

EL NUEVO NRC DE GANADO PORCINO

Hans H Stein, University of Illinois
hstein@illinois.edu

1.- INTRODUCCIÓN

La 10ª edición revisada de Necesidades Energéticas de Ganado Porcino fue publicada por la editorial de National Academy Press en 1998. Una década más tarde se ha puesto de manifiesto que una revisión era necesaria y se iniciaron discusiones para llevarla a cabo. Un proyecto de propuesta se presentó en Febrero de 2009 y se alcanzó un compromiso para realizar la revisión, una vez que sus costes fueron identificados. Posteriormente, se contactaron agencias para proveer esos fondos y en Mayo de 2009 la financiación necesaria quedó asegurada. Las agencias patrocinadoras incluyeron la National Pork Board, la American Feed Industry Association a través de Institute for Feed, Education and Research, la Illinois Corn Marketing Board, la Nebraska Corn Board, la Minnesota Corn Growers Association, el U. S. Food and Drug Administration, y fondos propios del NRC.

A continuación, la National Academy aprobó el proyecto y a lo largo del verano y otoño de 2009 se constituyó un comité formado por diez nutricionistas de ganado porcino. El comité se aprobó en Noviembre de 2009 y se estableció un plan de trabajo y unas normas para realizar la revisión. El plan incluía una actualización de las necesidades de energía y de nutrientes para todas las categorías de animales, así como de la base de datos de composición de alimentos y del modelo de cálculo para incluir información sobre los nuevos ingredientes procedentes de la industria del maíz y de la soja, revisar los efectos de los aditivos alimenticios utilizados habitualmente en la práctica, describir los efectos del procesado de los alimentos, discutir las estrategias para incrementar los niveles de

retención de nutrientes y reducir su excreción, y para describir áreas donde se considera necesario realizar investigación en el futuro.

La primera reunión del comité de trabajo tuvo lugar en Enero de 2010 y los miembros del comité acordaron un borrador de trabajo y reparto de las actividades a realizar. El trabajo se realizó durante los siguientes 18 meses y los últimos capítulos se completaron en Julio de 2011. Todos los capítulos se asignaron entonces a revisores externos que proporcionaron sugerencias comentarios y formularon preguntas para cada capítulo. El comité revisó los documentos y contestó los comentarios de los revisores en Noviembre de 2011. El documento final se aprobó en Diciembre de 2011 y se envió a la editorial para su impresión. La 11ª edición revisada de las “Normas de Necesidades de Nutrientes para Ganado Porcino” se publicó en Julio de 2012 y representa los resultados de los esfuerzos combinados de los miembros del comité. Mientras que la 10ª edición revisada contenía 11 capítulos, 188 páginas y 79 ingredientes alimenticios, la 11ª edición revisada se amplió a 17 capítulos, 400 páginas y 122 ingredientes.

2.- ENERGÍA, AMINOÁCIDOS, LÍPIDOS Y CARBOHIDRATOS

En el capítulo 1 se incluye información sobre aspectos generales del metabolismo energético y del cálculo de los valores de energía digestible (ED) o metabolizable (EM). Se proporcionan ecuaciones para el cálculo de valores de energía neta (EN) y se concluye que la siguiente ecuación que está basada en el contenido en ED y la composición en nutrientes de los alimentos es la más práctica para la estimación de su contenido en EN:

$$EN = (0,70 \times ED) + (1,61 \times \text{extracto etéreo}) + (0,48 \times \text{almidón}) - (0,91 \times \text{proteína bruta}) - (0,87 \times \text{FAD})$$

ED y EN están expresadas en kcal/kg y el extracto etéreo, almidón, proteína bruta y FAD en g/kg.

La ecuación, que fue adaptada de Noblet et al. (1994), se usa también para calcular la EN de los alimentos que se incluyen en las tablas.

Los factores que determinan la utilización de la energía en ganado porcino han sido discutidos y se concluye que el metabolismo energético está influido por el estado fisiológico del animal, la temperatura ambiente y la actividad física. Las causas que afectan a las necesidades de mantenimiento de energía se discuten detalladamente y se propone que

la EM para mantenimiento se prediga en cerdos en crecimiento y cebo utilizando la siguiente ecuación:

$$EM_m (\text{cerdos crecimiento-cebo}) = 197 \text{ kcal/kg PV}^{0,60}$$

Esta ecuación fue adaptada a partir de Birkett y de Lange (2001) y refleja que la energía de mantenimiento en cerdos en crecimiento se predice más correctamente a partir del $PV^{0,60}$ que a partir del $PV^{0,75}$, que es el que fue utilizado en el NRC (1998). Sin embargo, se concluye también que el $PV^{0,75}$ debería utilizarse para predecir las necesidades energéticas de mantenimiento de cerdas lactantes y gestantes a partir de las siguientes ecuaciones:

$$EM_m (\text{cerdas gestantes}) = 100 \text{ kcal/kg PV}^{0,75}$$

$$EM_m (\text{cerdas lactantes}) = 110 \text{ kcal/kg PV}^{0,75}$$

La 11ª revisión del NRC también considera los efectos de la inmunización frente a la GnRH y el uso de Ractopamina en piensos para cerdos de acabado.

El capítulo 2 describe los aminoácidos que están presentes en los alimentos y los clasifica en esenciales, no esenciales y esenciales condicionados. La base teórica para determinar las necesidades de aminoácidos para ganado porcino se explica con detalle y se referencian numerosos estudios en los que se midieron estas necesidades en diferentes categorías de animales. Las necesidades teóricas de aminoácidos para mantenimiento y crecimiento son descritas y se discuten las necesidades para los diferentes procesos productivos. Así por ejemplo, para cerdas gestantes se consideran necesidades para seis procesos diferentes que conjuntamente permiten calcular las necesidades totales. Se presentan finalmente las eficacias de utilización de los aminoácidos alimenticios para mantenimiento y crecimiento, concluyéndose que la eficacia de utilización (por encima de mantenimiento) de la lisina digestible ileal estandarizada para la deposición de proteína disminuye desde un 68,2% en cerdos de 20 kg PV hasta un 56,8% en cerdos de 120 kg PV. También se explican aspectos relacionados con el cálculo de las necesidades de aminoácidos para diferentes categorías de cerdos. Así, para cerdos en crecimiento se proponen necesidades diferenciadas para cerdas, cerdos castrados y machos eneros, discutiéndose el uso de la Ractopamina y de la inmunización frente a GnRH.

En el capítulo 3 se describen aspectos teóricos del metabolismo lipídico, la síntesis y la deposición de lípidos, y las necesidades de ácidos grasos específicos. Se presentan también los procedimientos analíticos utilizados para determinar la concentración en

lípidos y ácidos grasos de los alimentos así como métodos de control de calidad y procedimientos para estimar la estabilidad oxidativa de las grasas. Se discute la esencialidad de los ácidos grasos y se concluye que los ácidos grasos n-3 pueden tener efectos positivos sobre la respuesta inmune de los cerdos. Aunque los lípidos oxidados pueden tener una influencia negativa sobre la funcionalidad de la barrera de la mucosa intestinal, se pone en evidencia que por el momento la información existente en ganado porcino no es concluyente. La digestibilidad de los lípidos de los alimentos es analizada y se propone un método para el cálculo de la ED de las grasas a partir de su composición. Se discute el efecto de la adición de grasas a piensos de cerdos en crecimiento y de cerdas adultas sobre el rendimiento productivo y sus consecuencias sobre la calidad de la grasa de la carne. También se explica la correlación teórica entre el índice de iodo de la dieta y la calidad de la grasa producida.

En el capítulo 4 se describen los diferentes carbohidratos incluidos en los alimentos y se establece su clasificación en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. También se discuten los diferentes métodos de análisis de estos componentes. Se explican los factores relacionados con la digestibilidad y fermentabilidad potencial de cada uno de ellos y su contribución al valor energético del pienso. También se mencionan funciones no energéticas ligadas a algunos carbohidratos (oligosacáridos y componentes de la pared celular).

3.- AGUA, MINERALES Y VITAMINAS

El capítulo 5 describe la importancia del agua en la nutrición de ganado porcino. Los cerdos contienen entre un 48 y un 82% de agua dependiendo de su tamaño, y el agua es necesaria para la mayoría de las reacciones bioquímicas corporales. En el texto se describe el balance del agua en ganado porcino y se concluye que sus necesidades se encuentran entre 80 y 120 ml/kg de PV en cerdos en crecimiento y cerdas no lactantes. Sin embargo hay muchos factores que influyen en el consumo de agua. Entre ellos se encuentran el consumo de alimentos, el tipo de ingredientes, la temperatura ambiente, la humedad y el estado sanitario del animal. El uso real de agua es, por tanto, muy superior a las necesidades teóricas y se recomienda que el agua se suministre ad libitum a los animales. Un caso aparte son las cerdas en lactación como consecuencia de sus elevadas necesidades de agua para la síntesis de leche. Las cerdas lactantes pueden beber hasta 40 litros de agua por día y su consumo puede aumentar si la dieta se suministra mezclada con agua. La calidad de agua también se considera y se presentan normas de calidad del agua de bebida.

Los minerales que se utilizan en piensos de porcino se describen en el capítulo 7. Se mencionan su función y la biodisponibilidad esperada de distintos macro y microminerales y se explica el método de cálculo del balance electrolítico del pienso a partir de las concentraciones de algunos macrominerales. También se discuten los síntomas de deficiencia de minerales y sus límites de tolerancia cuando un exceso de los mismos puede resultar perjudicial para el crecimiento.

Uno de los cambios que se han producido entre las ediciones del NRC de 1998 y 2012 es que los valores de biodisponibilidad relativa del fósforo ya no se utilizan. En su lugar se usan valores de digestibilidad total estandarizada (STTD) del fósforo para la estimación de las necesidades y del valor nutritivo de los alimentos en las tablas de composición. La base teórica para utilizar los valores STTD del fósforo se presentan en el capítulo 7 y se describe el método de cálculo en esta unidad de valoración. En base a datos publicados también se concluye que las necesidades de fósforo de cerdos en crecimiento pueden calcularse a partir de la retención de nitrógeno, ya que se ha observado una estrecha relación lineal entre los contenidos corporales de fósforo y nitrógeno. También se concluye que las necesidades de fósforo para maximizar la ganancia de peso y la eficacia alimenticia son solamente un 85% del fósforo necesario para maximizar la mineralización de los huesos. Sin embargo, para calcular las necesidades de fósforo se ha asumido que la eficacia de utilización del fósforo STTD para la retención corporal es de sólo un 77%, aunque muchos experimentos han mostrado que estaría próxima a un 100%. Por tanto, hay un margen de seguridad considerable en el cálculo de las necesidades de fósforo. Es necesaria más investigación en el futuro para determinar si esos márgenes de seguridad son realmente necesarios. Aún así, las necesidades de fósforo STTD son menores que las publicadas en el NRC de 1998.

El capítulo 7 corresponde a la nutrición vitamínica. En él se describen brevemente las funciones biológicas de las vitaminas liposolubles e hidrosolubles y se mencionan las diferencias esperadas en biodisponibilidad entre las diferentes formas de vitaminas. Para el caso específico de la vitamina E se discuten las diferencias entre la vitamina natural y sintética, así como las diferencias entre las muchas formas disponibles de vitamina E sintética. El impacto de la vitamina D sobre la utilización de los minerales es también discutido y se describen nuevos trabajos sobre las necesidades de esta vitamina en ganado porcino. En el caso específico de cerdas adultas, las necesidades de vitamina D aumentan considerablemente porque resultados de trabajos recientes indican que los rendimientos de las cerdas y sus camadas mejoran si se incrementan los niveles de vitamina D en el pienso. También se describen los síntomas de toxicidad de un suministro excesivo de vitamina A y D, mientras que se concluye que no hay evidencia de toxicidad de niveles excesivos de ninguna vitamina hidrosoluble.

Uno de los desafíos para la estimación de las necesidades vitamínicas es que su actividad a menudo se reduce cuando los alimentos son almacenados, así como por otros muchos factores. Por tanto, es una práctica común ignorar el aporte de vitaminas en los alimentos y suministrar las necesidades íntegramente en una premezcla. Sin embargo, la actividad de las vitaminas en esas premezclas también puede disminuir con el tiempo por lo que es necesario analizar cuidadosamente la actividad de las vitaminas suministradas a ganado porcino.

4.- MODELO DE CÁLCULO

Al igual que en el caso de la 10ª edición revisada del NRC de ganado porcino, se ha desarrollado un modelo para calcular las necesidades de nutrientes y de energía para cerdos en crecimiento y cerdas gestantes y lactantes para la 11ª edición revisada. Sin embargo, las necesidades de nutrientes para cerdos de menos de 20 kg no se generan por el modelo. Las bases de cálculo se describen en el capítulo 8 y se proporcionan los inputs utilizados. Tal como se mencionó más arriba, las necesidades se calculan para hembras, machos castrados y machos enteros y también se incluyen los efectos del uso de Ractopamina o de la inmunización frente a GnRH. El modelo usa valores de energía metabolizable, digestibilidad ileal estandarizada (SID) de aminoácidos y los STTD del fósforo como base para todos los cálculos, pero el modelo también estima valores de ED y EN. Igualmente, las necesidades de aminoácidos y de fósforo pueden convertirse a valores de digestibilidad ileal aparente y digestibilidad fecal aparente, respectivamente. Las necesidades de calcio total se estiman como $2,15 \times$ fósforo STTD y son también calculados por el modelo.

Para estimar las necesidades de nutrientes el usuario debe especificar los valores esperados de consumo de energía y rendimiento de los animales. A partir de ellos el modelo calcula la retención de proteína y de lípidos y los cambios de peso vivo. En cerdas gestantes, estos cambios son estimados a partir de cambios en la cerda, en los fetos y en los tejidos reproductivos. En cerdas lactantes, también se estiman la ganancia de peso de la camada y la ganancia de peso de la cerda. A continuación, las necesidades para aminoácidos SID, fósforo STTD y calcio total son calculados. El modelo puede también ser utilizado para calcular valores de retención de nitrógeno, fósforo y carbono, y al expresarlos en relación al consumo, permiten calcular las eficacias de utilización de estos elementos. Los valores de retención de carbono se estiman suponiendo que la proteína y la grasa retenidas contienen un 53 y un 66% de carbono, respectivamente. Igualmente, se ha desarrollado una guía detallada de uso y un tutorial para ayudar a los usuarios en la comprensión y uso del modelo.

5.- COPRODUCTOS, ADITIVOS Y CONTAMINANTES ALIMENTICIOS

Tal como se mencionó anteriormente, el comité fue encargado de incluir información sobre nuevos ingredientes producidos por las industrias del maíz y de la soja. La justificación de este encargo estaba en que desde la publicación de la 10ª edición se ha producido una expansión de la industria de los biocombustibles por lo que nuevos ingredientes originados en esta industria son ahora altamente disponibles en Estados Unidos y en muchos otros países. Análogamente, la industria de la soja ha experimentado cambios considerables a partir de los cuales están ahora disponibles nuevos ingredientes. En respuesta a este encargo, el comité elaboró el capítulo 9 que describe cada uno de los nuevos alimentos generados por estas industrias. Esta descripción incluye el origen, definición, concentración de nutrientes y digestibilidad de la energía, aminoácidos y fósforo de 11 co-productos del maíz y 9 de la soja. Se describen también las diferencias entre los ingredientes (por ejemplo, granos secos de destilería vs. granos secos de destilería con solubles, germen de maíz vs. harina de germen de maíz, concentrado de proteína de soja vs. aislado de proteína de soja, harina de soja con enzimas vs. harina de soja fermentada, etc).

El capítulo 10 contiene una revisión sobre los aditivos alimenticios no nutritivos que pueden utilizarse en piensos para ganado porcino. Los aditivos cuyo uso se discute incluyen promotores de crecimiento antibióticos, antihelmínticos, acidificantes, probióticos, oligosacáridos no digestibles, extractos de plantas, enzimas exógenas (carbohidrasas y fitasas), saborizantes, bloqueantes de micotoxinas, antioxidantes, compuestos que favorecen la granulación y Ractopamina. Para cada aditivo se incluye una breve definición, la descripción de los productos en cada categoría con unos niveles de inclusión y con los efectos esperables. Para los antibióticos promotores del crecimiento, antihelmínticos y Ractopamina, su uso está regulado por la U.S. Food and Drug Administration y por ello se indican los niveles de inclusión permitidos y los periodos requeridos de retirada.

El capítulo 11 describe los contaminantes con efectos perjudiciales que pueden estar presentes en los ingredientes alimenticios o en los piensos. El hecho de que este capítulo se haya incluido en el NRC 2012 no indica que tengamos un problema de contaminación alimentaria en Estados Unidos. Sin embargo, sí existen informes sobre la presencia de estos contaminantes en piensos suministrados en Europa y Asia. Los contaminantes alimenticios que se describen en este capítulo incluyen compuestos químicos (pesticidas, micotoxinas, metales pesados, melamina y dioxinas), biológicos (encefalopatía espongiiforme bovina, *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Escherichia coli*, *Mycobacterium* spp., *Pseudomonans* spp., *Salmonella enterica*, and *Staphylococcus* spp.) y físicos (plásticos, cristales, metales y

restos de animales) que accidentalmente pueden acabar en la cadena alimentaria. Se describen los daños potenciales de cada uno de estos contaminantes y se proponen medios preventivos para cuando sea necesario.

6.- PROCESADO DE ALIMENTOS, DIGESTIBILIDAD DE LA ENERGÍA DE LOS NUTRIENTES Y EXCRECIÓN DE NUTRIENTES

Los efectos del procesado de alimentos sobre la utilización de la energía y los nutrientes se discuten en el capítulo 12. Métodos de procesado tales como la extrusión, expansión, granulación, gelatinización, molienda, micronización y tratamiento hidrotérmico, pueden mejorar la digestibilidad y la fermentabilidad de los polisacáridos no amiláceos y otros nutrientes y, como consecuencia, aumentar la utilización energética de los alimentos. El tratamiento térmico puede también inactivar factores antinutritivos y, por tanto, también por esta vía mejorar la eficacia alimenticia. Esto puede resultar en una mejora de los índices de conversión aunque esto no ocurre en todos los casos. Sin embargo, la extrusión y la expansión resultan en una mejor calidad del gránulo, lo que por sí mismo contribuye a incrementar la eficacia. La granulación generalmente conduce a una mejora del índice de conversión, pero sus interacciones con otros métodos de procesado no son todavía bien conocidas, aunque las fábricas de pienso a menudo combinan más de uno de ellos. Por tanto se requiere más investigación sobre este tema.

El capítulo 13 describe aspectos teóricos de la determinación de la digestibilidad de la energía y de los nutrientes. Para los aminoácidos se concluye que las dietas se formulan con mayor precisión utilizando los valores SID, ya que éstos son aditivos en las mezclas de ingredientes de los piensos, lo que no siempre ocurre en el caso de la digestibilidad ileal aparente. Las tablas de composición de alimentos del NRC (2012) contienen por tanto valores de SID de los aminoácidos y las necesidades están también calculadas en esa misma unidad. Los valores SID de los aminoácidos se determinan corrigiendo la digestibilidad ileal aparente por las pérdidas endógenas basales. Como estas pérdidas son relativamente variables entre experimentos, se recomienda que se determinen en cada ensayo en el que se mida la digestibilidad ileal aparente. Los valores de SID de los aminoácidos se calculan entonces utilizando la siguiente ecuación (Stein et al., 2007):

$$\text{SID (\%)} = \text{digestibilidad ileal aparente (\%)} + [(\text{pérdidas endógenas basales/AA de la dieta}) \times 100]$$

Las pérdidas endógenas basales y el contenido en aminoácidos de la dieta se expresan en g/kg de materia seca ingerida.

En el caso de las grasas, los valores de digestibilidad fecal están influidos por la síntesis microbiana de lípidos y por ello es más preciso utilizar valores de digestibilidad ileal. Igual que en el caso de los aminoácidos, los valores de digestibilidad ileal aparente no son aditivos en los piensos. Sin embargo, las pérdidas endógenas basales de lípidos no han sido determinadas, mientras sí que se dispone de valores de pérdidas endógenas ileales. Estos valores pueden entonces utilizarse para determinar la digestibilidad ileal verdadera de los lípidos, que es la unidad recomendada cuando estos valores puedan utilizarse.

En el caso de los carbohidratos, la digestibilidad ileal aparente se utiliza para determinar la digestibilidad de los monosacáridos, disacáridos y almidón, ya que los monosacáridos sólo se absorben en el intestino delgado. Sin embargo, oligosacáridos y polisacáridos no amiláceos pueden fermentar en el intestino grueso y por ello se calcula la digestibilidad fecal aparente de estos nutrientes. En contraste con los aminoácidos, los lípidos y el fósforo, no se ha demostrado que ocurran pérdidas endógenas de carbohidratos por lo que no es necesario hacer ninguna corrección. Como consecuencia, los valores de digestibilidad ileal aparente pueden emplearse para caracterizar la digestibilidad de los carbohidratos.

Para el fósforo, los valores STTD son los utilizados y se calculan corrigiendo la digestibilidad fecal aparente por las pérdidas endógenas basales totales de fósforo. Sin embargo, a partir de los resultados de más de 10 experimentos, se ha concluido que estas pérdidas son relativamente constantes, por lo que no es necesario determinarlas en cada ensayo. En su lugar, un valor constante de 190 mg/kg de materia seca ingerida puede utilizarse para corregir los valores de digestibilidad fecal aparente y calcular los valores STTD de fósforo.

Se describen también los principios para el cálculo de la ED y EM, y se concluye que no hay evidencia de que existan diferencias entre las razas comerciales de porcino en su habilidad para utilizar la energía de los alimentos y los piensos. La digestibilidad de la energía en ganado porcino aumenta, sin embargo, si el tamaño de partícula de los ingredientes o de los piensos se reduce y se recomienda un tamaño de partícula comprendida entre 400 y 600 micrones en los experimentos en los que se determine la digestibilidad de la energía.

La influencia de la nutrición sobre la excreción de nutrientes se discute en el capítulo 14. Para reducir la excreción se recomienda que los piensos se ajusten frecuentemente a las necesidades de los animales. La alimentación por sexos separados también permite un aporte más preciso de nutrientes, y con ello reducir la excreción. El uso de alimentos que contienen nutrientes altamente digeribles puede también contribuir a

reducir la excreción pero no siempre resulta económico. Sin embargo, las enzimas exógenas pueden ser utilizadas para incrementar la eficacia digestiva de nutrientes poco digestibles tales como el fósforo que se encuentra en alimentos vegetales. Un adecuado equilibrio entre aminoácidos digestibles y el uso de una correcta relación calcio:fósforo son también necesarios para reducir la excreción. La excreción de nutrientes puede reducirse sólo si se conocen las necesidades de cada grupo de animales, así como la composición y la digestibilidad de cada alimento. Ejemplos de estrategias que pueden utilizarse incluyen el uso de aminoácidos sintéticos, la formulación de piensos en base a la proteína ideal, el uso de fitasas microbianas y posiblemente del uso de otras enzimas exógenas.

7.- NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

Cuando los miembros del comité revisaron la literatura científica y establecieron necesidades de nutrientes para todas las categorías de animales, se hizo evidente que existe un déficit de información en muchas áreas. Estas áreas se describen en el capítulo 15 y el objetivo de incluirlas es dirigir la futura investigación y los fondos públicos hacia las áreas que son sugeridas. Entre ellas se incluyen la estimación precisa de la eficacia energética y la utilización de los nutrientes, los efectos de incluir ingredientes fibrosos y la influencia de la ingestión de nutrientes en una fase productiva sobre las necesidades en las siguientes fases. También es necesaria información sobre los efectos del consumo de energía sobre la retención de proteína y grasa. Igualmente se puso de manifiesto la necesidad de calcular la EN de muchos alimentos, lo que requiere la determinación de su composición y de la digestibilidad de los nutrientes. Las necesidades de aminoácidos para cerdas lactantes y gestantes ha sido también poco investigadas y se requiere la realización de trabajos sobre los efectos de la activación del sistema inmune sobre las necesidades de aminoácidos. También se recomienda que las necesidades de calcio y fósforo se reevalúen para las líneas genéticas más magras que se utilizan en la actualidad. Los valores de digestibilidad del calcio son también necesarios. También se apreciaron carencias en cuanto a la composición de determinados alimentos y la digestibilidad de la energía y otros nutrientes. La creciente importancia del impacto ambiental de la producción de ganado porcino enfatiza la necesidad de disponer de información sobre el efecto del contenido en nitrógeno, azufre y fibra de la dieta sobre las emisiones de amoníaco y de grasa con efecto invernadero.

8.- TABLAS DE NECESIDADES

El capítulo 16 contiene 9 tablas que relacionan las necesidades de aminoácidos, minerales, vitaminas y ácido linoleico para todas las categorías de animales. Todas las necesidades se expresan por kg de dieta y como recomendaciones diarias. Las necesidades de aminoácidos se expresan en unidades SID, digestibilidad ileal aparente y aminoácidos

totales. Las necesidades de calcio se expresan como calcio total y las del fósforo en unidades STTD, digestibilidad fecal aparente y fósforo total. Las necesidades de todos los nutrientes para cerdos en crecimiento se calculan para 7 grupos de peso: 5-7 kg, 7-11 kg, 11-25 kg, 25-50 kg, 50-75 kg, 75-100 kg y 100-135 kg. Todas las necesidades se proporcionan por grupos mixtos de sexo, pero para los cerdos de más de 50 kg las necesidades de calcio, fósforo y aminoácidos se presentan separadas para cerdas, machos castrados y machos enteros, así como para tres casos diferentes de retención de proteína por día: 115, 135 ó 155 g. Para cerdos en acabado (más de 150 kg) las necesidades de calcio, fósforo y aminoácidos se presentan también para machos inmunizados frente a GnRH. Las necesidades de calcio, fósforo y aminoácidos se han calculado para machos enteros o castrados y para cerdas de 115-135 kg de peso vivo cuando la dieta contiene 5 ó 10 ppm de Ractopamina.

Para cerdas gestantes, se presentan necesidades separadas de calcio, fósforo y aminoácidos para pesos de 140, 165, 185 ó 205 kg en el momento de la cubrición. Dentro de cada grupo de peso se calculan las necesidades para dos períodos: los primeros 90 días y los últimos 25 días de gestación. Se asume que el tamaño de la camada en el primer parto es de 12,5 lechones y de 13,5 en partos posteriores. Se calculan también por separado las necesidades para cerdas que crían 15,5 lechones por camada.

Para cerdas lactantes las necesidades de calcio, fósforo y aminoácidos se calculan para dos pesos post-parto: 175 ó 210 kg. Se asume que el tamaño medio de la camada es de 11 cuando las cerdas pesan 175 y de 11,5 cuando las cerdas pesan 210 kg. Dentro de cada grupo de pesos las necesidades se calculan para el caso de que las cerdas no pierdan peso durante la lactación, para una pérdida moderada de peso, o para una pérdida superior a 15 kg.

La última tabla de este capítulo contiene estimaciones de las necesidades para verracos sexualmente activos.

9.- TABLAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS

Las tablas de composición de alimentos incluidas en el NRC (2012) fueron generadas a partir de trabajos publicados en 21 revistas revisadas por pares que contenían información sobre la concentración en energía y en nutrientes de los ingredientes alimenticios. Los datos fueron organizados en secciones para principios inmediatos, hidratos de carbono, lípidos, proteína bruta y aminoácidos, vitaminas, minerales y energía. Con pocas excepciones sólo se utilizaron datos publicados después de 1998. Se recogió

también información sobre la digestibilidad de la energía y de los nutrientes, pero al ser ésta menos abundante, se utilizaron trabajos publicados en los últimos 20 años. Todos los valores se introdujeron en una hoja de cálculo Excel para cada ingrediente. El valor medio, mínimo y máximo de la desviación estándar y la varianza se calcularon para el contenido energético, en materia seca y en cada uno de los nutrientes. Si algún valor no estaba disponible, se incluyeron valores publicados de otras tablas de composición de alimentos. En total se revisó la composición de 122 alimentos aunque en algunos casos la información es incompleta.

Las tablas de composición de alimentos están organizadas con un ingrediente por página y todos los datos de cada ingrediente se presentan en la misma página. Todos los valores se presentan con su media y desviación estándar, indicando el número de observaciones para cada media. Además, se ha incorporado un cuadro con la composición de las principales fuentes de macrominerales y otro que contiene la concentración, fórmula química y biodisponibilidad relativa de microminerales. Finalmente, se presenta información sobre la composición en ácidos grasos y el valor energético de grasas y aceites que pueden ser incluidos en piensos de porcino.

10.- REFERENCIAS

- BIRKETT, S. y DE LANGE, K. (2001) *Br. J. Nutr.* 86, 675-689.
- NOBLET, J., FORTUNE, H., SHI, X.S. y DUBOIS, S. (1994) *J. Anim. Sci.* 72, 344-353.
- NRC (1998) *Nutrient requirements of swine 10th Ed.* National Academy Press, Washington, DC.
- NRC (2012) *Nutrient requirements of swine 11th Ed.* National Academy Press, Washington, DC.
- STEIN, H.H., SÈVE, B., FULLER, M.F., MOUGHAN, P.J. y DE LANGE, C.F.M. (2007) *J. Anim. Sci.* 85, 172-180.

FEDONA

FEDONA