	2293	2390	2462	2390	2294	2318
25	2486	2293	2390	2462	2390	2294	2318
30	2486	2250	2271	2462	2390	2294	2318
35	2294	2250	2271	2342	2390	2294	2318
40	2294	2250	2271	2342	2390	2294	2318
45	2294	2250	2271	2342	2342	2294	2318
50	2294	2250	2271	2342	2342	2294	2318
55	2294	2250	2271	2342	2342	2294	2318
60	2294	2250	2271	2342	2342	2294	2271
65	2294	2250	2271	2247	2342	2294	2271
70	2294	2250	2271	2247	2342	2294	2271
75	2294	2250	2271	2247	2294	2294	2271
80	2294	2250	2271	2247	2294	2294	2271
85	2294	2250	2271	2247	2294	2294	2271
90	2294	2250	2271	2247	2294	2294	2271
95	2294	2250	2271	2199	2294	2294	2271
100	2294	2250	2271	2199	2294	2294	2271
105	2294	2250	2271	2199	2294	2294	2271
110	2294	2250	2271	2199	2294	2294	2271

- Paso de alimentación líquida a sólida (leche a pienso).
- Necesidad de estimular la ingesta temprana para reducir la pérdida de peso post-destete y reducir la incidencia de diarreas.
- Aprovechar el alto potencial de crecimiento de los lechones en las primeras semanas de vida: índice de conversión por debajo de 1 en la primera y segunda semana post-destete.
- Ayudar al establecimiento de los procesos fisiológicos intestinales que tienen lugar en el aparato digestivo maduro.

La obtención de estos objetivos se puede conseguir siguiendo una serie de pautas:

- Utilización de materias primas altamente digestibles, principalmente tras el destete. En el caso de la proteína, formular en aminoácidos digestibles.

- Mantener ratios adecuadas entre proteína indigestible y fibra dietética fermentable (inulina, fructooligosacáridos...), para la reducción de la incidencia de diarreas colibacilares.
- Estimulación de ingesta temprana con el uso de apetentes; edulcorantes que actúan a nivel de papilas gustativas linguales (sacarina sódica, neohesperidina dihidrochalcona, taumatina...), sustancias que estimulan ingesta por tener efecto indirecto sobre el SNC (sanguinarina, aceites esenciales...), incremento de niveles de triptófano.
- Reducir el uso de antibióticos y óxido de zinc (este último puede reducir el crecimiento y la ingesta).
- Utilización de aditivos funcionales con efecto de conservación de la integridad del

epitelio intestinal: glutamina, butirato sódico, nucleótidos, etc.

- Estrategias nutricionales que estimulan el sistema inmune, tanto local como sistémicamente: glutamina, nucleótidos, fibra dietética, saponinas, harina de huevo con anticuerpos, vitamina E y selenio, aceites esenciales, mananoligosacáridos, etc.
- Controlar poblaciones de la microbiota intestinal, favoreciendo las poblaciones de flora "benigna": *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*. Esto se ha descrito como alcanzable con el uso de probióticos y prebióticos.
- Control de patógenos con la utilización de ácidos orgánicos y aceites esenciales.
- El lechón es deficitario en ciertos enzimas endógenos en el momento del destete, y cuya secreción se incrementa con el tiempo. Por ello, la adición de enzimas (amilasas, pentosanas, pectinasas, proteasas...) para hidrolizar el contenido digestivo reduce las posibilidades de encontrar digesta indigerida que pueden ser sustrato para el crecimiento de microbiota patógena.

Todos estos puntos son fundamentales para tener éxito en la alimentación de los lechones destetados. Desgraciadamente, en los últimos tiempos, se han incrementado las dificultades para conseguir ese éxito, en forma de encarecimiento de las materias primas utilizadas habitualmente: plasma porcino, harina de pescado y derivados lácteos. Analizaremos qué materias primas y qué estrategias nutricionales pueden ayudar a reducir este incremento de coste.

Materias primas "alternativas"

La búsqueda consistirá en materias primas de alta digestibilidad, con funciones de protección digestiva, reducción de la aparición de procesos patológicos digestivos, que promuevan la activación del sistema inmunitario y que tengan facilidad de manejo en fábricas de pienso.

Existe actualmente la posibilidad de utilizar nuevos concentrados proteicos que pueden sustituir a aquellos que se han venido utilizando. Su disponibilidad cada vez es mayor y pueden

solucionar la situación creada con el aumento de precio de las materias primas. Deben ser materias primas con alta digestibilidad de aminoácidos y un perfil de aminoácidos adecuado (según concepto de proteína ideal). Ejemplos de estas materias primas son:

- Proteína de arroz.
- Aislado de proteína de guisante.
- Proteína hidrolizada de soja.
- Proteína de patata baja en solanina.
- Concentrado de levadura cervecera.
- Gluten de trigo hidrolizado.
- Harina de huevo.

Harina de huevo

Materia prima proveniente de huevos desechados para su consumo humano, a los que se les ha podido extraer la grasa, y cuya proteína es desnaturalizada mediante "spray-dry". El nivel de proteína varía entre el 45 y el 80%, dependiendo si se ha extraído el extracto etéreo. La proteína de huevo tiene un alto valor biológico, derivado de su perfil de aminoácidos, y una digestibilidad ileal de la proteína y de los aminoácidos superior al 95%. Si la harina mantiene la fracción lipídica, ésta también es de alta digestibilidad. Por tanto es un buen sustituto de los derivados lácteos. Coste

moderado-alto.

Harina de huevo con anticuerpos

La harina de huevo rica en anticuerpos se obtiene de gallinas que han sido desafiadas con ciertos patógenos, eminentemente digestivos. Así se pueden encontrar titulaciones de anticuerpos contra cualquier patología de la que se pueda utilizar su agente etiológico, siendo su disponibilidad de uso, la existencia de producto con anticuerpos a la patología que nos afecta. Existe un gran número de estudios donde se

“
Existen materias primas de alta digestibilidad, con funciones de protección digestiva, estimulantes del sistema inmune y fáciles de manejar, que pueden ayudar a reducir el incremento de costes
”

Cuadro II. Ratio entre Lisina Digestible estandarizada (Lys Dig. Est. en g/kg de pienso) y Energía Neta (EN) en kcal/kg según peso vivo.

Kg Peso Vivo	Lys Dig Est/EN ratio (g/kg pienso/Mcal)						
	NCPP	CVB	ITP	BSAS	Degussa	NRC	FEDNA
3	5,078	4,612	5,220	5,200	5,279		
5	5,078	4,612	5,220	5,200	5,279	5,188	5,300
10	5,078	4,422	5,220	5,200	4,747	5,188	5,078
15	4,613	4,089	4,812	5,200	4,747	4,351	4,717
20	4,613	4,089	4,812	5,200	3,766	4,351	3,796
25	4,613	4,089	4,812	5,200	3,766	3,598	3,796
30	4,613	3,709	3,788	5,200	3,766	3,598	3,796
35	3,591	3,709	3,788	4,440	3,766	3,598	3,796
40	3,591	3,709	3,788	4,440	3,766	3,598	3,796
45	3,591	3,709	3,788	4,440	3,458	3,598	3,796
50	3,591	3,138	3,788	4,440	3,458	2,887	3,796
55	3,591	3,138	3,788	4,440	3,458	2,887	3,796
60	3,218	3,138	3,788	4,440	3,458	2,887	3,259
65	3,218	3,138	3,347	3,783	3,458	2,887	3,259
70	3,218	3,138	3,347	3,783	3,458	2,887	3,259
75	3,218	3,138	3,347	3,783	3,094	2,887	3,259
80	3,218	3,138	3,347	3,783	3,094	2,259	3,259
85	3,218	3,138	3,347	3,783	3,094	2,259	3,259
90	3,218	3,138	3,347	3,783	3,094	2,259	3,259
95	3,218	3,138	3,347	3,229	3,094	2,259	3,259
100	3,218	3,138	3,347	3,229	3,094	2,259	2,643
105	3,218	3,138	3,347	3,229	3,094	2,259	2,643
110	3,218	3,138	3,347	3,229	3,094	2,259	2,643

demuestra su efectividad, tanto para *E. coli* K88 y F18 en comparación con plasma porcino, aislado de proteína de guisante, ácido fólico y óxido de zinc, (Owusu-Asiedu *et al*, 2003), así como su efecto positivo en la prevención de diarreas por *E. coli* y Rotavirus (Rizvi *et al*, 2001).

Glutamina

La glutamina es un nutriente esencial y aminoácido precursor para gran número de procesos metabólicos, muchos de ellos de gran importancia a nivel entéricos (síntesis de nucleótidos y procesos energéticos), tanto para los enterocitos del epitelio intestinal, como para las células del sistema inmune (Patience, 1990). Diversos autores han demostrado su eficacia tan-

to en experimentos donde es utilizada *per se* como en combinación con otros aditivos (Kilt *et al*, 2002, Groesbeck *et al*, 2005), ayudando a mantener la longitud de los *villi*, la profundidad de las criptas intestinales y la integridad y funcionalidad del epitelio intestinal (Pluske *et al*, 1996; Yi *et al*, 2002; Domeneghini *et al*, 2004, 2005), como en el control de *E. coli* K88 sin presencia de antimicrobianos en pienso y como alternativa al plasma porcino (Yi *et al*, 2005), y como estimulador de la respuesta inmune en lechones infectados por *E. coli*, por incremento de las Ig G séricas (Hernández *et al*, 2000).

Materias primas donde la glutamina es alta en relación al total de proteína bruta son el trigo y sus derivados. Es recomendable la utiliza-

ción del gluten de trigo, preferentemente hidrolizado, como fuente rica en glutamina digestible. También existen aditivos como el glutamato monosódico y la L-Glutamina, cuya disponibilidad es baja, y extractos de levaduras que son ricas en este aminoácido y en nucleótidos. La ratio Glutamina:Lisina está todavía por definir, pues los resultados entre diferentes estudios son diversos. Parece que la ratio más adecuada podría situarse entre el 120-150%.

Nucleótidos

Los nucleótidos son parte indispensable en todos los procesos biológicos. Componentes esenciales de la división celular, su uso está muy indicado en las fases iniciales del proceso de transición.

Éste es un periodo de alta tasa de renovación del epitelio intestinal y donde se requiere una activación importante del sistema inmune. Ambas situaciones demandan gran replicación y activación celular, haciendo interesantes a los nucleótidos como aditivo precursor de estos procesos. Las proporciones de nucleótidos que se encuentran en los piensos difieren del perfil que existe en la leche de las cerdas. Solamente el 5'CMP está en un porcentaje similar, pero el resto de nucleótidos (5'AMP, 5'GMP, 5'IMP, 5'UMP), difieren enormemente (Mateo *et al*, 2004). Esta podría ser una de las razones iniciales para su uso.

Diversos estudios muestran la eficiencia de los nucleótidos como preventivos de diarreas (Martínez-Puig *et al*, 2007), y su efecto sobre la activación del sistema inmune tras su adición (Pickard y Wiseman, 2005). Numerosos estudios muestran que el epitelio intestinal de animales suplementados dietéticamente con nucleótidos tiene mayor cantidad de ADN, mayor altura en vellosidades intestinales y profundidad de las criptas, mayor actividad disacaridasa, mejor recuperación después de sufrir patologías intestinales, y un número mayor de macrófagos y linfocitos a nivel intestinal que aquellos que no han sido suplementados con nucleótidos (Uauy, 1989; Domeneghini *et al*, 2004). Además de mejorar los resultados técnicos en la fase de transición, se ha visto que los lechones suplementados con nucleótidos tuvieron mejores rendimientos en la fase de engorde (Carlson *et al*, 2005).

Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos (ácidos grasos de cadena corta y de cadena media) más utilizados en alimentación animal son: fórmico, propiónico, láctico, cítrico, acético, fumárico, sórbico, caproico, caprílico y cáprico. Las diferentes acciones que tienen son:

- Aquellos con un pKa más bajo (fórmico, propiónico, láctico, acético), cuando se adicionan en forma libre, permiten la reducción del pH estomacal, que en los momentos cercanos al post-destete, por una situación de hipoclorhidria, no es lo más adecuado para conseguir la suficiente activación de las proteasas gástricas, que son secretadas en la forma de sus precursores, cimógenos, y de ese modo comenzar con los procesos de proteólisis adecuados (Cranwell, 1995).
- Efecto estimulador de las secreciones del páncreas exocrino, tanto en forma de ión bicarbonato, cómo estimulando la secreción de enzimas pancreáticas, deficientes en la vida temprana del lechón.
- Son sustancias altamente bactericidas, tanto para bacterias Gram- como Gram+. Cuando existen en forma no disociada, su forma activa, es lipofílica y se difunden a través de la membrana celular bacteriana. En el interior de la bacteria, que tiene un entorno de pH más alcalino, liberan protones, tóxicos para la célula bacteriana. Muchos de ellos tienen un pH de disociación del ácido (pKa) más bajo que el que existe en las zonas del digestivo donde deberían realizar su función contra los patógenos (tramos de duodeno y yeyuno), que tienen un pH cercano a 7. Para conseguir efectos directos sobre la flora, tenemos que "vehicular" los ácidos orgánicos, mediante diversos tipos de excipientado (mineral, vegetal, tamponados...) o protegidos con una cubierta lipídica (microencapsulados), y sobrepasar la desembocadura del conducto pancreático, para evitar la secreciones de ión bicarbonato. Las bacterias Gram- son sensibles a los ácidos orgánicos con menos de 8 átomos de carbono, mientras que las Gram+ lo son a los de cadena mayor, que son más lipofílicos.
- Cuando los encontramos en forma disociada, la mayoría son absorbidos pasivamente.

Cuadro III. Porcentaje de metionina y cisteína (Met+Cys) en relación a la lisina (Lys).

Kg Peso Vivo	Met+Cys ratio (% de Lys)						
	NCPP	CVB	ITP	BSAS	Degussa	NRC	FFDNA
3	53,70	60,00	61,07	59,38	60,00		
5	53,70	60,00	61,07	59,38	60,00	57,00	58,65
10	53,70	60,00	61,07	59,38	60,17	57,00	59,20
15	53,06	60,00	60,87	59,38	60,17	57,00	59,13
20	53,06	60,00	60,87	59,38	62,22	57,00	59,09
25	53,06	60,00	60,87	59,38	62,22	57,00	59,09
30	53,06	59,00	59,30	59,38	62,22	57,00	59,09
35	57,14	59,00	59,30	58,65	62,22	57,00	59,09
40	57,14	59,00	59,30	58,65	62,22	57,00	59,09
45	57,14	59,00	59,30	58,65	62,96	57,00	59,09
50	57,14	61,00	59,30	58,65	62,96	59,00	59,09
55	57,14	61,00	59,30	58,65	62,96	59,00	59,09
60	59,42	61,00	59,30	58,65	62,96	59,00	59,46
65	59,42	61,00	60,53	58,82	62,96	59,00	59,46
70	59,42	61,00	60,53	58,82	62,96	59,00	59,46
75	59,42	61,00	60,53	58,82	64,79	59,00	59,46
80	59,42	61,00	60,53	58,82	64,79	60,00	59,46
85	59,42	61,00	60,53	58,82	64,79	60,00	59,46
90	59,42	61,00	60,53	58,82	64,79	60,00	59,46
95	59,42	61,00	60,53	59,15	64,79	60,00	59,46
100	59,42	61,00	60,53	59,15	64,79	60,00	61,67
105	59,42	61,00	60,53	59,15	64,79	60,00	61,67
110	59,42	61,00	60,53	59,15	64,79	60,00	61,67

te por el epitelio intestinal, y son fuente de energía. El ácido butírico es fuente de energía directa para los enterocitos, propiedad que lo hace interesante en primeras fases post-destete, donde la integridad del epitelio está comprometida.

Aceites esenciales

El conocimiento de las actividades y propiedades de los principios activos de origen natural es tarea de la Farmacognosia. Estos principios activos pueden tener una naturaleza química diversa: compuestos fenólicos, isoflavonoides, alcaloides, taninos, polímeros de gran tamaño... Pueden tener una naturaleza polar y ser solubles en agua o ser solubles en solventes orgánicos. Podemos usar estos principios activos a partir de su extracción en aceites esenciales (sustancias como fenoles) o por extractos y/o mezclas

de plantas. Pueden obtenerse por medio de síntesis química.

Existen multitud de principios activos con infinidad de actividades, propiedades y aplicaciones, sinergismos y antagonismos. Tienen propiedades como: nutrientes, apetentes y aromatizantes, pigmentación, antifúngico, antibacteriano, antihelmínticos, antioxidantes, estimulantes del sistema inmune, hormonales, efectos similares a las vitaminas, antiestrés y antidepresivos, reguladores del metabolismo. Gran número de estudios describen el uso de estos principios activos y sus plantas:

- Antimicrobianos: orégano (timol, carvacrol), canela (cinamaldehído), clavo (eugenol). Potentes bactericidas, reducen poblaciones de *E. coli* y promueven el crecimiento de *Lactobacilli* y *Bifidobacteria* (Manzanilla *et al*, 2004; Nofrarías *et al*, 2006).

- Apetentes y estimulantes de las secreciones: papaveráceas (sanguinarina, quelerritrina y quelidonina). Inhibición de la descarboxilasa de aminoácidos aromáticos. Reduce degradación del triptófano (reducción de la producción de indol y escatol): menor sustrato para flora del intestino grueso (bactericida); mayor triptófano en sangre (precursor de serotonina, que incrementa ingesta por efecto a nivel de SNC e incrementa secreciones pancreáticas y hepáticas y la motilidad intestinal); influencia en metabolismo de las proteínas.

El uso combinado de ácidos orgánicos y aceites esenciales, principalmente aquellos con propiedades antimicrobianas (orégano, clavo, canela, pimiento rojo, ajo...), proporciona efectos sinérgicos en el control de diarreas. Estudios propios en lechones recién destetados muestran una reducción en el conteo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de *E. coli* en cultivo de heces en $5 \log_{10}$ respecto al control negativo, y en más de $2 \log_{10}$ respecto a los ácidos orgánicos y aceites esenciales de orégano por separado. Estas diferencias se reflejaron en los rendimientos productivos, donde el grupo ácidos orgánicos+aceites esenciales del orégano tuvo una mejora del 9,5% en Índice de Conversión y del 4,47% en Ganancia Media Diaria.

Respecto a los grupos de ácidos orgánicos y aceites esenciales de orégano por separado, la mejora también fue evidente.

Probióticos y prebióticos

La modificación de la microbiota digestiva puede conseguirse con la adición de probióticos y prebióticos.

Los probióticos son aquellos aditivos que comprenden la adición de microorganismos, generalmente vivos para conseguir el efecto comentado. Hay diversos microorganismos utilizados: diferentes de cepas de levadura de la cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*), *Bacillus cereus*, Enterococos... Sus efectos son interesantes, pero su resistencia a la temperatura ha sido discutida (piensos en pellet).

Los prebióticos son aquellas sustancias que tienen efecto de estimulación de la microflora digestiva positiva. Dentro de esta categoría entran muchas sustancias, pero tradicionalmente se han incluido los oligosacáridos no digesti-

bles: mananoligosacáridos, fructoligosacáridos, inulina, transgalactoligosacáridos, almidón resistente (betagluanos)... Su efecto de promoción de los *Bifidobacterium*, por ser su sustrato de fermentación, y la posterior producción de ácidos grasos volátiles, ayudan a la protección del aparato digestivo. También tienen efectos estimulantes del sistema inmune.

Sustitutivos de los lácteos

El encarecimiento actual de los lácteos, y las perspectivas de mantenimiento de precios altos, hace plausible la necesidad de buscar alternativas a su uso. La sustitución de la fracción proteica no conlleva mayor problema con el uso de concentrados proteicos altamente digestibles, como los mencionados anteriormente. El mayor problema lo encontramos en la sustitución de la fracción glicídica. La lactosa, disacárido mayoritario en la leche de la cerda, es la fuente de energía más importante para el lechón en el periodo peri-destete. Su digestibilidad es muy alta hasta las 4-5 semanas de vida. Tiene funciones prebióticas, pues promueve las poblaciones intestinales de *Lactobacilli*, ayudando a mantener un buen estado intestinal. Por tanto, su inclusión tiene claros beneficios sobre los rendimientos productivos. Todo esto conlleva la necesidad de construir una estrategia nutricional que pueda sobrellevar su sustitución. Debemos utilizar almidones, mono, disacáridos y oligosacáridos (dextrosa, sacarosa, fructosa, maltodextrinas) como fuente de energía, y controlar los procesos diarreicos con las diferentes posibilidades al alcance.

Ácidos grasos omega-3

Los ácidos grasos omega-3 (ácido linoléico, C18:3; ácido eicosapentanoico, C20:5 y ácido docosahexanoico, C22:6) y ácidos grasos omega-6 (ácido linoleico, C18:2; ácido araquidónico, C20:4), pueden considerarse esenciales por ser el organismo incapaz de sintetizarlos. Se encuentran en gran cantidad en aceites de pescado marinos y en la semilla de lino (aceite de linaza, semilla entera de lino extrusionada). Tienen diversas funciones esenciales, siendo entre las más importantes: componente de las membranas celulares, primordiales en células nerviosas; precursor de tromboxanos, eicosanoides, leucotrienos, prostaciclina y prostaglandinas, reguladores del sistema nervioso, sistema di-

Cuadro IV. Porcentaje de treonina (Thr) en relación a la lisina (Lys)

Kg Peso Vivo	Thr ratio (% de Lys)						
	NCPP	CVB	ITP	BSAS	Degussa	NRC	FEDNA
3	60,19	59,00	64,89	64,84	62,96		
5	60,19	59,00	64,89	64,84	62,96	62,00	63,91
10	60,19	59,00	64,89	64,84	62,71	62,00	63,20
15	61,22	59,00	65,22	64,84	62,71	62,00	64,35
20	61,22	59,00	65,22	64,84	65,56	63,00	63,64
25	61,22	59,00	65,22	64,84	65,56	63,00	63,64
30	61,22	57,00	65,12	64,84	65,56	63,00	63,64
35	64,94	57,00	65,12	65,38	65,56	63,00	63,64
40	64,94	57,00	65,12	65,38	65,56	63,00	63,64
45	64,94	57,00	65,12	65,38	65,43	63,00	63,64
50	64,94	60,00	65,12	65,38	65,43	65,00	63,64
55	64,94	60,00	65,12	65,38	65,43	65,00	63,64
60	66,67	60,00	65,12	65,38	65,43	65,00	63,51
65	66,67	60,00	64,47	64,71	65,43	65,00	63,51
70	66,67	60,00	64,47	64,71	65,43	65,00	63,51
75	66,67	60,00	64,47	64,71	70,42	65,00	63,51
80	66,67	60,00	64,47	64,71	70,42	65,00	63,51
85	66,67	60,00	64,47	64,71	70,42	65,00	63,51
90	66,67	60,00	64,47	64,71	70,42	65,00	63,51
95	66,67	60,00	64,47	64,79	70,42	65,00	63,51
100	66,67	60,00	64,47	64,79	70,42	65,00	65,00
105	66,67	60,00	64,47	64,79	70,42	65,00	65,00
110	66,67	60,00	64,47	64,79	70,42	65,00	65,00

gestivo, inmune, y de los procesos inflamatorios. Se está descubriendo como de gran importancia la ratio entre los ácidos grasos omega-3 y omega-6 que es aportada por la dieta en las diferentes especies animales, aunque todavía se requiere de más investigación en la especie porcina.

Estrategias para estimular la ingesta

Existen diversos proyectos en relación a este punto. La ingesta puede estar influida por:

- Nuevas tendencias apuntan a que la cinética de digestión de los almidones y la liberación y digestión de sus subunidades (mono y disacáridos), afectan a la liberación de la insulina. Altos picos de insulina, relacionados con la rápida absorción de los oligosacáridos del almidón de hidrólisis rápida de ciertos cereales (arroz,

maíz), pueden ocasionar una reducción en la ingestión, por un “feedback” negativo a nivel de SNC. Cereales de más lenta digestión, que favorecen un tránsito más lento de la digesta, producen un nivel sostenido de insulina que mantiene la ingestión durante el tiempo. La velocidad de digestión de los almidones depende de su composición, principalmente de la relación amilosa-amilopectina.

- La utilización de aditivos que reducen la metabolización intestinal del triptófano, y por tanto incrementan los niveles de serotonina (extractos de papaveráceas).
- Uso de edulcorantes y apetentes naturales. Efecto local y/o sistémico.
- La utilización de concentrados proteicos altamente digestibles, que reducen la fermentación bacteriana de los polipéptidos

no digeridos, y por tanto la producción de aminas biógenas, muchas de las cuales tienen efecto inflamatorio a nivel intestinal y un efecto negativo en la ingesta.

- Uso de aditivos que mejoran la salud intestinal.
- Adición de materias grasas ricas en ácidos omega-3 (aceite de pescado, aceites de linaza, semilla de lino extrusionada). Se ha visto que tienen una influencia positiva sobre la ingestión de pienso.

Alimentación en cerdos de cebo

La situación de encarecimiento de las materias primas, principalmente de los cereales, también es aplicable en la alimentación del cebo. Han aparecido nuevas materias primas, en forma de subproductos de la producción de biocombustibles, que hasta la fecha eran escasos, o en su defecto, no eran ofertados: DDGS de cereales (distiller's dried grains and solubles) y glicerina.

En la situación actual, parece indispensable el formular en Energía Neta y en aminoácidos digestibles. Esta estrategia nos permitirá reducir la proteína bruta de la dieta, reducir el incremento térmico que provoca su metabolización y reducir las emisiones de nitrógeno en las deyecciones de nuestros animales. Además, un menor aporte proteico reduce en cantidad el sustrato, que es la proteína indigerida para los patógenos que se encuentran en el tramo posterior de intestino (ileon e intestino grueso), viéndose así reducida la incidencia de procesos digestivos.

Nuevas materias primas. Glicerina y DDGS de cereales

La glicerina es un subproducto de la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales. Es un hidrato de carbono de fácil absorción y palatable por su dulzor. Es higroscópico, característica que lo hace difícil de utilizar en fábricas de pienso. Debería incluirse por la vía de los líquidos. Podría llegar a influir en la calidad de la canal (por saturación de la grasa). La glicerina para alimentación animal se comercializa con una riqueza del 80-85%. La glicerina pura (> 92%), se dirige a farmacia y pa-

rafarmacia. Una glicerina de calidad no debe contener impurezas del proceso de extracción como son el biodiesel y el metanol. En porcino, su nivel de inclusión dependerá de su calidad. Se han descrito incorporaciones de hasta el 10%. Su valor energético (Energía Neta porcino, producto puro al 100%) es de 3.056 kcal.

Los DDGS (distiller's dried grains and solubles), son el subproducto de la producción de etanol por extracción del almidón de los cereales. Su disponibilidad se ha visto aumentada por el incremento de la producción de etanol. La mejora en los procesos de extracción ha hecho que mejore la digestibilidad de sus aminoácidos, permitiendo una mayor incorporación en dietas de cebos de engorde y cerdas. Los DDGS son subproductos de baja energía, pero de proteína bruta y fibra bruta altas. Ricos en lisina, treonina y triptófano totales, pero de coeficiente de digestibilidad bajo y variable, dependiendo de la calidad del procesado. La disponibilidad del fósforo es muy alta. Según cual sea el cereal de origen, su nivel de incorporación debe equilibrarse según el perfil de ácidos grasos de la dieta, pues puede tener efectos negativos sobre la canal, por exceso de ácidos grasos insaturados (DDGS maíz). Niveles de incorporación de DDGS de maíz del 20% pueden ser viables. La calidad organoléptica del producto puede comprobarse a nivel visual, siendo de un color amarillento más claro de buena calidad, y marrón oscuro el de menor.

Se ha descrito que la incorporación de DDGS de maíz puede reducir las lesiones por *Lawsonia intracellularis* en cerdos (Whitney *et al.*, 2006).

Fibra dietética

La fibra dietética (FD) o polisacáridos no amiláceos (PNA) son los componentes vegetales de la dieta resistentes a la hidrólisis enzimática por los enzimas digestivos de los monogástricos, pero que sí son hidrolizables por enzimas de origen microbiano. Los PNA pueden dividirse entre solubles (digeribles) e insoluble (parcialmente indigestibles). Existen grandes diferencias entre materias primas en relación a la composición, cantidad y digestibilidad de los PNA. La capacidad que tiene el cerdo para digerirlos depende en gran medida del nivel de ingestión de PNA y del peso vivo del animal.

Cuadro V. Porcentaje de triptófano (Trp) en relación a la lisina (Lys).

Kg Peso Vivo	Trp ratio (% de Lys)						
	NCPP	CVB	ITP	BSAS	Degussa	NRC	FEDNA
3	19,44	19,00	19,08	18,75	17,78		
5	19,44	19,00	19,08	18,75	17,78	18,00	19,55
10	19,44	19,00	19,08	18,75	17,80	18,00	19,20
15	19,39	19,00	19,13	18,75	17,80	18,00	19,13
20	19,39	19,00	19,13	18,75	18,89	18,00	18,18
25	19,39	19,00	19,13	18,75	18,89	18,00	18,18
30	19,39	19,00	18,60	18,75	18,89	18,00	18,18
35	18,83	19,00	18,60	19,23	18,89	18,00	18,18
40	18,83	19,00	18,60	19,23	18,89	18,00	18,18
45	18,83	19,00	18,60	19,23	18,52	18,00	18,18
50	18,83	19,00	18,60	19,23	18,52	18,00	18,18
55	18,83	19,00	18,60	19,23	18,52	18,00	18,18
60	18,84	19,00	18,60	19,23	18,52	18,00	18,24
65	18,84	19,00	18,42	18,82	18,52	18,00	18,24
70	18,84	19,00	18,42	18,82	18,52	18,00	18,24
75	18,84	19,00	18,42	18,82	18,31	18,00	18,24
80	18,84	19,00	18,42	18,82	18,31	19,00	18,24
85	18,84	19,00	18,42	18,82	18,31	19,00	18,24
90	18,84	19,00	18,42	18,82	18,31	19,00	18,24
95	18,84	19,00	18,42	18,31	18,31	19,00	18,24
100	18,84	19,00	18,42	18,31	18,31	19,00	18,33
105	18,84	19,00	18,42	18,31	18,31	19,00	18,33
110	18,84	19,00	18,42	18,31	18,31	19,00	18,33

Dentro de los PNA solubles encontramos: betaglucanos (cebada), arabinosilanos (trigo), pectinas y galactomananos. Los PNA insolubles lo forman la celulosa y hemicelulosa, lignina y ciertas pectinas. La fermentación de los PNA solubles conlleva la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), fuente energética para enterocitos y con efecto regulador de la flora intestinal. Esta fermentación se produce principalmente en el ciego. También puede producir un enlentecimiento del proceso digestivo, por aumento de la viscosidad intestinal. La fibra insoluble tiene efectos sobre la motilidad intestinal, debido a sus propiedades físicas de retención de agua e incremento del volumen intestinal.

Las propiedades y efectos más interesantes de la fibra dietética son su capacidad de regula-

ción de la microbiota digestiva, a partir de su fermentación. La capacidad que tienen los lechones de realizar la fermentación de los PNA es limitada, cosa que no sucede así en el cebo.

Los efectos positivos derivados de la inclusión de fibra en la dieta de lechones y cerdos de engorde, depende de la ratio entre fracción soluble e insoluble que aportemos con la dieta. Altos niveles de inclusión de pectinas pueden reducir el consumo, afectar negativamente al epitelio intestinal y predisponer a la aparición de diarreas (Hedemann *et al*, 2006), mientras que la fibra insoluble mejoró la protección a patógenos, incrementando a su vez la actividad enzimática. Existe algún estudio que muestra la influencia negativa que ejercen los PNA rápidamente fermentables sobre la aparición de disentería. (Pluske *et al*, 1998).

Modelización

Existe cierta discrepancia sobre si los ratios L:sina:Energía Neta deben modificarse según la línea genética utilizada. Este punto se relaciona con el diferente potencial de deposición de la proteína entre las diferentes genéticas. Algunos autores comentan que las diferencias son tan pequeñas que pueden ser asumibles y que no conlleven un cambio en las recomendaciones. Otros autores hablan de la necesidad de conocer a la perfección cómo es el crecimiento de nuestros animales, cuándo decae la deposición de proteína de nuestros cerdos y, por tanto, diseñar una nutrición "a la carta", según la línea genética que poseamos. De ahí nace la necesidad de "modelizar" el crecimiento del cerdo, prediciendo cuál será su rendimiento, su composición corporal, es decir, la máxima expresión del fenotipo del animal. Ello se obtiene a partir del análisis y calibración de los diversos componentes que lo afectan: nutrición, ambiente, genotipo (características de la línea), cuantificando matemáticamente los diferentes factores.

Diversas herramientas informáticas de modelización están disponibles en el mercado, haciendo más sencillo a técnicos y productores la predicción del crecimiento de sus animales: InraPorc, Aminoswine, etc.

Referencias

- BSAS. 2003. Nutrient Requirement Standards for Pigs. British Society of Animal Science. Penicuik, United Kingdom.
- Carlson MS, Veum TL, Turk JR. Effects of yeast extract versus animal plasma in weaning pig diets on growth performance and intestinal morphology. *J Swine Health Prod.* 2005;13(4):204-209.
- Cranwell, P.D. 1995. Development of the neonatal gut and enzyme systems. In the Neonatal Pig - Development and Survival, pp 99-154. CAB International.
- Domenechini C., Di Giancamillo A., Savoini G., Paratte R., Bontempo V. Dell'Orto V. (2004). Structural patterns of swine ileal mucosa following L-Glutamine and Nucleotides administration during the weaning period. An histochemical and histometrical study. *Histol. Histopathol.* 19, 49-58.
- Domenechini C., Di Giancamillo, A., Bosi, G. and Arrighi S. (2005). Can nutraceutical affect the structure of intestinal mucosa? Qualitative and quantitative microanatomy in L-Glutamine diet-supplemented weaning piglets. *Vet. Res. Comm.*
- FEDNA. 2006. Necesidades Nutricionales para Ganado Porcino: Normas Fedna. De Blas, C., Gasa, J., Mateos, G.G., López-Bote, C., Aguilera, J. (eds.) Fedna. Madrid.
- Hedemann, M.S., Eskildsen, M., Lærke, H.N., Pedersen, C., Lindberg, J.E., Laurinen, P., Bach Knudsen, K.E. 2006 Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties *J Anim Sci* 2006 84: 1375-1386.
- Hernández, J., Borbolla, A., Mendoza, R., García, G. 2000 Glutamine Stimulates the synthesis of immunoglobulin IgG in Infected Early Weaned Pigs. *J. Anim. Sci.* 2000.78 Suppl.1 175.
- InraPorc® INRA - Agrocampus, Unité Mixte de Recherches "Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine" (UMR SE-NAH), Ajinomoto Eurolysine S.A.S.
- Jorgensen, L., Tybirk, P. 2005. Danish feed Evaluation System: Nutrient Standards. 12th Edition. Landsudvalget for Svin.
- Kilt, S.J., Millar, P.S., Lewis, A.J., Fischer, R.L., Effects of Glutamine on Growth Performance and Small Intestine Villus Height in Weaning Pigs. Nebraska Swine Report, 2002. University of Nebraska Cooperative Extension EC 02-219-A.
- Manzanilla, E.G., Perez, J.F., Martin M., Kamel, C., Baucells, F., Gasa, J. 2002. Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 2004. 82:3210-3218.
- Martínez-Puig, D., Manzanilla, E.G., Morales, J., Borda, E., Pérez, J.F., Piñero, C., Chetrit, C. 2007. Dietary Nucleotides supplementation prevents diarrhoeas of early weaned piglets. *Livestock Science*, vol. 108: 276-278.
- Mateo, C. D., Peters, D. N., Stein, H. H. 2004. Nucleotides in sow colostrum and milk at different stages of lactation. *J. Anim. Sci.* 2004. 82:1339-1342.
- National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition. Subcommittee on Swine Nutrition, Committee on Animal Nutrition. The National's Academy Press. National Academy of Science.
- Nofrarias, M., Manzanilla, E. G., Pujols, J., Gibert, X., Majó N., Segalés, J. Gasa J. Effects of spray-dried porcine plasma and plant extracts on intestinal morphology and on leukocyte cell subsets of weaned pigs *J. Anim. Sci.* 2006. 84:2735-2742 doi:10.2527/jas.2005-414.
- Owusu-Asiedu, A., Nyachoti, C. M., Marquardt, R. R. 2003. Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic. *J. Anim. Sci.* 2003. 81:1790-1798.
- Patience, J.F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. 1990. *J. Anim. Sci.* 1990.68:398-408.
- Pickard, J. A. Wiseman, J. 2004. The effect of dietary nucleotide supplementation on immune status of post-weaned pigs. *Proceedings of The British Society of Animal Science.* p: 16.
- Pluske, J.R., Durmic, Z., Pethick, D.W., Mullan, B.P., Hampson, D.J. 1998. Confirmation of the Role of Rapidly Fermentable Carbohydrates in the Expression of Swine Dysentery in Pigs after Experimental Infection. *J. Nutr.* 1998 128: 1737-1744.
- Pluske, J.R., I.H. Williams and F.X. Aherne. 1996. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Anim. Sci.* 62:131-144.
- Rizvi, S., Harbour, D.A., Pearson, G. R., Patel, D., Stokes, C. R., Miller, B. G. 2001. The use of hyper-immunised egg as a source of prophylactic antibodies in the neonatal piglet. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 2001: p:23.
- Tsinas AC, Kyriakis SC Bourtzi-Chatzopoulou E, Arsenakis M, Sarris K, Papasteriades A, Lekkas S. 1998. Control of porcine proliferative enteropathy by in-feed application of *Origanum* essential oils. *Proceedings of the IPVS Congress*, p.106.
- Uauy R. (1989). Dietary nucleotides and requirements in early life. In: *Textbook of gastroenterology and nutrition*. Leibelthal E. (ed.) Raven Press, New York. pp 265-280.
- Whitney, M.H., Shurson, G.C., Guedes R.C. 2006. Effect of dietary inclusion of distiller's dried grains with solubles on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1870-1879.
- Yi, G. F., G. L. Allee, Y. Toride, J. L. Ustry, and A. M. Gaines. 2002. Impact of glutamine, glutamate, and nucleotide on the growth performance and intestinal morphology of weaned piglets. *J. Anim. Sci.* 80(Suppl. 1):198. (Abstr.).
- Yi, G.F., Carroll, J. A., Allee, G. L., Gaines, A. M., Kendall, D. C., Zurri, J. L., Toride, Y., Izuru, S. 2005. Effect of glutamine and spray-dried plasma on growth performance, small intestinal morphology, and immune responses of *Escherichia coli* K88+ challenged weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 2005. 83:634-643