

Octubre 2013

NECESIDADES NUTRICIONALES
PARA GANADO PORCINO:

NORMAS FEDNA

Una publicación de:

FEDNA 

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

**NECESIDADES NUTRICIONALES
PARA GANADO PORCINO
NORMAS FEDNA (2ª edición)**

Elaboradas por:

**C. de Blas, J. Gasa y G.G. Mateos
UP Madrid y UA Barcelona**

En colaboración con:

C. López-Bote
UC Madrid

M. Gorrachategui
Tesercus

J. Aguilera
CSIC Granada

G. Fructuoso
Nugest, S.L.

Patrocinadas por:

NANTA, S.A.

Trouw Nutrition España, S.A.

Octubre, 2013

NORMAS FEDNA PARA LA FORMULACIÓN DE PIENSOS
1. Ganado porcino

Empresas y Centros colaboradores:

Copese, S.A.
Coren, S.C.L.
CSIC-EE Zaidín
Nanta, S.A.
Nuter Feed
SERIDA
Tecna/Trouw Nutrition España
Test and Trials, S.L.
Trouw Nutrition, S.A.
Vall Companys, S.A.

Técnicos participantes:

A. Argamentería
E. Cegarra
J. Coma
A. Fuentetaja
J. Méndez
A. Morillo
R. Nieto
P. Pérez de Ayala
G. Santomá

ÍNDICE

NORMAS FEDNA - Ganado porcino		Páginas
PRESENTACIÓN		3
UNIDADES DE VALORACIÓN		5
Energía		5
Proteína bruta		7
Fibra		11
Lípidos		13
Macrominerales		14
Vitaminas y oligoelementos		15
Agua		16
NECESIDADES NUTRICIONALES PARA CERDOS BLANCOS		24
Cerdos reproductores		24
Lechones y cerdos en crecimiento-cebo		30
RECOMENDACIONES NUTRICIONALES PARA CERDOS IBÉRICOS		41
PRESENTACIÓN DEL PIENSO		49
LA RESTRICCIÓN DE ALIMENTO EN GANADO PORCINO		50
ANEXOS		55
Anexo 1. Cálculo de las necesidades energéticas diarias		57
A. Porcino blanco		57
B. Porcino del tronco Ibérico		65
Anexo 2. Cálculo de las necesidades diarias de lisina		75
A. Porcino blanco		75
B. Porcino del tronco Ibérico		87
Anexo 3. Contaminantes de ingredientes y dietas asociados a la producción de piensos		93
REFERENCIAS		102

NORMAS FEDNA PARA LA FORMULACIÓN DE PIENSOS

1. Ganado porcino

PRESENTACIÓN

Los sistemas de producción animal varían para una misma especie en función de los medios disponibles y de los objetivos marcados. Genética, sanidad, medio ambiente y manejo modifican de forma significativa las necesidades nutritivas de los animales. Por ello, tiene interés elaborar sistemas y proponer estándares de alimentación que permitan predecir en un determinado entorno, el consumo de alimento y la concentración óptima de nutrientes en el pienso de animales con distinta genética. En este contexto se ha elaborado la segunda edición de la monografía dedicada al ganado porcino que se continuará en próximos años con aquellas de otras especies de interés productivo.

El objetivo de esta publicación es proporcionar herramientas de trabajo para mejorar la eficiencia de la producción porcina. Para la elaboración de esta guía hemos partido de la información proporcionada en la primera edición (Fedna, 2006) y se han tenido en cuenta las publicaciones científicas recientemente publicadas en diversos países, abarcando un amplio rango de situaciones productivas. Esta información se ha particularizado y ajustado a parámetros productivos estándares nacionales utilizando datos proporcionados por las empresas y técnicos que han colaborado en la elaboración de estas normas.

En esta segunda edición, se ha añadido información complementaria sobre presentación del pienso, restricción alimentaria y necesidades de consumo de agua por el cerdo según su estadio productivo. Como complemento, la monografía facilita la información necesaria para calcular mediante extrapolación las necesidades bajo otras situaciones productivas (anexos 1 y 2). Asimismo, se incluyen diversas normas legislativas actualizadas sobre contaminantes potenciales de materias primas y piensos para porcino (anexo 3).

Las nuevas recomendaciones cubren los apartados de energía, aminoácidos esenciales, fibra, minerales, vitaminas y agua para sistemas de producción con manejo y estado sanitario óptimo. No son necesidades mínimas obtenidas en granjas experimentales o a partir de datos de laboratorio sino recomendaciones prácticas en condiciones de campo de animales con niveles de producción estándar. Es misión de cada nutricionista modificar estos estándares para ajustar mejor las necesidades del cerdo en función del tipo de animal, las condiciones de manejo y medio ambiente y los objetivos de su explotación particular.

UNIDADES DE VALORACIÓN

Energía

El valor energético de los alimentos para el ganado porcino se ha estimado en base a su contenido en energía neta (EN). La eficiencia de conversión de la energía digestible (ED) en energía metabolizable (EM), así como de EM en EN, es inferior para los productos de la digestión de la proteína y los carbohidratos fermentables que para el almidón o los lípidos (Noblet, 1994; CVB, 2008, 2011; ver tabla 1). Como consecuencia, el uso de ED o EM como unidad de valoración tiende a sobrevalorar los concentrados fibrosos y proteicos y a subvalorar los granos de cereales y, sobre todo, grasas y materias primas ricas en lípidos (Noblet et al., 2004).

Tabla 1.- Eficiencias (%) de transformación EM/ED y EN/EM para diferentes nutrientes en cerdos en crecimiento (Noblet, 1994)

	EM/ED	EN/EM
Proteína bruta	86	58
Grasa	100	90
Almidón	100	82
Fibra fermentable	93	54

Para la estimación secuencial de la concentración en ED, EM y EN de los alimentos para ganado porcino se han propuesto diferentes ecuaciones de regresión. La predicción de la ED de los ingredientes simples a partir de la composición analítica suele hacerse por grupos de ingredientes con características similares (CVB, 2008; FEDNA, 2010; NRC, 2012). Los coeficientes de digestibilidad de cada principio nutritivo varían notablemente entre alimentos como consecuencia de factores tales como la proporción de proteína ligada a fibra, el nivel de insaturación de la grasa, el grado de lignificación de la pared celular, y la edad del animal. En las dos últimas ediciones de las Tablas FEDNA de valoración de alimentos (Fedna, 2003, 2010), la ED se ha estimado utilizando ecuaciones aditivas tal y como se muestra para el grano de maíz y sus coproductos en la tabla 2. En cambio, una vez los nutrientes han sido digeridos, los factores de variación son

menos específicos para cada alimento, pudiendo utilizarse ecuaciones generales como las que se muestran en esta tabla. Es éste también el caso de la valoración energética de piensos equilibrados, donde la variación del tipo de ingredientes utilizados se encuentra normalmente restringida.

Tabla 2.- Ecuaciones de estimación del valor energético (kcal/kg MS) de los alimentos para ganado porcino a partir de su composición química (g/kg MS)

(1) Maíz y subproductos del maíz (De Blas y García Rebollar, 2012):

$$\text{ED crecimiento} = 5,65 \times \text{dPB}^1 \times \text{PB} + 9,5 \times 0,92 \times \text{EEv}^2 + 4,1 \times \text{ALM} + 3,7 \times \text{AZ} + 4,2 \times 0,55 \times \text{FND} + 4,2 \times 0,8 \times \text{Fsol}^3$$

(2) Piensos equilibrados

$$\text{dE (\%)} = 100,5 - 0,079 \text{ CEN} - 0,088 \text{ FND} - 0,11 \text{ LAD (Noblet, 1994)}$$

(3) EM/ED (%) = 100,7 - 0,021 PB - 0,005 FND (Noblet et al., 1989 b)

(4) EN = 0,73 EM - 0,67 PB + 1,31 EE - 0,98 FB + 0,36 ALM (Noblet, 1994)

¹dPB = Proteína bruta digestible según valores individuales (FEDNA, 2010).

²EEv = Grasa verdadera

³Fsol = Fibra soluble calculada como [100 - (humedad + cenizas + PB + EE + FND + ALM + AZ)]

Para la predicción del consumo voluntario de pienso y la expresión de las necesidades energéticas de los cerdos se ha utilizado el sistema de EM, por ser aún la unidad más empleada por los investigadores para expresar las necesidades energéticas en la literatura revisada. No obstante, dadas las ventajas de utilizar el sistema de EN y a fin de facilitar el uso de estas tablas, se acompañan los valores recomendados de EN para cada tipo de producción.

La conversión entre unidades energéticas en piensos comerciales equilibrados (como los que se proponen más adelante) puede realizarse utilizando los siguientes factores de equivalencia:

- 100 kcal EM = 100/0,967 kcal ED = 103 kcal ED
- 100 kcal EM = 76 kcal EN (76,7 en cebo y 75 en cerdas adultas)

Debe tenerse en cuenta que cuando el pienso es rico en fibra o proteína bruta, la eficacia de conversión de EM a EN será inferior a la estimada en base a estas ecuaciones. Por el contrario, la eficacia será superior para piensos muy ricos en grasa.

Proteína bruta

Las especies domésticas no precisan proteína sino aminoácidos. Por tanto, la necesidad de formular con un mínimo de proteína bruta, es cuestionable. Sin embargo, dada la falta de información sobre el contenido real en aminoácidos de ciertas materias primas no tradicionales, así como para evitar que un aminoácido indispensable no tenido en cuenta limite las producciones, se incluye también un rango lógico recomendable del contenido en proteína de los piensos. Cuanto mayor sea nuestro conocimiento sobre las materias primas y las necesidades en aminoácidos de los animales, menores serán los niveles proteicos a recomendar. Los valores indicados pretenden maximizar la productividad del animal y podrían ser excesivos cuando el objetivo prioritario es el control o reducción de la contaminación ambiental (emisiones de N). En estos casos, se pueden reducir los niveles de proteína entre uno y dos puntos porcentuales en función del pienso considerado pero satisfaciendo siempre las necesidades en otros posibles aminoácidos indispensables limitantes.

Las necesidades en aminoácidos de lechones y cerdos en cebo han sido estudiadas en detalle por diversos grupos de investigación durante los últimos 20 años. En general, se recomienda formular los piensos en base al criterio de proteína ideal, utilizando la lisina (Lys) como aminoácido patrón y presentando las necesidades del resto de aminoácidos indispensables en relación con la Lys, aminoácido relativamente fácil de analizar y que se utiliza principalmente para deposición en tejidos o proteína láctea. Las necesidades de Lys, como las del resto de aminoácidos, se obtienen bien mediante pruebas de "dosis-respuesta" o bien utilizando el "método factorial"; ambos sistemas presentan ventajas e inconvenientes que conviene tener en cuenta. La principal ventaja de las pruebas "dosis-respuesta" radica en que los valores se obtienen en condiciones prácticas y por tanto, el margen de seguridad que el nutricionista utiliza para pasar de "necesidades" a "recomendaciones" nutricionales suele ser inferior y más fácil de controlar. Los inconvenientes son de dos tipos; 1) los valores obtenidos no son generalizables y tan solo serían aplicables en situaciones semejantes a las condiciones en que se han obtenido y 2) los valores están sujetos a unas condiciones de obtención concretas, tanto metodológicas como de interpretación. En una prueba "dosis-respuesta" se elige uno o

varios parámetros de respuesta (ej: retención de nitrógeno, ganancia media diaria o ingestión de pienso) y dependiendo del parámetro elegido, el número de niveles incluidos en el ensayo y el método matemático de ajuste de los datos, el valor de respuesta óptimo puede variar. La principal ventaja del "método factorial" es que, si se utiliza la información adecuada, el resultado es generalizable a un amplio abanico de situaciones prácticas. Sin embargo, el margen de seguridad que precisa establecer el nutricionista para pasar de "necesidades" a "recomendaciones" es mayor y de cuantificación más incierta.

Las necesidades de Lisina (Lys), el aminoácido más comúnmente limitante en alimentación de cerdos, se expresan en las mismas unidades que en las tablas FEDNA (2010) de valor nutritivo de los ingredientes: 1) Lys digestible estandarizada en íleon (DIS), 2) Lys aparentemente digestible en íleon (DIA) y 3) Lys total. Para la predicción y cálculo de las necesidades del resto de aminoácidos se ha utilizado el concepto de proteína ideal con la Lys como aminoácido de referencia. Las necesidades de aminoácidos digestibles por el método factorial se calculan como digestibilidad ileal verdadera, pero a efectos prácticos las recomendaciones se expresan como digestibilidad ileal estandarizada.

A pesar de los numerosos trabajos existentes, la información actual no permite estimar de forma precisa y llegar a valores consensuados entre autores sobre el balance de la proteína ideal. Este problema es más evidente al estimar las necesidades de aminoácidos cuya concentración en la ración es reducida (Tokach et al., 2011). Un ejemplo típico de falta de consenso en relación con la proteína ideal es el del triptófano (Trp) en lechones cuya relación con la Lys varía desde el 16% (Tokach et al., 2011; NRC, 2012) hasta el 22% (Ajinomoto, 2013; INRA, 2013). Las razones de la amplia discrepancia observada no son evidentes pero probablemente estén relacionadas con: a) bajos niveles de inclusión de Trp en los piensos, b) rangos de suplementación limitados, c) problemas laboratoriales del análisis de Trp en piensos, d) alta relación entre la cantidad de Trp aportado por las materias primas y el Trp cristalino añadido, que afecta al valor medio de digestibilidad del Trp total según tipo de mezcla e ingredientes utilizados, e) nivel de aminoácidos neutros en la dieta experimental que influye sobre la respuesta al Trp, f) estatus sanitario de los lechones y utilización de

antibióticos y g) metodología, diseño experimental y análisis estadístico de los datos aplicados. Por tanto, el balance de la proteína que se recomienda en lechones debe ser tomado con cautela, aunque su utilización en formulación práctica es siempre recomendable. En la tabla 3 presentamos datos sobre el balance de proteína ideal en aminoácidos digestibles verdaderos en relación con la Lys según diversas instituciones.

Tabla 3.- Balance de proteína ideal en lechones de 7 a 12 kg PV según fuentes. Valores en relación (%) a la Lys digestible ileal estandarizada (DIS)

	BSAS ¹	Fedna	NRC		NSNG	Rostagno	Evonik	Ajinomoto	INRA ²
	2003	2006	1998	2012	2010	2011	2011	2013	2013
Met	30	30	27	29	28	28	33	30	30
Met+Cis	59	59	57	55	58	56	60	60	60
Treonina	65	64	62	58	62	63	63	65	65
Triptófano	19	20	18	16	17	18	22	22	22
Isoleucina	58	58	55	51	55	55	55	53	52
Leucina	100	100	100	100	-	100	100	100	101
Valina	68	71	68	64	65	69	68	70	70
Histidina	32	32	32	34	-	33	32	32	31
Fenilalan.	57	58	60	58	-	50	60	55	54
Fenil.+Tir.	100	103	94	93	-	100	95	95	94
Arginina	42	-	41	45	-	42	42	42	-

¹10 a 120 kg PV

²Gloaguen et al. (2013)

En la tabla 4 se ofrecen valores recomendados para utilizar en la práctica sobre el balance de proteína ideal en porcino según estado productivo. Los valores elegidos han sido seleccionados a partir de distintas publicaciones de revisión, concediendo una mayor importancia a los trabajos más recientes: BSAS (2003); Fedna (2006); Evonik-Degussa (2011); National Swine Nutrition Guide (2010); Rostagno (2011); NRC (2012); Ajinomoto (2013); Gloaguen et al. (2013); Tybirk et al. (2013). Nótese que los valores de proteína ideal se han elaborado en base a aminoácidos digestibles verdaderos estandarizados (DIS).

Tabla 4.- Proteína ideal en ganado porcino (% en relación con las necesidades en Lys digestible ileal estandarizada)

	Gestación	Lactación	Lechones 5-20 kg PV	Crecimiento 20-100 kg PV	Acabado > 100 kg PV
Lisina	100	100	100	100	100
Metionina	31	30	30	31	32
Met+Cis	66	56	59	60	61
Treonina	72	66	65	65	66
Triptófano ¹	19	19	20	19	19
Isoleucina	60	57	54	55	56
Leucina	98	113	100	100	100
Valina	70	80	69	68	67
Histidina	35	40	32	33	34
Fenilalanina	57	56	56	60	61
Fenil.+Tir.	100	113	97	99	99
Arginina	72	62	42	42	43

¹Estudios europeos recomiendan en lechones una relación Trp:Lys próxima o superior al 22%, en especial cuando se formulan dietas de "baja" proteína.

Necesidades de proteína bruta

Una vez satisfechas las necesidades del cerdo en los principales aminoácidos a partir de las materias primas, y de añadir los aminoácidos cristalinos comerciales necesarios para balancear la proteína de la dieta, los animales no deberían presentar déficit alguno en proteína. De hecho, algunas publicaciones como la BSAS (2003) o el NRC (2012) no ofrecen recomendaciones de proteína bruta en el pienso. Sin embargo, otras publicaciones recomiendan un nivel mínimo, bien para garantizar que ningún aminoácido esencial que no suele ser limitante pueda llegar a serlo, o bien para aportar el suficiente nitrógeno para síntesis de aminoácidos indispensables.

En la tabla 5 se ofrece el nivel recomendado de proteína bruta (% sobre pienso en fresco) según diversas fuentes. En esta tabla, los valores sugeridos por Jørgensen y Tybirk (2005) son recomendaciones "mínimas" mientras que los propuestos por el INRA (1984) pueden considerarse como

recomendaciones "prácticas". El valor de elección en cada caso dependerá del precio relativo entre los ingredientes proteicos y los aminoácidos, así como el posible coste social y económico derivado de las emisiones y la contaminación ambiental producida.

Tabla 5.- Necesidades en proteína bruta de diversos piensos para ganado porcino

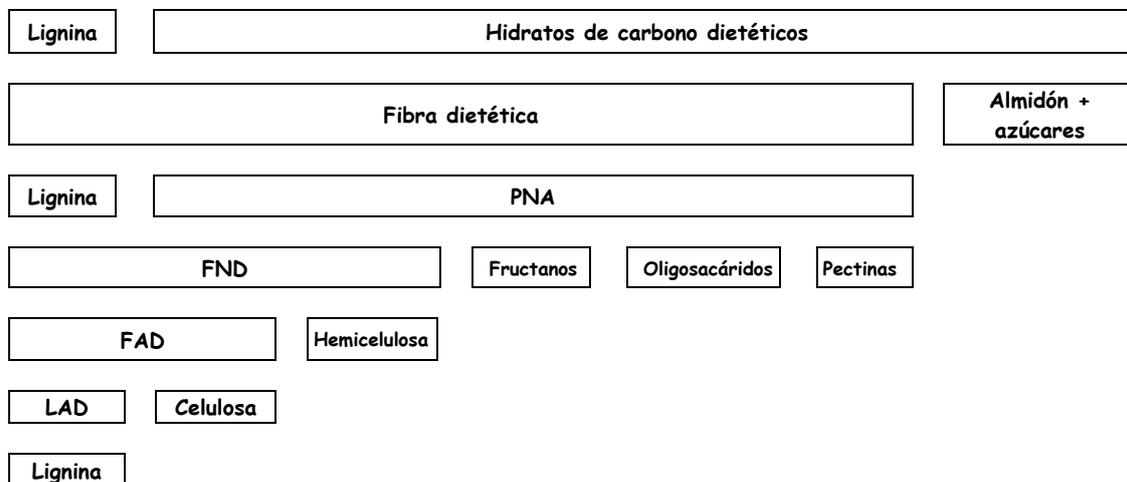
	Gestación	Lactación	Crecimiento (20-60 kg)	Acabado (60-100 kg)
INRA, 1984	12	14	15-17	13-15
NRC, 1998	12-13	16-19	15-18	13-15
Jørgensen y Tybirk, 2005	9	11	13-14	12-13

Fibra

La fracción fibra de los alimentos es muy heterogénea e incluye componentes solubles fácilmente fermentables (fructanos, gomas, pectinas) y moléculas estructurales potencialmente degradables (celulosa, hemicelulosas) junto a sustancias de protección de la pared celular prácticamente indigestibles, tales como la cutina y la lignina (figura 1). Además, ciertos componentes de las materias primas pueden considerarse como parte de la fracción fibra desde un punto de vista bien estructural, bien digestivo (p.ej., almidón resistente, oligosacáridos, proteína ligada a la fibra). Por ello, la fibra dietética resulta difícil de definir, amén de que su determinación analítica es compleja (Mateos et al., 2012). En general, la presencia de fibra reduce el valor energético del pienso de forma directa (menor valor nutricional) e indirecta (influencia sobre la utilización digestiva de otros nutrientes), así como la palatabilidad y el consumo del mismo.

La inclusión de fibra en piensos de ganado porcino estimula la velocidad de tránsito digestivo en relación proporcional a su contenido en fibra neutro detergente (FND) en forma de partículas largas, y beneficia el bienestar animal, disminuye la incidencia de estreñimientos, estereotipias y reduce el estrés (Gerrits y Verstegen, 2006).

Figura 1.- Representación esquemática de la composición de los hidratos de carbono, fibra y polisacáridos no amiláceos (PNA) según el método de Van Soest (FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente) (Gerrits y Verstegen, 2006)



La proporción de fibra fermentable está asociada principalmente con el contenido en fibra soluble (relación positiva) y el nivel de lignina (relación negativa), y se relaciona con cambios en el medio intestinal (pH, concentración de amoníaco, producción de ácidos grasos volátiles) que pueden favorecer el control de la flora digestiva patógena (Pérez y Nofrarías, 2008; Bach-Knudsen, 2010; Van Hees, 2012). Un aporte de fibra insoluble de alta calidad en piensos de lechones (hasta un 2-3%) podría mejorar el funcionamiento del tracto gastrointestinal y la salud intestinal (Mateos et al., 2006a, b). Debe tenerse en cuenta que ambos tipos de fibra; soluble poco lignificada (p.ej., pulpa de remolacha) e insoluble lignificada (p.ej., cascarilla de avena) afectan a la salud intestinal del cerdo mediante mecanismos diferenciados: producción de ácidos grasos volátiles por fermentación en intestino grueso en el primer caso, y mejora de la motilidad y funcionalidad de las paredes digestivas en el segundo. Trabajos recientes indican que la utilización de piensos fibrosos en gestación favorecen el consumo de pienso en lactación (Santomá y Pontes, 2011, 2012). La fibra ayuda a restringir el consumo en cerdas gestantes previniendo problemas de sobrealimentación, mejorando el confort intestinal e incrementando la sensación de saciedad. Finalmente, debido a sus características físico-químicas, el consumo de fibra fermentable permite fijar parte de la urea

metabólica en forma de proteína microbiana, reduciendo así las emisiones de amoníaco (den Hartog y Sijtsma, 2007).

Las tablas de recomendaciones nutricionales incluyen valores mínimos y máximos de fibra bruta (FB) y FND para reconocer sus efectos beneficiosos sobre la fisiología del animal pero sin llegar a comprometer la eficiencia nutricional o el consumo voluntario de energía. No se establecen niveles mínimos de fibra fermentable o de fibra soluble por falta de suficiente información al respecto. Ha de tenerse en cuenta que el estatus sanitario de los animales, así como la fuente de fibra, modifican de forma importante las necesidades en fibra dietética de los animales.

Lípidos

La inclusión de lípidos en piensos de ganado porcino mejora la palatabilidad y permite incrementar el valor energético de los piensos y por tanto su eficacia alimenticia. Así, se estima que por cada punto porcentual de grasa suplementaria se incrementa la concentración en EN del pienso alrededor de 55 kcal/kg. Este aporte debe justificarse fundamentalmente en base a razones económicas, pero otras ventajas de tipo tecnológico (e.g. lubricación de los equipos o menor formación de polvo) e inconvenientes (e.g. problemas de calidad del gránulo) deben ser tenidas en consideración.

La inclusión de grasa mejora los rendimientos productivos, en particular cuando un exceso de la temperatura ambiente afecta al consumo voluntario. En general, las grasas completas (triglicéridos) con predominio de ácidos grasos de cadena corta (tipo coco o palmiste) o muy insaturados (p.ej., aceite de soja o girasol) son más digestibles y, por tanto, de elección en piensos para animales jóvenes (Adeola et al., 2013). Debe tenerse en cuenta que el uso de niveles elevados aceites insaturados no estabilizados aumenta el riesgo de enranciamiento del pienso. Asimismo, deben contemplarse posibles efectos no deseados de la adición de aceites vegetales (p.ej., insaturación de los ácidos grasos) sobre la calidad de la canal y de la carne. Las necesidades en ácido linoleico en porcino son muy limitadas por lo que no debiera suponer problema alguno en formulación de piensos. De hecho, en contra de lo que ocurre en aves, no se ha observado

ventaja alguna por la suplementación extra de piensos comerciales con este ácido graso esencial. En cambio, diversos trabajos han mostrado que el aporte durante la gestación y la lactación de ácidos grasos omega-3 ricos en EPA y DHA (aceites de pescado) convenientemente estabilizados mejoran la vitalidad y viabilidad de los lechones así como la eficacia reproductiva (Santomá y Pontes, 2012). El uso de estos ácidos grasos es pues, un área de investigación en años futuros.

Macrominerales

Las necesidades de calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl) se han estimado en base a las recomendaciones anteriores de Fedna (2006), teniendo en cuenta las nuevas recomendaciones del NSNG (2010), Rostagno (2011) y NRC (2012). Los valores indicados incluyen amplios márgenes de seguridad en condiciones estándar de producción y reducen la posibilidad de deficiencias por valoración incorrecta de las materias primas o mal mezclado en fábrica. Las necesidades en Ca se expresan en Ca total, dada la escasa información existente sobre la disponibilidad de este mineral en porcino. Frente al uso de P disponible, la utilización de P digestible presenta ventajas significativas en cuanto a rigor de la estimación, rapidez del ensayo y aditividad de los valores, una vez se descuenta el peso del P endógeno. Por ello, se recomienda evaluar las necesidades en P digestible fecal estandarizado (Stein, 2011; NRC, 2012) en sustitución de los métodos tradicionales basados en P disponible o utilizable. Las necesidades indicadas para P y Ca se refieren a piensos sin fitasas añadidas. Se estima que cuando se utilizan enzimas a las dosis óptimas recomendadas, el nivel de P total podría reducirse en 0,10 unidades porcentuales, el de P digestible en 0,07 y el de Ca en 0,04. Asimismo, el uso de megadosis de fitasas (> 500 FTU/kg pienso) o de las nuevas fitasas más activas, actualmente disponibles, podría reducir aún más las necesidades de P total en formulación práctica hasta llegar a hacer innecesaria, en animales en cebo, la inclusión de fuentes minerales de P. La utilización de dosis extra de fitasas mejora la utilización del P fítico pero no de forma lineal sino con eficacias decrecientes.

Las recomendaciones en Na son probablemente superiores a las necesidades estrictas en este elemento para evitar síntomas de deficiencia. El exceso de Na aumenta el consumo de agua y quizás el apetito por lo que un exceso puede ser beneficioso, particularmente en lechones y cerdas en lactación bajo condiciones de alta temperatura. Por el contrario, un exceso de Na provoca una mayor producción de purines. Diversos trabajos (Mahan et al. (1999) realizados con lechones recomiendan elevar a niveles superiores al 0,37% los niveles de Na y Cl del pienso. Estas recomendaciones están avaladas en la práctica en el caso del Na, ya que a veces (p.ej., inclusión de plasma animal) se utilizan niveles altos de Na. Para el caso del Cl la información existente es más reducida por lo que se precisa mayor cautela.

Vitaminas y oligoelementos

No se conocen con certeza las necesidades para la mayoría de las vitaminas y microminerales de las nuevas estirpes de ganado porcino según tipo de producción. El valor recomendado es un número lógico a utilizar en caso de carecer de experiencia o no tener conocimientos profundos sobre el tema. Los microelementos más estudiados en los últimos años han sido la vitamina E, la biotina y el ácido fólico en reproductoras, y el Cu, Zn y Se en todo tipo de cerdos. Sigue sin existir acuerdo entre autores a la hora de definir una composición estándar para los correctores destinados a esta especie (Mateos et al., 2004; Rostagno, 2011; NRC, 2012). El problema se complica aún más con la aparición en el mercado de minerales orgánicos cuya disponibilidad, aunque variable, puede ser superior al de las sales inorgánicas. La composición de los correctores recomendada en esta monografía se basa en estudios científicos realizados en los últimos 25 años cuyo objetivo es determinar el nivel mínimo de inclusión que evita la aparición de síntomas de deficiencia clásicos. Para evaluar los márgenes de seguridad, hemos tenido en cuenta la composición actual de los correctores comercializados en España y en Portugal, así como la experiencia de los autores en base a observaciones prácticas. Asimismo, se han tenido en cuenta las limitaciones legales europeas sobre niveles de utilización de microminerales, en particular del Se (máximo autorizado de 0,5 mg/kg) y del Co (no autorizado en piensos a partir del año 2014).

Dado el desconocimiento actual sobre las necesidades reales de vitaminas y oligoelementos del ganado porcino, las tablas de necesidades incluyen un valor medio y un rango para cada elemento en cuestión. La composición de los correctores comerciales cae en su mayoría dentro de los valores recomendados por diversas Instituciones. Los técnicos interesados pueden moverse con cierta tranquilidad dentro del rango indicado en función de sus objetivos sabiendo que incluyen márgenes de seguridad suficientes para evitar la aparición de problemas subclínicos en condiciones estándar de manejo. No se ha tenido en cuenta en la elaboración de estas recomendaciones el contenido en oligoelementos y vitaminas de los ingredientes del pienso debido a la alta variabilidad de su composición y disponibilidad. Por ejemplo, los niveles de colina pueden reducirse de forma apreciable si se utilizan en piensos niveles elevados de aceite de soja crudo, soja integral, o simplemente harina de soja. Asimismo, los valores recomendados no recogen necesidades extras del animal en relación con el control de patologías digestivas (caso del Cu y del Zn), la potenciación del sistema inmunitario para animales bajo situaciones de estrés (caso de las vitaminas A, C y E y del Zn y Se, entre otros), el enriquecimiento o mejora de la calidad de la canal y de la carne [caso de la vitamina E y del Mn, Se, Cr (no autorizado en la UE-28), entre otros] u otras nuevas aplicaciones de los microelementos.

Agua

El agua es el nutriente más necesario para la vida y producción animal aunque no muy a menudo se tiene en consideración. Existe una elevada variabilidad y discrepancia "entre" e "intra" estudios sobre las necesidades de consumo de agua o calidad de las mismas entre autores (tabla 6). Los principales factores de variación del consumo descritos son la temperatura ambiente, la temperatura del agua, el consumo de materia seca y la composición del alimento. Así, en lechones destetados, el rango se encuentra entre 1 y 3,7 L/animal y día. En el caso de cerdos en pre-cebo y engorde, el valor medio está próximo a los 3 y 6 L/animal y día, respectivamente. En cerdas vacías y lactantes, el consumo es cercano a los 11 y 19 L/animal y día, respectivamente. Los valores del INRA (1984) (consumo medio de agua de 10 L/animal y día) y del NRC (2012) (20 L/animal

y día) en cerdas gestantes no se corresponden con el rango de valores del resto de estudios (entre 15-17 L/día). En situaciones de altas temperaturas ambientales, caso de numerosas regiones españolas en verano, pueden ser recomendables consumos de agua en lactación superiores a los 20-25 L/cerda y día. En la tabla 6 se ofrecen valores medios y rangos de variación de consumo de agua registrados en distintos estudios, según la fase de producción.

En la UE no existen normas específicas de **potabilidad** de agua para el consumo animal. Por ello se toman como referencia bien las normas publicadas a nivel internacional, bien las fijadas por cada empresa particular en base a su experiencia o bien las publicadas para consumo humano (RD 140/2003 que incorpora la Directiva 98/83/CE sobre calidad de aguas de consumo humano). A continuación se indican normas que se pueden tomar como referencia, basadas en análisis realizados en distintas granjas porcinas en diferentes zonas de España, a sabiendas de la disparidad de criterios internacionales.

Criterios organolépticos: el agua de bebida debe ser incolora, fresca, insípida (sin olores o sabores particulares) y con turbidez inferior a 6. El grado de turbidez mide el contenido de sólidos en suspensión en el agua y es indicativo de la presencia de sedimentos de distintos orígenes (erosión, fondos, etc.) o del crecimiento de algas. Un nivel de turbidez alto *per se* no significa que el agua sea mala, pero es un indicio de riesgo por otras contaminantes. Un nivel elevado aumenta la necesidad de realizar un control microbiológico. Valores altos de turbidez disminuyen el contenido en oxígeno del agua. Además, el exceso de turbidez puede dañar las instalaciones y favorecer la formación de biofilms en las mismas. La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NFU o NTU).

Criterios físico-químicos: Los criterios de referencia a tener en cuenta para evaluar la calidad de las aguas destinadas al ganado porcino incluyen entre otros pH, sólidos disueltos, sales y diversos minerales (tabla 7). En relación con la calidad del agua es importante tener en cuenta los siguientes comentarios:

– Conductividad: es una medida del total de sólidos (sales) disueltos contenidos en el agua que varía con la temperatura. Guarda relación con el

total de sólidos disueltos. Se debe medir siempre a una temperatura determinada ya que afecta a este parámetro.

– pH: el nivel de acidez del agua no afecta directamente a los resultados productivos, pero influye de forma decisiva sobre la efectividad de los tratamientos de desinfección y la eficacia de las medicaciones vía agua. Un pH muy básico da sensación de agua "lubricada o aceitosa", lo que reduce el consumo y genera escamas en los depósitos. Por otro lado, pH ácidos pueden precipitar ciertos medicamentos.

– Sólidos disueltos totales (TDS): es una medida de todos los productos que se han solubilizado en el agua. Se determina por evaporación a 100°C. En general, Ca, Mg y SO_4^{2-} son los principales elementos que contribuyen al TDS. Un valor bajo hace innecesarias otras determinaciones analíticas. Un valor elevado reduce el consumo de agua y la productividad. Además, niveles altos pueden provocar interacciones con ciertos medicamentos o entre minerales. Algunas referencias (Van Eugten, 2000) señalan 7.000 mg/L como niveles máximos en aguas para porcino. De hecho, niveles superiores a 10.000 mg/L no son recomendables en porcino.

– Nitratos y nitritos: Los cerdos no tienen capacidad de transformar nitratos en nitritos, por lo que la posible toxicidad de estos últimos es reducida. Se estima que la toxicidad de los nitratos es 10 veces inferior a la de los nitritos. De hecho, debe destacarse la alta tolerancia del ganado porcino incluso de lechones a estos contaminantes en relación con otras especies animales (Patience, 2012).

– Sulfatos: Niveles altos de sulfatos causan heces pastosas y diarrea con mayor incidencia del problema cuando su origen son sales de Mg^{++} o Na^+ , pero los criterios sobre máximos admisibles son muy dispares. El exceso de sulfatos afecta más a los animales jóvenes y parte del problema se debe a una reducción en el consumo de agua. La potabilidad para la población humana se fija por debajo de 250 mg/L. Seddon (2009) indica que niveles superiores a 150 mg/L pueden afectar al sabor y por encima de 500 mg/L presentan efecto laxante. Patience et al. (2004) y Patience (2012) señalan que niveles de 1.600 mg/L no afectan a la eficiencia alimenticia en lechones aunque aumenta la incidencia de diarreas. Otros autores indican una buena aceptación por el cerdo en cebo de niveles de hasta 2.500-3.000 mg/L siempre que el animal esté ya acostumbrado a consumir este tipo de agua.

Tabla 6. - Estimaciones del consumo de agua (L/animal y día)¹ en cerdos según estadio productivo (De Blas y Garrido, 2012)

Animal y fase productiva	Rango de pesos y edad media	Ensminger y Olentine (1978)	ARC (1981)*	INRA (1984)*	Ministry of Environment (1996)	Massabie (2001)*	Trama (2003)*	Ward y McRague (2007)*	MARM (2007)	NRC (2012)*	Valores medios
Recién destetado	7 a 20 kg (45 días)	2,45 (1,1 - 3,8)	1,75 (1,5 - 2)	1,75 (1,5 - 2)		2,30 (0,9 - 3,7) (A)		2 (1,0 - 3,2)	3 (2,7 - 3,3)	0,94 (A) (0,49 - 1,46)	1,57
Precebo	20 a 50 kg (47 días)		3 (A) (1,82 - 4,18)		5,10 (2 - 8)		3	4,50 (3,2 - 7,3)			
Crecimiento	50 a 80 kg (43 días)	4,67 (3,25 - 6,10)		5,50 (4 - 7)		6,34 (3,82 - 8,86) (A)	6		8,30 (7,5 - 9,1)	3,63 (B) (0,67 - 5,58)	6,02
Terminado	80 a 100 kg (30 días)						12	9 (7,3 - 10)			
Cerda recién	125 kg (188 días)					10,44 (A)					10,44
Cerda vacía	(110 días)	9,50 (5,7 - 13,3)					11,60			11,50	10,80
Cerda gestante	150 a 250 kg (114 días)	17,10 (15,2 - 19)		10 (A)	17 (11 - 25)		15,60	15 (13,6 - 17,2)		15 (10 - 20)	16
Cerda lactante	(28 días)	22 (19 - 25)	18 (B) (13 - 20)	21,40 (A)			19,40	20 (C) (18,1 - 22,7)		18 (12 - 25)	19
Verraco	160 a 270 kg (265 días)								16,40 (14,8 - 18,0)	15 (C)	15,70

¹Categoría rango de peso estimado según MARM (2010).

*ARC: (A) Calculado mediante la ecuación Aumaitre (1990) ($I = 248,7/W + 78,7$). (B). Similar en verano e invierno. *INRA: (A) Con un consumo de 4 a 4,5 L/kg de MS ingerida (el primer valor se refiere a las gestantes y el segundo a las lactantes, con un consumo de pienso (Kg/día) de 2,5 y 4,75 respectivamente. *Massabie: Rangos obtenidos a partir de la ecuación de Patrick ($y = 0,063 x + 2,564$). *Ward y McRague: (A) Resultados de los animales / medio ambiente y gestión. (B) Consumo típico en un año según bases diarias bajo las condiciones agronómicas medias en Ontario (C) Incluye lechones destetados. *NRC: (A) Valores desde la primera semana después del destete hasta la tercera semana (con un mínimo de 7kg). (B) Valores calculados a partir de la ecuación: *Consumo de agua (L/día) = 2 x consumo de alimento seco en kg/día*. (C) A una temperatura 25° C. En caso de una temperatura de 15° C beben 10 L/animal y día.

Tabla 7.- Normas para el control de calidad del agua para consumo del ganado porcino. Valores en mg/L excepto indicación contraria

	Potable	Aceptable	Inadecuada
pH	6,5-8	6-8,5	<5->8,5
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C	<1.000	1.000-2.500	> 2.500
Sólidos disueltos (TDS)	<1.000	1.000-3.000	>3.000
Nitratos (NO_3^-)	<50	50-100	>100
Nitritos (NO_2^-)	<0,1	0,1-0,5	>0,5
Amonio (NH_4^+)	<0,5	0,5-2	>2
Sulfatos (SO_4^-)	<250	250-500	>500
Dureza	50-100	100-200	>200
Calcio (Ca^{2+})	<100	100-200	>200
Magnesio (Mg^{2+})	<50	50-100	>100
Cloruro (Cl^-)	<250	250-400	>400
Cloro libre	<0,5	0,5-1	>1
Sodio (Na^+)	<200	200-300	>300
Hierro (Fe^{2+})	<0,5	0,5-1	>1
Oxidabilidad (O_2 disuelto)	<5	5-10	>10

- Dureza: Causada por la presencia de cationes divalentes como Ca^{++} y Mg^{++} y en general no afecta a la salud animal. Generalmente se calcula como la suma de ambos. Una dureza alta puede obstruir tuberías y causar problemas de limpieza.
- Cloruros: su principal problema radica en la transmisión de sabor al agua. En algunos casos la presencia de sal disuelta en el agua es alta y podrían disminuir el consumo voluntario de agua. Por ello, en estos casos conviene equilibrar el contenido en sal de la dieta. Un alto contenido en cloro puede indicar contaminaciones.
- Hierro: por sí solo no es un problema, sin embargo solubilizado se encuentra en forma divalente que con el oxígeno y determinadas bacterias se transforma en compuestos férricos oxidados insolubles que dan problemas en las instalaciones. El Fe puede fomentar el crecimiento de ciertas bacterias provocando sabores anómalos y disminuyendo la ingesta de

agua. Dosis de 5 mg/kg inactivan algunos medicamentos y dosis de 10 mg/kg provocan rechazo total al consumo de agua.

Además de los criterios anteriores para aguas destinadas al consumo humano, se establecen límites en contaminantes tóxicos que también son criterios a tener en cuenta para aguas destinadas a ganado porcino pero que se salen fuera del control de calidad normal. Entre estos compuestos se encuentran el Al, Hg, Pb, F, Cd, Cu, Mn, pesticidas, etc.

Criterios microbiológicos: El control microbiológico del agua, es esencial para asegurar su calidad. El agua puede contener diversos microorganismos que suponen un riesgo para la salud de los animales, aunque no todos ellos tienen por qué ser nocivos en todas las circunstancias. Las contaminaciones se deben a causas tan diversas como pobres tratamientos higiénicos o condiciones inadecuadas de los mismos, presencia de biofilms en las cañerías, tipos de bebederos, etc. El control microbiológico se debe realizar en varios puntos en la granja ya que el agua puede contaminarse a lo largo del circuito y puede ser de muy buena calidad a su entrada a granja pero no en los bebederos.

Dada la imposibilidad de aislar cada uno de los agentes patógenos posibles contaminantes del agua, se opta por utilizar indicadores de contaminación, sencillos de determinar y cuya presencia señala la posibilidad de que haya otros patógenos de mayor riesgo (NRMMC, 2011). El principal riesgo sanitario del agua, posiblemente sea la contaminación fecal. A este particular, los microorganismos usados como indicadores de la contaminación son los coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, estreptococos fecales, enterococos fecales, *Clostridium* sulfitorreductores, *Clostridium perfringens* y aerobios mesófilos (Payment y Franco, 1993; OMS, 2004). En aguas para consumo de ganado porcino los análisis más frecuentes son los de aerobios totales, coliformes fecales, estreptococos fecales, *Clostridium* sulfitorreductores y, esporádicamente, aerobios totales y *Pseudomonas aeruginosa*.

Los anaerobios sulfito-reductores constituyen un grupo asociado a los *Clostridium spp* y están normalmente en las heces, aunque en número mucho más reducido que *Escherichia coli*. Su representante más característico es *Clostridium perfringens* (OMS, 2004). El origen de los anaerobios sulfitorreductores no es exclusivamente fecal, pero se utilizan como indicadores de

contaminación de alto riesgo del agua ya que sus esporas sobreviven en el agua mucho más tiempo que los coliformes y a su vez son más resistentes a los tratamientos de desinfección. En la normativa europea se establece desde 2003 la obligatoriedad de ausencia de *Clostridium perfringens* en lugar de *Clostridium* sulfitorreductores. A veces se determina la concentración en *Pseudomona aeruginosa* de las aguas ya que se ha comprobado que ejerce una acción bactericida contra *E.coli* y es más resistente al cloro de los tratamientos. La *Pseudomona aeruginosa* se relaciona más con la contaminación fecal de origen humano mientras que los coliformes están más relacionados con la contaminación de origen animal.

En la tabla 8 se presentan los parámetros microbiológicos recomendados para aguas de consumo animal.

Tabla 8.- Parámetros microbiológicos para las aguas de consumo

Parámetros obligatorios para las aguas de consumo humano	
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 100 mL
Enterococos	Ausencia en 100 mL
<i>Clostridium perfringens</i>	Ausencia en 100 mL
Parámetros indicadores para las aguas de consumo humano	
Coliformes totales (37°C-24 h)	Ausencia en 100 mL
Aerobios totales (22°C-72h)	100 UFC/mL
Otros parámetros de control	
Aerobios totales (37°C-24h)	20 UFC/mL
Bacterias anaerobias sulfitorreductoras (37°C-48h)	Ausencia en 20 mL
<i>Salmonella</i>	Ausencia en 100 mL
Estreptococos fecales (37°C-48h)	Ausencia en 100 mL

Tratamiento del agua

Es difícil de controlar y muy costoso el exceso de sales o contaminantes en el agua, ya que es necesario recurrir a técnicas de intercambio iónico, filtración, ósmosis, etc. Sin embargo la presencia de bacterias o patógenos, en general, es más simple de reducir, e incluso eliminar, mediante tratamientos químicos. Los tratamientos químicos más

destacados que se aplican al agua para garantizar su calidad microbiológica son los siguientes:

Cloración: consiste en la administración de pastillas de hipoclorito de Na o de Ca o en forma líquida, mediante bombas dosificadoras. El hipoclorito en disolución forma ácido hipocloroso que es un potente desinfectante. Para que sea efectivo, el ácido hipocloroso tiene que permanecer en contacto con el agua por cierto tiempo y exige unas condiciones de pH adecuadas para favorecer su formación ya que la forma iónica carece de efecto bactericida. Las temperaturas elevadas y la presencia de materia orgánica en exceso reducen la concentración de Cl^- y formación de trihalometanos que son de carácter tóxico. La presencia del ión amonio en altas concentraciones favorece la formación de cloraminas tóxicas. Los tratamientos se controlan mediante el valor residual de Cl^- libre en el agua. Un exceso de Cl^- libre disminuye el consumo de agua por los animales.

Dióxido de cloro: es un desinfectante muy efectivo, menos sensible al pH y a la presencia de materia orgánica que el cloro. Inactiva una gran cantidad de bacterias, virus y protozoos patógenos sin dar lugar a la formación de derivados halogenados.

Peróxido de hidrógeno: el peróxido de hidrógeno es un desinfectante muy efectivo y un potente agente oxidante aplicable mediante bombas dosificadoras. Su gran ventaja es que reduce la contaminación microbiológica sin aportar sabores ni olores en el agua.

NECESIDADES NUTRICIONALES PARA CERDOS BLANCOS

Cerdos reproductores

Las necesidades nutricionales de cerdas y verracos en producción intensiva se detallan en las tablas 9 y 10. En la tabla 9 se ofrecen las necesidades para reproductores en condiciones estándar, considerando una productividad en torno a 24-25 lechones/cerda y año, y verracos adultos o cercanos a su peso adulto. En la tabla 10 se detallan las necesidades para granjas de alta productividad o en condiciones especiales. Para cerdas reproductoras los valores de esta tabla se entienden como recomendables para granjas en crecimiento con un alto porcentaje de cerdas primerizas y de segundo parto o a final de la gestación y cerdas lactantes, con producción superior a 27 lechones/cerda y año, en situaciones de altas temperaturas ambientales sin llegar al estrés calórico. Asimismo, las necesidades para verracos en esta tabla se refieren a animales aún en crecimiento con pesos superiores a los 130 kg. Los niveles recomendados mantienen un amplio margen de seguridad por unidad de energía. Las concentraciones energéticas indicadas corresponden a la situación de precios de materias primas, sistemas de manejo y productividad actuales. En la valoración energética de los ingredientes se han utilizado los valores de EN de las tablas FEDNA (2010) sin hacer distinción entre cerdas adultas y cerdos en crecimiento. Las necesidades en EM se han estimado a partir de los valores de EN aplicando básicamente la ecuación de Noblet et al. (1994) que se expone en la tabla 2 (ecuación 4). Es previsible que en el futuro, como consecuencia de las normativas sobre bienestar animal, los piensos de cerdas en gestación tiendan a diluirse debido al mayor aporte de fibra (pero suministrando proporcionalmente mayor cantidad de pienso) y que, los piensos de cerdas lactantes tiendan a concentrarse ligeramente debido a la mayor productividad esperable.

Las cerdas primerizas actuales, incluso aquellas de segundo parto, tienen mayores necesidades relativas (% del pienso) en aminoácidos y minerales que las cerdas multíparas, debido en parte al menor consumo por su menor peso vivo y en parte a sus mayores necesidades de crecimiento en tejido magro. Asimismo, las necesidades de las cerdas gestantes en aminoácidos, Ca y P aumentan el último tercio de gestación, a fin de

satisfacer el crecimiento de los fetos (Fedna, 2006; NRC, 2012). Las necesidades en aminoácidos esenciales se expresan en porcentaje del pienso para facilitar su utilización práctica. Estos valores se han obtenido en base a los cálculos de necesidades y consumos para proteína y Lys indicados en el anexo 2, con aplicación posterior del concepto de proteína ideal (tabla 4) para el resto de aminoácidos indispensables estandarizados. En esta tabla se ha utilizado un mismo balance de proteína ideal para aminoácidos totales que para aminoácidos DIS lo que no es totalmente correcto. Asimismo, se ha utilizado el mismo balance de proteína ideal para cerdas gestantes estándar o primerizas, o al inicio y final de la gestación, lo que tampoco es correcto. Sin embargo, la escasez de datos existentes a este particular no nos permite mejorar este apartado.

Las necesidades relativas (% de la dieta) en Lys de las cerdas lactantes aumentan al disminuir el consumo y por tanto, van a ser más elevadas en cerdas jóvenes (que además están creciendo) que en cerdas adultas. En condiciones de altas temperaturas las necesidades energéticas se reducen por lo que la cerda come menos, pero las necesidades en aminoácidos, minerales y resto de nutrientes no se ven modificadas, por lo que su concentración en el pienso debe aumentar en verano. Con temperaturas superiores a 30-32°C en el interior de la nave, puede ser conveniente elevar el nivel de Lys (y del resto de aminoácidos) del pienso de lactación de las cerdas primerizas en un 3-6%, manteniendo constante el nivel de proteína bruta a fin de no elevar la producción de calor endógeno. Asimismo, en estas condiciones puede ser de interés elevar la EN de los piensos de lactación en 20-40 kcal, siempre en función del coste económico y asegurando que la relación EN:nutrientes es adecuada. Cuando la temperatura ambiental es excesiva, el estrés calórico provoca cambios fisiológicos, metabólicos y hormonales importantes en la cerda. En estos casos, el consumo de energía, y no de proteína, limita la productividad y por tanto, sólo medidas de control del medio ambiente (enfriamiento, corrientes de aire, humidificación) ayudan a resolver el problema. Un aumento de la concentración en aminoácidos indispensables del pienso bajo estas condiciones carece de sentido.

No se conocen con detalle las necesidades en FB o en FND de las cerdas reproductoras aunque en aras del bienestar animal interesa utilizar

niveles elevados, especialmente en cerdas gestantes. La inclusión en el pienso de ingredientes fibrosos beneficia el fisiologismo digestivo y reduce la incidencia de estereotipias. Si la inclusión de fibra adicional no incrementa de forma exagerada el precio del pienso, y a fin de mejorar el confort intestinal y el bienestar animal, lo que a menudo está ligado a la productividad, se recomiendan niveles de FND superiores al 18% en cerdas en gestación y al 15% en cerdas en lactación. No obstante, es posible lograr buenos niveles productivos con piensos basados en maíz-soja-grasa (caso de los Estados Unidos de América) con niveles de FB en gestación inferiores al 4% pero a los que se añaden niveles limitados de laxantes (p.ej., sales de Mg).

La concentración en Ca y P total de los piensos para cerdas reproductoras es inferior hoy día al recomendado hace 15 años. Una de las razones es la mayor disponibilidad de las fuentes de P actuales (fosfato monocálcico vs. fosfato bicálcico y uso de fitasas) pero sobre todo, al mejor conocimiento de las necesidades de los animales y las nuevas normativas europeas sobre sostenibilidad y control de la polución del medio ambiente. Es práctica frecuente aumentar la cantidad de pienso suministrado a la cerda en los últimos quince días de gestación en 500-600 g/d, así como trasladar a la cerda a la sala de partos con antelación al mismo, donde recibe pienso de lactación. En estos casos se pueden utilizar niveles de Ca y P digestible inferiores a las recomendaciones de las tablas 9 y 10. Tal y como se indicó para las necesidades en aminoácidos, conviene aumentar los niveles de Ca y P en aquellas granjas con predominio de cerdas primerizas o cerdas cercanas al parto.

Las necesidades en Na de las cerdas no se han estudiado en detalle. En general, el exceso moderado aumenta el consumo de agua con varios posibles efectos beneficiosos: 1) mayor defensa contra el calor, 2) ligero aumento del consumo de pienso y 3) mejora de la limpieza del tracto urogenital. Por contra, el exceso de Na aumenta la producción de purines y debe evitarse en el caso de granjas donde se suministran aguas con alta salinidad. No existe información reciente sobre niveles óptimos de Cl o de Mg en estos piensos.

Existen muy pocas investigaciones sobre las necesidades nutricionales del verraco (Mateos et al., 1997; NRC, 2012). Las necesidades del macho reproductor adulto se corresponden fundamentalmente a las de un animal en conservación con un ligero aporte extra de energía para el ejercicio y la monta. En verracos jóvenes, sin embargo, las necesidades para crecimiento son proporcionalmente más elevadas, lo que debe tenerse en cuenta. Para conseguir una producción de semen adecuada es importante que el verraco gane peso a lo largo de su vida productiva, lo que exige una cierta sobrealimentación. Las necesidades para verracos expuestas en las tablas 9 y 10 se refieren bien a animales adultos o animales en crecimiento que aún no han alcanzado su peso adulto, respectivamente. En general, los integradores españoles utilizan piensos excesivamente concentrados en energía, proteína bruta y macrominerales para verracos adultos. Caso de que fuera necesario, piensos con una composición similar al de lactación estándar pueden ser adecuados para verracos en crecimiento, mientras que el pienso de gestación sería más recomendable para verracos adultos.

Tabla 9.- Recomendaciones para piensos de cerdas reproductoras y verracos en situaciones estándar. Normas generales

		Gestación estándar	Lactación estándar ¹	Verracos adultos
EM porcino	kcal/kg	2.875	2.980	2.930
EN porcino	kcal/kg	2.130	2.250	2.150
Extracto etéreo, mín.	%	3,1	5,4	3,0
Fibra bruta, mín.- máx.	%	6,0 - 10,0	4,6 - 7,2	6,5 - 10,0
FND, mín.	%	18	15	19
Almidón, mín.	%	33	34	32
Proteína bruta, mín.- máx.	%	13,7-15,8	16,4 - 17,5	14,8 - 16,0
Lys total	%	0,61	0,95	0,66
Met total	%	0,19	0,29	0,20
Met + cys total	%	0,40	0,53	0,44
Thr total	%	0,44	0,63	0,48
Trp total	%	0,12	0,18	0,13
Val total	%	0,43	0,76	0,46
Ile total	%	0,37	0,54	0,40
Lys digest. std.	%	0,51	0,84	0,55
Met digest. std.	%	0,16	0,25	0,17
Met+cys digest. std.	%	0,34	0,47	0,36
Thr digest. std.	%	0,37	0,55	0,40
Trp digest. std.	%	0,10	0,16	0,11
Val digest. std.	%	0,36	0,67	0,39
Ile digest. std.	%	0,31	0,48	0,33
Calcio, mín.- máx.	%	0,81 - 1,05	0,95 - 1,05	0,85 - 1,00
Fósforo total ²	%	0,60	0,66	0,65
Fósforo digest., mín. ²	%	0,29	0,32	0,31
Magnesio	mg/kg	400	400	400
Sodio, mín.	%	0,18	0,19	0,17
Cloro, mín.	%	0,16	0,17	0,15
Potasio, mín.- máx.	%	0,25 - 1,10	0,28 - 1,10	0,27 - 1,00
Ácido linoleico ³	%	>0,10	>0,10	>0,10

¹Cerdas con 10 lechones vivos por parto.

²Con fitasas exógenas reducir 0,10% el P total, 0,07 a 0,08% el P digestible y 0,04% el nivel de Ca.

³Necesidades insignificantes en C18:2 de acuerdo con NRC (2012). Valores típicos de 0,85% en dietas cebada-soja sin grasa añadida. Se recomienda utilizar más del 0,70% en caso de problemas dérmicos.

Tabla 10.- Recomendaciones para piensos de cerdas reproductoras de alta productividad y verracos en crecimiento. Normas generales

		Gestación primerizas o último mes de gestación ¹	Lactación hiper prolíficas ²	Verracos en crecimiento > 130 kg PV
EM porcino	kcal/kg	2.920	3.070	2.935
EN porcino	kcal/kg	2.180	2.320	2.190
Extracto etéreo, mín.	%	3,5	5,8	4,5
Fibra bruta, mín.- máx.	%	5,8 - 11,0	4,5 - 7,0	6,0 - 9,0
FND, mín.	%	17,0	14,5	16,0
Almidón, mín.	%	32	32	-
Proteína bruta, mín.- máx.	%	14,1 - 16,2	16,6 - 17,8	16,5 - 17,5
Lys total ²	%	0,66	1,03	0,80
Met total	%	0,20	0,31	0,26
Met + cys total	%	0,44	0,58	0,49
Thr total	%	0,47	0,68	0,53
Trp total	%	0,13	0,20	0,15
Val total	%	0,46	0,82	0,54
Ile total	%	0,40	0,59	0,45
Lys digest. std.	%	0,56	0,92	0,70
Met digest. std.	%	0,17	0,28	0,22
Met + cys digest. std.	%	0,37	0,51	0,43
Thr digest. std.	%	0,40	0,61	0,46
Trp digest. std.	%	0,11	0,17	0,13
Val digest. std.	%	0,39	0,74	0,47
Ile digest. std.	%	0,34	0,52	0,39
Calcio, mín.- máx.	%	0,85 - 1,05	0,93 - 1,05	0,85 - 1,05
Fósforo total ³	%	0,60	0,67	0,69
Fósforo digest., mín. ³	%	0,30	0,33	0,32
Magnesio	mg/kg	400	400	400
Sodio, mín.	%	0,19	0,21	0,18
Cloro, mín.	%	0,17	0,18	0,15
Potasio, mín.- máx.	%	0,25 - 1,10	0,30 - 1,10	0,30 - 1,05
Ácido linoleico ⁴	%	<0,10	>0,10	0,70

¹Granjas en crecimiento con altos porcentajes de cerdas de primer y segundo parto o de cerdas al final de la gestación. ²Niveles recomendables con temperaturas moderadas/altas y más de 12 lechones vivos por parto. ^{3,4} Ver Tabla 9.

Lechones y cerdos en crecimiento-cebo

Las necesidades energéticas de los lechones y cerdos en cebo de las razas y estirpes genéticas modernas son elevadas debido a su alta capacidad de crecimiento. El cerdo adapta bien el consumo a amplios rangos de concentración energética del alimento, especialmente a edades avanzadas (>50 kg PV), estirpes con un espesor razonable de grasa dorsal y condiciones ambientales moderadas. En el lechón joven (<15 kg PV) es conveniente utilizar piensos más concentrados que en el cerdo adulto a fin de maximizar el consumo energético. En cerdos en crecimiento-cebo (>20 kg PV) la concentración energética óptima del pienso (entre límites razonables: 2.330 a 2.500 kcal EN/kg) viene marcada por el costo relativo de los ingredientes y el objetivo deseado en cuanto a índices de conversión. Niveles de energía dentro de la parte superior del rango (>2.430 kcal EN/kg) podrían ser más beneficiosos en condiciones de alta temperatura o manejos deficientes (p.ej., altas densidades de cría), situaciones anómalas (p.ej., estrés) y razas muy conformadas. El cerdo es sensible a la calidad del gránulo, pudiendo reducir el consumo si ésta no es adecuada. Piensos muy energéticos precisan de niveles elevados de grasa, especialmente si se utilizan subproductos, lo que puede perjudicar la calidad del gránulo y reducir el consumo y la productividad. Dentro de los niveles indicados y con piensos isonutritivos, el nivel energético del pienso tiene poca incidencia sobre la calidad de la canal y de la carne siempre que se mantenga constante la relación EN:aminoácidos esenciales (Cámara et al., 2012).

Las necesidades estimadas del lechón de 5 a 22 kg de PV se detallan en la tabla 11. Debe tenerse en cuenta que el consumo de pienso del lechón en paridera es muy reducido, especialmente en el caso de destetes precoces y siempre que la madre produzca leche abundante. Piensos excesivamente ricos en nutrientes y de elevada palatabilidad, potencian el consumo en los primeros estadios de vida, cuando el aparato digestivo del lechón no está suficientemente preparado, pudiendo incrementar la incidencia de procesos diarreicos (Berrocoso et al., 2013). Un defecto en fibra podría aumentar la incidencia de procesos entéricos post-destete debido a un escaso efecto mecánico del pienso sobre la mucosa digestiva, lo que facilita la adherencia de las bacterias patógenas a la pared intestinal (Mateos et al., 2006a,b). La problemática es en general más acentuada con piensos granulados que con

piensos en harina (Berrocoso et al., 2012). Por ello, en granjas con sanidad limitada o manejo deficiente, es conveniente restringir el consumo o suministrar piensos en harina con mayores contenidos en fibra (una a dos unidades extras de FND) y menores en energía (3-5%) y en proteína bruta (1,0-1,5%). Fuentes de fibra solubles ricas en pectinas y poco lignificadas, tal como la pulpa de remolacha, pueden fermentar en intestino grueso dando lugar a ácidos grasos de cadena corta y bajadas del pH. Ambos efectos mejoran la salud intestinal del lechón, ya que una reducción del pH reduce la multiplicación de patógenos relacionados con la fermentación proteica y además, los ácidos grasos volátiles (AGV) producidos sirven de energía directa al colonocito dañado. Por el contrario, fuentes de fibra insolubles muy lignificadas, como la cáscara de avena o incluso la paja de cereal pueden reducir el consumo pero promueven, a dosis adecuadas, una mejora del funcionamiento del tracto gastrointestinal con un mejor mantenimiento de la motilidad, que puede reducir la adherencia a la mucosa digestiva de los microorganismos patógenos existentes. Por tanto, el uso de uno u otro tipo de fibra va a depender de la problemática existente en la granja. En general, el salvado de trigo de calidad es una fuente de fibra adecuada en situaciones problemáticas. Por otro lado, es conveniente utilizar niveles moderados o altos de lactosa (y en su caso de proteínas animales) en piensos de preiniciación por su efecto positivo sobre la productividad y el consumo voluntario. A partir de los 12 kg PV, la utilización de estos ingredientes de alto valor añadido podría no estar justificada, especialmente en granjas con manejo y sanidad adecuados. En el pienso estándar (7-12 kg), la alta incidencia de diarreas a menudo observada cuando se usan piensos sin antibióticos o aditivos relacionados con el control de procesos entéricos (p.ej., SO_4Cu y ZnO) puede hacer recomendable reducir el nivel de proteína bruta y la concentración nutritiva del mismo. Deben evitarse piensos con niveles proteicos inferiores al 17-18% formulados con niveles reducidos de harina de soja, ya que suelen ser limitantes en un quinto aminoácido esencial no disponible en forma cristalina (normalmente la Ile). Por tanto, en estos casos conviene reducir el nivel de Lys del pienso.

En la tabla 12 se ofrecen las necesidades nutricionales estimadas para cerdos en crecimiento y cebo de conformación media, criados en condiciones ambientales y de manejo aceptables. En la tabla 13 se ofrecen recomendaciones prácticas para granjas bien manejadas con genéticas muy

conformadas y animales con un estatus sanitario elevado. Estas últimas recomendaciones podrían también ser recomendables en épocas de calor, siempre que los animales no estén sometidos a estrés calórico ya que en estos casos el consumo es muy limitado y el consumo de energía, más que el de proteína, limita los crecimientos.

Los cerdos no precisan proteína sino aminoácidos. Por tanto, no sería necesario establecer límites en cuanto a necesidades proteicas. Sin embargo, puede ser conveniente incluir en formulación unos niveles mínimos y máximos lógicos, para evitar deficiencias en aminoácidos no controlados en un caso y problemas de heces fluidas y exceso de purines en el otro. Las necesidades en aminoácidos indispensables de los cerdos en crecimiento-cebo dependen de los objetivos marcados siendo superiores en machos enteros que en hembras y en ambos que en machos inmunocastrados o castrados quirúrgicamente. Además, son más elevadas cuando se precisan canales magras que cuando se desean canales con niveles aceptables de grasa, caso de los cerdos destinados a productos curados de calidad. Asimismo, las necesidades son superiores cuando se buscan buenos índices de conversión que cuando el objetivo es lograr óptimos crecimientos, y son superiores en cerdos sanos con buenos crecimientos que en cerdos con problemas patológicos y ganancias medias diarias mediocres. La razón es que las necesidades proteicas son relativamente más elevadas para la deposición de carne que para conservación. Por tanto, se precisan más aminoácidos, en particular de Lys, en granjas de alto potencial de crecimiento en condiciones sanitarias óptimas. Una vez definido el nivel de Lys requerido, las necesidades en el resto de aminoácidos se determinan en base al criterio de proteína ideal (tabla 4). En caso de animales con crecimientos inferiores a lo esperado debido a patologías o incidencia de enfermedades subclínicas, el perfil de proteína ideal varía en el sentido de que metionina, treonina y otros aminoácidos indispensables ganan en interés en relación con la Lys. Por ejemplo, las proteínas de fase aguda y otras relacionadas con la inmunidad tienen un perfil en aminoácidos diferente al de la carne, con menor proporción de Lys.

En las tablas 11 a 13 se detallan las necesidades para lechones y cerdos en crecimiento-cebo según edad y productividad esperable. De 20 kg a sacrificio se ofrece un rango en función de las características genéticas

del animal y las condiciones higio-sanitarias de la granja, ambas relacionadas con la capacidad de crecimiento en tejido magro y deposición de grasa. En cerdos de más de 100 kg las necesidades expuestas se refieren a crías de machos castrados y hembras enteras. En este período los niveles de proteína y aminoácidos pueden reducirse en un 6-10% en caso de cerdos pesados que resultan de cruces de hembras estándar Large White con Duroc, destinados a la industria del jamón y de productos curados.

El contenido en fibra de los piensos de cerdos en crecimiento-cebo afecta a la palatabilidad, la digestibilidad de los nutrientes, el rendimiento de la canal y la sensación de saciedad del animal. Por tanto, conviene limitar el nivel de FND en piensos para lechones y cerdos en cebo para favorecer el consumo. Sin embargo, una deficiencia en fibra perjudica el peristaltismo intestinal y puede incidir negativamente sobre la aparición de úlceras, la incidencia de prolapsos y la presencia de procesos diarreicos inespecíficos, por lo que se recomienda incluir un mínimo en los piensos. Las cantidades de fibra a añadir dependerán de las condiciones higio-sanitarias de la granja, así como del tipo de fibra. Por ejemplo, la inclusión de cantidades moderadas de FND en base a ingredientes fibrosos solubles y poco lignificados (pulpa de remolacha) favorece la producción de ácidos grasos volátiles en el intestino distal, lo que podría reducir el riesgo de colitis inespecíficas y otros procesos entéricos. Las necesidades en Ca y P de los cerdos en crecimiento-cebo y su impacto medioambiental han sido muy estudiadas en los últimos años. Los niveles de Ca y P utilizados en piensos actuales son extremadamente bajos en comparación con los utilizados hace 20 años lo que se debe a: 1) interés por reducir al mínimo la contaminación ambiental (caso del P), 2) facilitar la acción de las fitasas (caso del Ca), 3) reducir la capacidad tampón de los piensos, especialmente en animales jóvenes, y 4) dejar mayor espacio libre en formulación.

Los niveles de Na^+ , Cl^- , K^+ y SO_4^- en piensos para lechones o cerdos en crecimiento cebo han sido poco estudiados. El exceso de K^+ , SO_4^- y Cl^- se debe generalmente al variable y alto contenido de ciertas materias primas, lo que dificulta su control. Así, el contenido en K^+ depende de la fertilización del terreno (caso de las semillas y harina de leguminosas) o del proceso industrial que sufre el ingrediente (caso de los sueros delactosados). En lechones, el exceso moderado de electrolitos positivos (Na^+ y K^+) aumenta

ligeramente el consumo y reduce el estrés calórico pero podría aumentar la incidencia de procesos diarreicos. Niveles de Na^+ de hasta el 0,24-0,25% en lechones jóvenes pueden mejorar el consumo y el crecimiento, especialmente en condiciones de alta temperatura. De hecho, hoy día sería recomendable la utilización de sal añadida (hasta un 0,2%) extra en piensos para lechones formulados incluso con niveles moderados de proteínas de origen animal, a menudo ricas en Na^+ . En cerdos en cebo, un exceso de Na^+ (balance electrolítico positivo) reduce la agresividad y el canibalismo, especialmente en granjas con mal manejo y condiciones ambientales pobres. En estos casos los niveles de Na^+ pueden elevarse, durante varios días, por encima del 0,50-0,60%. Aunque el concepto de balance electrolítico (relación entre iones positivos y negativos; $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^-)$) no es nuevo, existe un creciente interés en su utilización en formulación de piensos para porcino. Así, es frecuente utilizar bicarbonato sódico como una fuente de Na en condiciones de altas temperaturas, especialmente en cerdas en lactación. La bondad de esta práctica frecuente en condiciones industriales y sus efectos beneficiosos sobre el consumo voluntario por el animal no está plenamente demostrada. El exceso moderado de Na^+ no perjudica el crecimiento o la productividad del animal siempre que haya agua limpia abundante, pero aumenta la producción de purines. Caso de interesar reducir la producción de purines o utilizar aguas con salinidad elevada, pueden bajarse los niveles de Na^+ a 0,14% en lechones de 12 a 25 kg y a 0,12% en cerdos a partir de esta edad.

En las tablas sobre necesidades que se acompañan (tablas 9 a 13) se incluyen recomendaciones sobre niveles de ácido linoleico. En el ganado porcino las necesidades en este ácido graso esencial son mínimas (<0,1%). No obstante, podría ser recomendable incluir niveles superiores al 0,7% para mejorar el aspecto de la piel y del pelo, especialmente en cerdas. Por contra, es conveniente limitar el exceso de ácido linoleico (<1,5%) en piensos de finalización de cerdos destinados a la industria de productos curados. El exceso de grasa insaturada perjudica la migración del agua y el proceso de curación de los jamones. Sin embargo, cuando las canales van destinadas a la venta en fresco, el nivel de ácido linoleico se puede aumentar hasta el 1,7-1,8% e incluso superior, en condiciones de temperaturas bajas o moderadas.

Las necesidades en vitaminas y microminerales de los cerdos en sus distintos estados productivos quedan reflejadas en las tablas 14 (cerdas reproductoras y verracos) y 15 (lechones y cerdos en crecimiento-cebo). La elección de un valor u otro dentro del rango recomendado depende de los objetivos de producción, del período de utilización de los piensos y del "seguro" que queramos aplicar a nuestras dietas. Conviene recordar la prohibición legal de utilizar niveles de Se superiores al 0,5%, así como la prohibición futura (año 2014) de incluir sales de Co en la fabricación de correctores, por su carácter tóxico y falta de utilidad en piensos para porcino. A este particular, el Co puede ser utilizado por el animal para fabricar vitamina B₁₂ sólo si tiene acceso a sus heces, ya que el cerdo carece de la enzima necesaria para unir Co como grupo prostético de la molécula de la vitamina B₁₂.

Tabla 11.- Recomendaciones para piensos de lechones. Normas generales^(*)

Periodo, kg		Peso vivo (kg)		
		5-7 ¹	7-12 ¹	12-22
EM Porcino	kcal/kg	>3.290	3.285	3.280
EN Porcino	kcal/kg	>2.480	>2.470	2.460
Extracto etéreo	%	5-9	5-8,5	5-8
Fibra bruta, mín.- máx.	%	2,5 - 3,7	3,1 - 4,5	3,2 - 4,8
FND, mín.- máx. ²	%	7,0 - 9,5	8,5 - 12,0	10,0 - 13,9
Almidón, mín	%	20	26	35
Proteína bruta, mín.- máx. ³	%	19,4 - 21,8	18,9 - 20,8	17,6 - 19,0
Proteína láctea, mín.- máx. ⁴	%	2,5	1,0	0
Lactosa, mín. ⁴	%	14,0	8,0	0 - 2
Lys total	%	1,53	1,42	1,35
Met total	%	0,46	0,43	0,41
Met + cys total	%	0,90	0,84	0,80
Thr total	%	0,99	0,93	0,87
Trp total ⁵	%	0,30	0,28	0,27
Val total	%	1,05	0,98	0,94
Ile total	%	0,82	0,77	0,73
Lys digest. std. ⁵	%	1,39	1,28	1,20
Met digest. std.	%	0,42	0,38	0,35
Met + cys digest. std.	%	0,82	0,75	0,71
Thr digest. std.	%	0,90	0,83	0,78
Trp digest. std. ⁶	%	0,28	0,26	0,24
Val digest. std.	%	0,96	0,88	0,82
Ile digest. std.	%	0,75	0,69	0,64
Calcio, mín.- máx.	%	0,65 - 0,75	0,70 - 0,80	0,73 - 0,81
Fósforo total, mín.	%	0,64	0,62	0,60
Fósforo digest. mín. ⁷	%	0,41	0,38	0,33
Magnesio	mq/kg	430	415	410
Sodio ⁸ , mín.	%	0,26	0,24	0,20
Cloro, mín.	%	0,22	0,20	0,18
Potasio, mín.- máx.	%	0,4 - 1,2	0,4 - 1,2	0,5 - 1,25
Ácido linoleico, mín. ⁹	%	0,10	0,10	0,10

(*)Reducir la energía (1-2%) y los aminoácidos digestibles (3-4%) para lechones de bajo potencial de crecimiento o condiciones higiénicas inadecuadas. En cualquier caso, la proteína ideal debe estar balanceada (ver tabla 4).

¹Añadir ácidos orgánicos, cereales tratados y aceite vegetal (p. ej. soja o girasol), evitar enranciamientos. No utilizar sebos ni oleínas. ²Mantener un nivel mínimo por su efecto beneficioso sobre el confort intestinal y la incidencia de diarreas. La pulpa de remolacha/cítricos, el salvado de calidad y la cascarilla de avena son las fuentes más indicadas. Un exceso de FND reduce el consumo. ³En caso de diarreas utilizar el límite inferior. En caso contrario, el límite superior es más indicado. ⁴Aportado por fuentes lácteas (caseinatos, sueros, lactosa, según casos). El nivel de lactosa puede reducirse si se utiliza plasma porcino (10 y 7%, respectivamente). ⁵Para lechones de calidad, homogéneos y ambientes de alta sanidad, puede ser recomendable elevar un 5% el nivel de Lys y del resto de aminoácidos respecto al indicado, a partir de los 12 kg. ⁶Estudios europeos recientes indican que el lechón de 5 a 10 kg puede beneficiarse con relaciones Trp:Lys superiores al 21-22%. ⁷Con fitasas exógenas reducir 0,10% el P total, 0,07 a 0,08% el P digestible y 0,04% el Ca. ⁸El lechón podría beneficiarse de niveles de Na de hasta el 0,30%. Cuidar en su caso la incidencia de heces blandas.

⁹No se ha demostrado influencia sobre la productividad del cerdo. Utilizar 0,7% en caso de problemas con el aspecto de la piel.

**Tabla 12.- Recomendaciones para piensos de cerdos en crecimiento-cebo.
Normas generales**

Periodo		Peso vivo (kg)		
		20-60	60-100	>100
EM porcino	kcal/kg	3.180	3.175	3.150
EN porcino	kcal/kg	2.400	2.400	2.400
Extracto etéreo	%	4-8	4-8	4-8
Fibra bruta, mín.- máx.	%	3,4 - 5,4	3,5 - 6,3	3,7 - 6,5
FND, mín.- máx.	%	11 - 15,5	11 - 15,5	11 - 16,5
Almidón, mín.	%	35	33	32
Proteína bruta, mín.- máx.	%	16,2 - 18,0	14,8 - 17,0	13,2 - 15,1
Lys total	%	1,04	0,90	0,75
Met total	%	0,32	0,28	0,24
Met + cys total	%	0,62	0,54	0,46
Thr total	%	0,68	0,58	0,50
Trp total	%	0,20	0,17	0,14
Val total	%	0,71	0,61	0,50
Ile total	%	0,57	0,49	0,42
Lys digest. std.	%	0,89	0,77	0,63
Met digest. std.	%	0,28	0,24	0,20
Met + cys digest. std.	%	0,53	0,46	0,38
Thr digest. std.	%	0,58	0,50	0,42
Trp digest. std.	%	0,17	0,15	0,12
Val digest. std.	%	0,60	0,52	0,42
Ile digest. std.	%	0,49	0,42	0,35
Calcio, mín.- máx.	%	0,67 - 0,80	0,65 - 0,80	0,59 - 0,80
Fósforo total ¹	%	0,55	0,53	0,49
Fósforo digest., mín. ¹	%	0,28	0,25	0,23
Magnesio	ppm	400	400	400
Sodio ² , mín.	%	0,18	0,17	0,16
Cloro, mín.	%	0,15	0,14	0,12
Potasio, mín.- máx.	%	0,26 - 1,05	0,25 - 1,05	0,24 - 1,10
Ácido linoleico ³	%	>0,10	<1,50	<1,50

¹Si se usan fitasas exógenas, reducir 0,10% el P total, 0,07 a 0,08% el P digestible y 0,04% el Ca.

²Los niveles de Na pueden elevarse en un 10-12% en caso de aguas no salinas, condiciones de altas temperaturas e incidencia elevada de problemas de nerviosismo.

³No se ha demostrado influencia del ácido linoleico sobre la productividad del cerdo. Se recomienda elevar a 0,7% en caso de problemas con el aspecto de la piel.

**Tabla 13.- Recomendaciones para piensos de cerdos de alta conformación.
Normas generales**

Periodo		Peso vivo (kg)		
		20-60	60-100	>100
EM porcino	kcal/kg	3.185	3.180	3.185
EN porcino	kcal/kg	2.440	2.440	2.440
Extracto etéreo	%	5-9	5-9	5-9
Fibra bruta, mín.- máx.	%	3,4 - 5,3	3,5 - 6,3	3,6 - 6,4
FND, mín.- máx.	%	10,9	10,9	10,9
Almidón, mín.	%	34	32	31
Proteína bruta, mín.- máx.	%	16,4 - 18,0	15,1 - 17,0	13,4 - 15,2
Lys total	%	1,08	0,96	0,80
Met total	%	0,33	0,29	0,26
Met + cys total	%	0,65	0,58	0,49
Thr total	%	0,70	0,62	0,53
Trp total	%	0,20	0,18	0,15
Val total	%	0,73	0,65	0,54
Ile total	%	0,59	0,52	0,46
Lys digest. std. ¹	%	0,96	0,87	0,71
Met digest. std.	%	0,30	0,27	0,23
Met + cys digest. std.	%	0,58	0,52	0,43
Thr digest. std.	%	0,62	0,56	0,46
Trp digest. std.	%	0,18	0,16	0,14
Val digest. std.	%	0,65	0,59	0,48
Ile digest. std.	%	0,53	0,48	0,40
Calcio, mín.- máx.	%	0,69 - 0,80	0,66 - 0,80	0,61 - 0,80
Fósforo total ²	%	0,57	0,55	0,51
Fósforo digest., mín. ²	%	0,29	0,26	0,24
Magnesio	ppm	400	400	400
Sodio ³ , mín.	%	0,19	0,18	0,17
Cloro, mín.	%	0,16	0,14	0,13
Potasio, mín.- máx.	%	0,27 - 1,05	0,26 - 1,05	0,25 - 1,10
Ácido linoleico ⁴	%	>0,10	<1,50	1,50

¹En caso de cerdos muy conformados para consumo en fresco y en condiciones de verano, el nivel de Lys recomendable podría ser superior en un 3-4% a las recomendaciones indicadas.

²Si se usan fitasas exógenas, reducir 0,10% el P total, 0,07 a 0,08% el P digestible y 0,03% el Ca.

³No se ha demostrado influencia del ácido linoleico sobre la productividad del cerdo. Se recomienda elevar a 0,8% en caso de problemas con el aspecto de la piel.

⁴Los niveles de Na pueden elevarse en un 10-12% en caso de aguas no salinas, condiciones de altas temperaturas e incidencia elevada de problemas de nerviosismo.

Tabla 14.- Recomendaciones prácticas de vitaminas y microminerales en piensos para cerdos reproductores y verracos (por kg de pienso)

		Cerdas reproductoras		Verracos	
		Rango	Recom.	Rango	Recom.
Vitamina A	M UI	9-14	11	6-12	10
Vitamina D3	M UI	1,3-2	1,6	0,8-2,5	1,2
Vitamina E	UI	35-70	50	40-65	50
Vitamina K3	ppm	1-3	1,6	1-3	1,8
Tiamina (B1)	ppm	1,2-2	1,6	0,8-1,5	1,1
Riboflavina (B2)	ppm	4-6	5	3-6	5
Piridoxina (B6)	ppm	1,5-3	2,5	0,8-1,6	1,5
Cobalamina (B12)	ppb	20-30	25	15-25	20
Ácido fólico	ppm	1,5-3	2,5	0,4-2	2,0
Niacina	ppm	20-30	22	10-35	25
Ac. pantoténico	ppm	10-15	13	8-20	16
Biotina ¹ (H)	ppb	120-250	130	150-320	200
Colina ²	ppm	200-400	260	250-450	350
Fe	ppm	60-95	75	60-90	60
Cu	ppm	10-15	11	8-15	10
Zn	ppm	95-120	100	95-140	120
Mn	ppm	40-50	40	25-50	35
Se	ppm	0,2-0,3	0,3	0,25-0,4	0,4
I ³	ppm	0,6-1,3	0,8	0,3-0,6	0,5

¹Subir los niveles en un 10% en piensos basados en trigo.

²Utilizar los niveles superiores en piensos que no incluyan productos de soja (harina, soja integral o aceite crudo) en su composición.

³Subir niveles en un 10% cuando se utilicen cantidades sustanciales de harina de colza.

Tabla 15.- Recomendaciones prácticas de vitaminas y microminerales en piensos para lechones y cerdos en crecimiento y cebo (por kg pienso)

		Lechones		Crecimiento		Cebo	
		Rango	Recom.	Rango	Recom.	Rango	Recom.
Vitamina A	M UI	10-15	13	6-8,5	7,5	5-7,5	6
Vitamina D3	M UI	1,8-2,1	1,8	1,1-1,5	1,25	0,9-1,3	1,1
Vitamina E	UI	35-60	45	15-30	16	12-25	12
Vitamina K3	ppm	1,5-2,5	2,1	0,8-1,5	1,1	0,5-1,1	0,8
Tiamina (B1)	ppm	1,2-2,2	1,7	0,5-2	1	0,3-1,5	0,8
Riboflavina (B2)	ppm	4-7	5	2,5-4,5	4	2-4	2,5
Piridoxina (B6)	ppm	2,5-3,0	2,5	1,1-2	1,5	0,6-1,2	0,9
Cobalamina (B12)	ppb	25-35	28	16-22	17	12-18	14
Ácido fólico	ppm	0,5-1,2	0,6	0-0,25	0,06	0-0,1	0,02
Niacina	ppm	25-35	26	15-20	18	12-19	15
Ac. pantoténico	ppm	13-16	15	8-11	10	6-9	8
Biotina (H)	ppb	100-180	110	10-50	12	0-25	8
Colina	ppm	200-400	220	50-110	70	40-100	40
Fe ¹	ppm	80-125	90	70-100	75	50-90	50
Cu ²	ppm	8-15	10	9-13	9	8-10	8
Zn ²	ppm	100-130	120	110-120	110	90-110	80
Mn	ppm	35-60	45	25-45	35	18-35	20
Se	ppm	0,15-0,3	0,3	0,1-0,3	0,3	0,1-0,3	0,25
I	ppm	0,6-1	0,7	0,4-0,7	0,4	0,3-0,5	0,3

¹En caso de utilizar altos niveles de Cu y Zn para el control de procesos digestivos en lechones puede interesar subir el nivel de Fe y utilizar fuentes de estos minerales de alta disponibilidad (p.ej., quelatos).

²Sin considerar su utilización como promotor de crecimiento y para el control de procesos entéricos.

RECOMENDACIONES NUTRICIONALES PARA CERDOS IBÉRICOS

Las recomendaciones nutricionales para cerdos Ibéricos cruzados se detallan en las tablas 16 (cerdas reproductoras), 17 (crecimiento-cebo intensivo) y 18 (crecimiento-cebo, montanera). La diversidad de genotipos, sistemas de producción y objetivos comerciales obligan a tener cautela a la hora de hacer recomendaciones en cerdos Ibéricos. Por tanto, los valores recogidos en estas tablas deben considerarse como meramente orientativos. Uno de los factores más importantes a considerar es el tipo genético utilizado, con necesidades muy superiores para los cruces con Duroc que para Ibéricos puros, especialmente si estos pertenecen a estirpes no mejoradas (López Bote et al., 2000). Asimismo, es recomendable la aplicación de restricciones alimenticias según tipo de producción y estado productivo, lo que conlleva modificar las recomendaciones incluyendo la relación EN:aminoácidos y el perfil de los mismos. Un punto importante a tener en cuenta es la necesidad de un buen manejo del programa de alimentación en el caso de que se implementen programas de restricción del pienso durante el periodo de crecimiento de los animales.

Algunas observaciones (Argamentería, comunicación personal), sugieren que las recomendaciones para cerdo Ibérico son en gran medida aplicables a otras razas autóctonas españolas tradicionales explotadas de forma extensiva o semiextensiva y que han sido recientemente recuperadas, como la Gochu Asturcelta, y quizá también a otras como el Chato Murciano, Negre Mallorquí, Canario Negro, Celta o Euskal Txerría.

La cerda Ibérica es más pequeña y menos productiva que la cerda blanca y por ello sus necesidades nutricionales son netamente inferiores. Por otro lado, la cerda Ibérica se mantiene a menudo, al menos durante la recría y la gestación, en parques o bajo sistemas de producción extensivos, por lo que sus necesidades energéticas para actividad física son relativamente superiores. La cría en libertad permite el ejercicio, lo que mejora la deposición ósea y la calidad del sistema esquelético, y facilita el acceso a hierba y tierra reduciendo las necesidades extras en fibra, macrominerales y en ciertos micronutrientes (por ejemplo, Ca, P, Fe y vitaminas D y E). Por tanto, las necesidades nutricionales de cerdas blancas e Ibéricas son claramente diferentes. En la práctica, se tiende a restringir

más a la cerda Ibérica tanto en gestación como en lactación que a la cerda blanca y por tanto, las diferencias en valor nutritivo de piensos entre ambas líneas pueden ser inferiores a lo esperado.

En la tabla 16 se ofrecen recomendaciones nutricionales diferentes para piensos de cerdas Ibéricas en función de la restricción alimenticia aplicada. Estas recomendaciones varían en función de que los animales estén alimentados de una forma racional (suministro de pienso en función de sus necesidades) o de una forma económica (limitando el gasto y por tanto restringiendo excesivamente el consumo de pienso tanto en gestación como en lactación). Las necesidades recomendadas para cerdas bajo buenas prácticas de alimentación (acorde a sus necesidades) se detallan bajo el encabezado de "Alimentación liberal". Bajo estas circunstancias las cerdas gestantes deben consumir un mínimo de 2 kg de pienso/d y las cerdas lactantes más de 4,5 kg/d a partir de los 7 días postparto. Debe tenerse mucho cuidado en racionar de forma conveniente a la cerda madre durante la lactación; una deficiencia de pienso reduce la producción de leche y perjudica el estado de carnes, pero el exceso provoca engrasamiento que reduce su productividad posterior y aumenta el porcentaje de reposición. Asimismo, puede ser de interés elevar la concentración energética de los piensos de cerdas en lactación (50 kcal EN) durante los períodos secos, en aquellas explotaciones que mantienen las cerdas en regímenes extensivos o con acceso a parques amplios.

No se tienen datos sobre las necesidades nutricionales del lechón Ibérico en las primeras semanas de vida. En este tipo de producción no existe la presión que hay en el blanco para lograr crecimientos rápidos ya que la norma actual de Ibérico (BOE, RD 1469/2007) prohíbe sacrificar animales con edades inferiores a los 10 meses. Además, el crecimiento del lechón Ibérico en los primeros estadios de vida, así como el porcentaje de magro de la canal es inferior al del lechón blanco y, por tanto, sus necesidades son inferiores (Berrocoso et al., 2014). En consecuencia, los piensos de lechones Ibéricos desde el destete hasta los 25 kg son menos concentrados en nutrientes que los piensos para cerdos blancos (tablas 17 y 18). En particular, deben controlarse los niveles de proteína bruta debido a la alta incidencia en este tipo de producción de problemas digestivos por *Escherichia coli* y otros microorganismos patógenos.

Las características de los piensos de crecimiento (25-100 kg) dependen del objetivo final de la producción (acabado a pienso en intensivo rápido vs cebo en montanera para engorde en base a bellota, o cebo en intensivo pero con sacrificio a edades superiores a 10 meses). Los piensos de esta fase son menos concentrados que los de cerdos blancos por múltiples razones; 1) necesidad de ralentizar el crecimiento en animales para cumplir con las normas de calidad del cerdo Ibérico del BOE (RD 1469/2007; modificación esperada para inicios del año 2014), 2) castración de machos y frecuentemente de hembras, 3) menor selección para magro que en el cerdo blanco y 4) mayores necesidades para deposición de grasa. La industria del curado precisa de piezas nobles con niveles altos de grasa intramuscular a la altura del *M. gluteus medius* y de grasa de cobertura, a fin de optimizar el proceso de curación. Por tanto, las necesidades proteicas en esta fase son reducidas, especialmente en cerdos destinados a montanera donde la restricción alimenticia que se aplica es aún mayor, a fin de evitar el exceso de deposición grasa y lograr posteriormente el perfil de ácidos grasos requerido.

En las tablas 17 y 18 se ofrecen recomendaciones para cerdos en cebo en función del sistema productivo utilizado. Las recomendaciones para cerdos a pienso en intensivo se refieren a animales criados en condiciones similares a los blancos donde no se aplica restricción alimenticia alguna y donde el objetivo es lograr buenos crecimientos e índices de conversión. Estos cerdos difícilmente cumplirán la norma BOE (RD 1469/2007) de ser sacrificados con más de 10 meses de vida, ya que se espera de ellos crecimientos diarios (25 a 145 kg PV) superiores a 660 g e índices de conversión por debajo de 4,5. En la tabla 18 se detallan las recomendaciones para cerdos que van a ir bien a montanera o bien a pienso pero cumpliendo con las normas de calidad del cerdo Ibérico (RD 1469/2007, con modificación prevista para inicio del año 2014). En estos casos los piensos de crecimiento deben permitir un buen desarrollo óseo y corporal pero minimizando la deposición de grasa. Son pues, piensos bajos en energía que se suministran generalmente de forma restringida. En muchos casos, los cerdos criados bajo estos sistemas de explotación precisan conseguir un perfil óptimo de ácidos grasos por lo que se limita el nivel de ácido linoleico (por debajo del 11-12%) y se potencia el nivel de ácido oleico, especialmente en piensos a partir de los 100 kg de peso vivo.

La información existente sobre las necesidades en vitaminas y oligoelementos del cerdo Ibérico es muy escasa. Dado que su productividad es inferior, y sus consumos de pienso por unidad producida mayor que en cerdos blancos, parece razonable que los niveles de microelementos de los correctores de cerdo Ibérico estén cercanos al rango inferior recomendado para el cerdo blanco (tabla 19). La excepción será en aquellas vitaminas más relacionadas con el metabolismo de las grasas y la calidad de la carne durante los procesos de curación (caso de la colina y la vitamina E, entre otros). Es frecuente y probablemente conveniente, añadir cantidades extras de vitamina E al pienso de cerdos en cebo bajo condiciones intensivas, a fin de mejorar el proceso de curación del jamón y la estabilidad de la grasa del mismo durante el proceso de curado. En la tabla 19 se ofrecen datos sobre una composición lógica de los correctores para cerdo Ibérico en función de su estadio productivo (lechones, cebo y cerdos reproductores).

Tabla 16.- Recomendaciones para cerdas Ibéricas en intensivo

		Gestación		Lactación		Cerdas único
		Liberal ¹	Restr. ²	Liberal ³	Restr. ⁴	
EM porcino	kcal/kg	2.890	2.950	3.050	3.150	3.000
EN porcino	kcal/kg	2.155	2.170	2.275	2.360	2.235
Extracto etéreo	%	2-3	2-3	3-6	3-5	3-5
FB ⁵ , mín.- máx.	%	6,3-10	6,5-11	4,9-6	5,1-7	5,5-10
FND, mín.	%	18	18,5	15	16	18
Proteína, mín.- máx.	%	13,8-15	16,3-16,8	16,0-17,2	16,0-17,5	15,0-16,6
Lys total	%	0,60	0,65	0,75	0,80	0,68
Met total	%	0,20	0,22	0,22	0,24	0,20
Met + cys total	%	0,36	0,39	0,42	0,45	0,39
Thr total	%	0,39	0,42	0,49	0,52	0,45
Trp total	%	0,11	0,12	0,12	0,14	0,12
Ile total	%	0,42	0,43	0,46	0,50	0,45
Val total	%	0,42	0,45	0,52	0,56	0,48
Lys digest. std.	%	0,46	0,48	0,63	0,66	0,55
Met digest. std.	%	0,15	0,16	0,19	0,20	0,18
Met+Cys digest. std.	%	0,28	0,29	0,35	0,37	0,32
Thr digest. std.	%	0,30	0,31	0,41	0,43	0,36
Trp digest. std.	%	0,09	0,09	0,10	0,12	0,10
Val digest. std.	%	0,32	0,34	0,44	0,46	0,39
Calcio	%	0,85	1,0	0,92	1,0	0,9
Fósforo total ⁶	%	0,57	0,60	0,62	0,65	0,62
Fósforo dig., min. ⁶	%	0,28	0,30	0,33	0,35	0,33
Magnesio	mg/kg	380	390	360	370	380
Sodio, mín.	%	0,17	0,19	0,18	0,20	0,20
Cloro, mín.	%	0,16	0,16	0,18	0,18	0,17
Potasio, mín.- máx.	%	0,26-1,1	0,27-1,16	0,26-1,05	0,28-1,10	0,28-1,05
Ác. Linoleico ⁷	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

¹Valores recomendados. Se considera un consumo mínimo de 2 kg/cerda/d. Puede elevarse la energía en cerdas en extensivo. Es recomendable restringir. ²Consumo de pienso restringido entre 1 y 1,5 kg/cerda y d (resto a campo). ³Valores recomendados. Se considera un consumo en función de las necesidades de la cerda (>4,5 kg y d en lactación). Es recomendable restringir. ⁴Consumo restringido a menos de 3 kg/cerda y día. ⁵El nivel de fibra puede reducirse en caso de que la cerda tenga acceso a campo. ⁶Reducir en caso de utilizar fitasas en 0,10% el P total, 0,07 a 0,08% el fósforo digestible y 0,07% el Ca. ⁷Elevar a 0,80% en caso de aparición de problemas relacionados con la piel.

Tabla 17.- Recomendaciones nutricionales para cerdos ibéricos cruzados en crecimiento-cebo en intensivo¹

Período	kg	Estarter <25	Transición 20-40	Crecim. 27-100 ²	Cebo >100
EM porcino	kcal/kg	3.170	3.060	2.985	3.110
EN porcino	kcal/kg	2.400	2.325	2.270	2.400
Grasa añadida	%	1-4	2-4	2-5	>5 ^{4,5}
FB, mín.- máx.	%	2,8-3,8	3,4 - 4,5	3,5 - 5,5	3,5 - 5,5
FND, mín.	%	11	13,5	13,5	14,0
Almidón	%	35	35	35	35
Proteína, mín.- máx.	%	16,5-17,5	15,0-16,3	15,6-16,5	12,0-14,5
Lys total, mín.	%	1,15	0,93	0,86	0,60
Met total	%	0,35	0,28	0,25	0,17
M+C total	%	0,71	0,58	0,53	0,37
Thr total	%	0,79	0,64	0,59	0,39
Trp total	%	0,23	0,19	0,17	0,11
Val total	%	0,81	0,65	0,60	0,42
Ile total	%	0,64	0,52	0,48	0,35
Lys digest. std.	%	0,98	0,79	0,73	0,51
Met digest. std.	%	0,29	0,24	0,22	0,15
Met+Cys digest. std.	%	0,61	0,49	0,45	0,32
Thr digest. std.	%	0,67	0,55	0,50	0,35
Trp digest. std.	%	0,20	0,16	0,15	0,10
Val digest. std.	%	0,68	0,55	0,51	0,36
Calcio	%	0,65	0,70	0,70	0,60
Fósforo total ³	%	0,60	0,56	0,55	0,48
Fósforo dig. ³	%	0,33	0,31	0,30	0,24
Magnesio	ppm	200	200	380	370
Sodio, mín.	%	0,22	0,19	0,18	0,17
Cloro, mín.	%	0,20	0,16	0,14	0,12
Potasio, mín.- máx.	%	0,25-1,10	0,26-1,05	0,26-1,06	0,24-1,11
Ác. linoleico, mín.	%	0,70-1,85	0,65-1,70	0,10-1,35 ⁴	0,10-1,25 ⁵

¹Cerdos de tronco Ibérico criados en intensivo con el objetivo de maximizar los crecimientos. Restringir en todos los animales si se precisa cumplir con normativa actual. ²Nivel energético en función del objetivo. Puede reducirse en 100-130 kcal si se busca marca y calidad con sacrificios más tardíos. ³Reducir en caso de utilizar fitasas 0,10% el P total, 0,07 a 0,08% el fósforo digestible y 0,04% el Ca. ⁴Si no se busca perfil pueden superarse estos máximos (\approx 10-15%). ⁵Mínimo del 3,5% de ácido oleico (50% de la grasa añadida).

Tabla 18.- Recomendaciones nutricionales para cerdos ibéricos cruzados en crecimiento-cebo en extensivo¹

Período	kg	Estarter <27	Crecim. 27-100 ²	Cebo campo 100-160	Montanera
EM porcino	kcal/kg	3.060	3.030	3.070	3.075
EN porcino	kcal/kg	2.325	2.280	2.350	2.370
Grasa añadida	%	1-4	2-4	2-5	>6
Fibra bruta, mín.- máx.	%	3,1-5,0	4,5-6,5	4,0-6,0	4,0-5,6
FND, mín.	%	12,5	15,0	13,5	13,5
Almidón	%	35	32	33	30
Proteína, mín.- máx.	%	15,0-16,0	15,0-16,8	12,5-14,5	13,0-16,0
Lys total, mín.	%	1,08	0,85	0,50	0,60
Met total	%	0,33	0,26	0,15	0,19
Met+Cys total	%	0,65	0,51	0,31	0,36
Thr total	%	0,68	0,54	0,35	0,38
Trp total	%	0,19	0,15	0,10	0,11
Val total	%	0,76	0,60	0,35	0,42
Ile total	%	0,64	0,50	0,51	0,39
Lys digest. std.	%	0,93	0,71	0,43	0,53
Met digest. std.	%	0,29	0,22	0,13	0,16
Met+Cys digest. std.	%	0,56	0,43	0,26	0,32
Thr digest. std.	%	0,59	0,46	0,29	0,34
Trp digest. std.	%	0,17	0,13	0,09	0,10
Val digest. std.	%	0,65	0,50	0,30	0,37
Calcio	%	0,75	0,74	0,80	0,60
Fósforo total ³	%	0,60	0,54	0,54	0,50
Fósforo dig. ³	%	0,33	0,30	0,32	0,26
Magnesio	ppm	200	365	366	380
Sodio, mín.	%	0,22	0,18	0,20	0,20
Cloro, mín.	%	0,18	0,16	0,15	0,13
Potasio, mín.- máx.	%	0,27-1,05	0,25-1,05	0,25-1,08	0,25-1,10
Ac. linoleico, mín.- máx. ⁴	%	0,70-1,85	0,10-1,30	0,10-1,31	0,10-1,30 ⁵

¹Ibéricos en extensivo para cumplir la normativa actual (BOE, 2007). Restringir a todos los animales para cumplir normativa actual. ²Nivel proteico en función de la restricción aplicada. Puede subirse si se buscan crecimientos rápidos. ³Reducir en caso de utilizar fitasas 0,10% el P total, 0,07 a 0,08% el fósforo digestible y 0,04% el Ca. ⁴Máximos recomendables si se busca perfil de ácidos grasos. ⁵Mínimo del 3,5% de ácido oleico (50% de la grasa añadida).

Tabla 19.- Recomendaciones de composición del corrector vitamínico mineral en cerdas del tronco Ibérico

		Lechones	Cerdos		Cerdos
		10-25 kg ¹	20-100 kg	> 100 kg	reproductores
Vitamina A	M UI	8,5	6,0	4,5	9,5
Vitamina D3	M UI	1,5	1,0	0,8	1,4
Vitamina E	UI	35	20	30 ²	40
Vitamina K3	ppm	1,1	0,4	0,2	1,1
Tiamina (B1)	ppm	0,8	0,4	0,15	1,1
Riboflavina (B2)	ppm	4	3,5	2,5	4
Piridoxina (B6)	ppm	1,7	0,7	0,15	2
Cobalamina (B12)	ppb	21	16	14	22
Ácido fólico	ppm	0,10	-	-	1,5
Niacina	ppm	22	16	11	20
Ac. pantoténico	ppm	10	8	5	12
Biotina (H)	ppb	120	10	2	120
Colina	ppm	200	70	40	220
Fe	ppm	60	50	30	60
Cu ³	ppm	10	8	7	10
Zn	ppm	100	95	70	100
Mn	ppm	25	20	15	30
Se	ppm	0,3	0,3	0,3	0,3
I	ppm	0,4	0,3	0,2	0,8

¹Para lechones de menos de 12 kg cruzados con Duroc, utilizar el mismo corrector que en prestarter para cerdo blanco.

²Valores recomendados para animales con acceso al consumo de hierba. Si se busca buena calidad y estabilidad de la grasa intramuscular se recomienda añadir 100-150 ppm durante al menos 28 d previos al sacrificio.

³Valores recomendados sin tener en cuenta los efectos del SO₄Cu y del ZnO para control de procesos digestivos y promotores de crecimientos.

PRESENTACIÓN DEL PIENSO

La forma más habitual de presentación del pienso es en seco, bien en forma de harina o granulado. De acuerdo con la revisión de Coma (2010), el suministro en gránulo, acompañado por una molturación fina (criba de 2-3 mm), que dé lugar a un tamaño medio de partícula de alrededor de 500-700 μm mejora la eficacia alimenticia alrededor del 5-10% comparado con una presentación en harina, especialmente si ésta está molturada groseramente (empeoramiento de 1,3% por cada 100 μm). Sin embargo, esta mejora no se produce si el gránulo es excesivamente duro (que puede provocar rechazo en lechones) o con una alta proporción de finos (>5%) caso frecuente en piensos muy engrasados. La mayor eficiencia alimentaria con el granulado se debe en gran medida a las menores pérdidas (Medel et al., 2004; Berrocoso et al., 2013) y resulta en una reducción acentuada de la contaminación ambiental. Los inconvenientes de molturar finamente y granular son un mayor coste de fabricación del pienso, mayor incidencia de problemas digestivos (Berrocoso et al., 2013) en granja y de salmonelosis en matadero. El procesado térmico tiene efectos muy variables, pero en general se relaciona con una mejora de la digestibilidad y de la conversión pero más reducida sobre los crecimientos de los lechones (Medel et al., 2000; Berrocoso et al., 2013).

La alimentación en forma líquida no es muy frecuente en nuestro país en relación con otros países europeos como Italia y Dinamarca con gran disponibilidad de subproductos de la industria agroalimentaria y clima más suave. En España consiste fundamentalmente en la mezcla directa de pienso con agua, con o sin fermentación posterior, para aprovechar las ventajas derivadas de la fermentación sobre la salud intestinal y de permitir un racionamiento más ajustado a las necesidades.

LA RESTRICCIÓN DE ALIMENTO EN GANADO PORCINO

La restricción de alimentos ha sido una práctica habitual en producción porcina, particularmente en los cerdos destinados a la obtención de productos curados. La restricción permite que el cerdo tenga una edad más avanzada en el momento del sacrificio, lo que supone una mejora considerable de la calidad de la carne y su aptitud para el procesado (grasa de veteado, consistencia, color, etc.), sin que se produzca un engrasamiento excesivo. En ocasiones el periodo de restricción va seguido de alimentación *ad libitum*, lo que propicia el crecimiento compensatorio. Aunque las estrategias de restricción y crecimiento compensatorio han estado en desuso durante años, algunos hallazgos recientes indican que puede tener interés en muchas circunstancias productivas, particularmente en animales orientados a la obtención de productos cárnicos con edades y pesos elevados de sacrificio.

Efectos de la restricción de alimentos

La restricción de alimento provoca un descenso del crecimiento y una marcada adaptación metabólica que implica cambios estructurales, metabólicos y de regulación. En conjunto estos cambios producen una optimización en el uso de nutrientes. Diversos estudios indican que la magnitud de la **reducción del crecimiento** provocado por la restricción de alimento es proporcional al grado de restricción. Daza et al. (2003, 2006) observaron que la reducción del aporte de alimento en un 25 o un 46% (en relación al grupo control alimentado *ad libitum*) produjo un descenso de un 25 y un 46%, respectivamente, de la ganancia de peso (GMD) en cerdos Large White x (Large White x Landrace) entre los 33 y los 62 kg. Lebret et al. (2007) también observaron que una restricción del 35% produjo un descenso de la GMD del 35% en cerdos Duroc x (Large White x Landrace). Serrano et al. (2009) trabajando con cerdos ibéricos x Duroc observaron una disminución de la GMD del 24% cuando se restringía el aporte de pienso un 24% durante 111 días (comenzando a 42 kg).

De acuerdo con los resultados de Daza et al. (2003) y Serrano et al. (2009) una restricción moderada (15-30%) apenas modifica la eficiencia de

transformación de alimentos respecto a los cerdos alimentados *ad libitum*, lo que resulta nuevamente sorprendente debido al gasto constante del mantenimiento. Sin embargo, si se sobrepasa un cierto límite la eficiencia sí se ve comprometida (Daza et al., 2003).

Los cerdos restringidos tienen un mejor **aprovechamiento digestivo** que los alimentados *ad libitum*, debido probablemente a la menor sobrecarga digestiva y, por tanto, a una mejor relación enzima-bilis/sustrato. En un trabajo reciente, Chastanet et al. (2007) encontraron una digestibilidad de la material seca de alrededor de dos puntos superior, pero esta diferencia se ampliaba a 4 puntos si los cerdos restringidos recibían el alimento repartido en dos tomas. La restricción (y la realimentación posterior) provoca marcados efectos en la **concentración de hormona del crecimiento, somatomedinas, tiroxina, insulina y leptina en diversas especies** (Hornick, 2000). Barretero-Hernández et al. (2010) observaron una concentración plasmática de hormona del crecimiento en cerdos restringidos de alrededor de 3 veces superior a los cerdos alimentados *ad libitum*.

Se ha descrito una disminución de los **gastos de mantenimiento** en animales restringidos (Campbell et al., 1983), lo que explica en parte el efecto descrito en la eficiencia de uso de alimento. Además, este efecto se prolonga durante al menos 2-3 semanas si el periodo de restricción se sigue de un periodo de alimentación *ad libitum*, lo que supone una base para comprender los fenómenos de crecimiento compensatorio. Recientemente García-Valverde et al. (2008) han descrito un descenso del 14% del peso del tubo digestivo en cerdos restringidos (30% restricción) y un descenso similar para la mayor parte de las vísceras (200% riñones, 11% hígado, etc.). Dada la marcada actividad metabólica de estos tejidos, la reducción es probablemente responsable en parte de los cambios indicados en eficiencia en el uso de nutrientes.

Modificación de la proporción relativa de proteína y lípidos: El aporte de energía que maximiza la retención proteica en un cerdo en crecimiento es mucho más elevado de valor teórico necesario si se produjera la síntesis en un sistema *in vitro*. El principal motivo de esta

divergencia es que una parte importante de esta energía aportada por el alimento no termina en el miocito, sino que resulta captada por adipocitos y termina finalmente acumulada en forma de grasa. El coeficiente de reparto del uso de la energía entre utilización para síntesis proteica y acumulación en forma de grasa viene reflejada por la relación lípidos/proteína de la ganancia. Esta relación se ve muy afectada por el consumo de energía. La energía necesaria para la síntesis proteica es mucho más alta cuando el cerdo se encuentra próximo al máximo potencial. O dicho de otro modo, la reducción del aporte de energía disminuye la retención de magro, pero esta penalización es de mucha menor intensidad que la penalización que recibe la acumulación de grasa. Este es un dato interesante en cerdos muy grasos (cerdo ibérico), ya que un menor consumo energético durante la fase de restricción apenas penaliza la retención de magro, por lo que la prolongación del cebo a la larga genera cerdos con mayor contenido magro. Lovatto et al. (2006) encontraron que el reparto de energía para lípidos y proteína fue de 68 y 32% respectivamente en cerdos de 52 kg alimentados *ad libitum*. La restricción produjo un diferente reparto en el uso de la energía, con mayor preferencia hacia la síntesis proteica. Dado que la acumulación de nitrógeno implica retención de agua, la eficiencia de la síntesis proteica es muy superior a la de la acumulación de lípidos, lo que sin duda es esencial para comprender los efectos en la eficiencia de nutrientes antes señalado.

Por otra parte, la restricción provoca un marcado descenso en el recambio proteico (turnover proteico). La información disponible indica que los procesos de catabolismo (actividad de enzimas proteolíticas) se ven mucho más profundamente afectados por la restricción que la actividad de síntesis (Kristensen et al., 2002). Este es un tema clave dada la importancia de los procesos de catabolismo en el proceso global de retención proteica y pone de manifiesto una mejor capacidad de reciclado de los aminoácidos movilizados. En el trabajo de Lovatto et al. (2006), la reducción en el consumo de proteína produjo un descenso del nitrógeno eliminado en orina superior en magnitud. A la luz de estos trabajos es planteable rediseñar dietas teniendo en consideración un nuevo equilibrio de proteína ideal con un ahorro de aminoácidos esenciales.

El crecimiento compensatorio

Durante la fase de realimentación, los cerdos muestran un **crecimiento compensador** que se prolonga durante al menos 4-6 semanas (Campbell, 1983; Daza et al., 2008). Entre los factores que tienen lugar durante el crecimiento compensatorio se encuentran todos los señalados anteriormente, ya que existe un periodo adaptativo a un cambio brusco en el aporte de alimentos en el que conviven una adaptación previa que permite la máxima eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes (cambios hormonales, enzimáticos, etc.) con el aporte abundante de nutrientes en esta nueva etapa. El periodo en el que se vuelve a encontrar un nuevo equilibrio se establece en 4-6 semanas, si bien es preciso indicar que la adaptación es progresiva y, por tanto, cada vez las diferencias son menores con el grupo que no experimenta crecimiento compensatorio.

Además de los factores señalados, la restricción alimentaria condiciona el **consumo en etapas posteriores**. Fabian et al. (2004) encontraron que durante la fase de realimentación los cerdos que previamente habían estado restringidos mostraban mayor consumo voluntario de pienso, lo que parece indicar que las diferencias en consumo pueden ser parcialmente responsables del crecimiento compensatorio. En un ensayo reciente, Serrano et al. (2009) observaron que durante el último periodo del cebo de cerdos Ibérico x Duroc, la ganancia de peso fue más de un 20% superior en los cerdos que habían estado restringidos. Más recientemente Skiba et al. (2012) comprobaron que el plano de alimentación durante la fase de realimentación afectaba fundamentalmente al crecimiento de la grasa, pero que existía crecimiento compensatorio del magro en todos los casos.

La posibilidad de que se llegue a compensar totalmente el retraso en el crecimiento depende del nivel de restricción. No existe suficiente información en este sentido, pero una restricción superior al 30% del consumo *ad libitum* no parece compensable. Asimismo, es importante el estado de desarrollo de los animales en el momento del inicio de la restricción. Si la restricción se lleva a cabo en etapas iniciales, puede afectar a la capacidad de síntesis proteica en individuos adultos (Wigmore y

Stickland, 1983), así como a la diferenciación celular y a mecanismos epigenéticos (Torres-Rovira et al., 2012). Este es un área de investigación activa que sin duda generará información relevante en los próximos años.

Los fenómenos de restricción y crecimiento compensatorio pueden afectar a la calidad de la carne en muchos aspectos, destacado entre ellos la dureza y la aptitud para el procesado (Kristensen et al., 2002), solubilidad del colágeno (Therkildsen et al. 2002), composición en ácidos grasos (Daza et al., 2007), color y contenido en grasa intramuscular. Este último tema es controvertido, ya que algunos autores no encuentran efecto en el contenido final de grasa intramuscular, mientras que otros observan una reducción en el mismo (Kristensen et al., 2002), lo que puede estar relacionado con la diferenciación celular de adipocitos intramusculares y la posibilidad de que el momento en que se lleva a cabo la restricción pueda afectar negativamente a su desarrollo posterior. Se hace por tanto preciso profundizar en el estudio del momento en el que la restricción puede ser más efectiva. Asimismo se abre otra vía potencial de actuación relacionada con la restricción de algunos nutrientes específicos que puedan permitir dirigir el desarrollo de la grasa intramuscular o de otros componentes celulares. Existen algunas evidencias con la restricción de vitamina A (D'Souza et al., 2003) o de ciertos aminoácidos esenciales, pero sin duda este campo está aún por explorar.

ANEXOS

ANEXO 1

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DIARIAS (kcal EM/d)
A. PORCINO BLANCO

GESTACIÓN

- **Gastos mantenimiento:**

$$104,5 \text{ kcal EM/kg PV}^{0,75} \text{ y día}$$

(ARC, 1981; ITP, 1991; BSAS, 2003; NRC, 2012; rango: $\pm 6\%$)

(Incluye 15% de Δ por gastos de actividad física. ARC, 1981; ITP, 1991; Ramonet et al., 2000; Noblet, 2001; BSAS, 2003; rango 10-20%)

Número cubrición		
1	2	≥ 3
Peso cerdas cubrición (kg)		
150	200	250
4479	5558	6570

- **Gastos termorregulación:**

(ARC, 1981; Verhaggen et al., 1986 ; Noblet et al., 1990; ITP, 1991; NRC, 2012)

Temperatura crítica = temperatura por debajo de la cual el animal debe quemar nutrientes para mantener su t^a corporal constante:

$$= 20^{\circ}\text{C (individual)}$$

$$= 14^{\circ}\text{C (grupos)}$$

Ej. Cálculo para INDIVIDUAL a una t^a ambiente de 10°C :

Gastos: $3,5 - 3,7 \text{ kcal EM/kg PV}^{0,75} \text{ y } ^{\circ}\text{C por debajo de } 20^{\circ}\text{C}$:

Número cubrición		
1	2	≥ 3
Peso cerdas cubrición (kg)		
150	200	250
$3,7 \times 150^{0,75} \times (20-10)$	$3,6 \times 200^{0,75} \times (20-10)$	$3,5 \times 250^{0,75} \times (20-10)$
1586	1915	2200

- Ej. Cálculo para GRUPOS a una t° ambiente de 10°C :

Gastos: $2,4 - 2,6 \text{ kcal EM/kg PV}^{0,75} \text{ y } ^{\circ}\text{C}$ por debajo de 14°C :

Número cubrición		
1	2	≥ 3
Peso cerdas cubrición (kg)		
150	200	250
$2,6 \times 150^{0,75} \times (14-10)$	$2,5 \times 200^{0,75} \times (14-10)$	$2,4 \times 250^{0,75} \times (14-10)$
446	532	603

- **Gastos crecimiento feto y anexos:**

(Noblet et al., 1985a; Noblet y Etienne, 1987; Noblet et al., 1997)

11,5 lechones nacidos totales/parto; 1,4 kg/lechón

1300 kcal ER (fetos + anejos)/kg lechón;

kg = 0,50

2600 kcal EM/kg lechón.

$2600 \times 11,5 \times 1,4 / 114 \text{ d} = 367 \text{ kcal EM/d}$

- **Gastos ganancia de reservas:**

(Noblet et al., 1997; BSAS, 2003)

3600 kcal ER/kg Δ peso

$k\Delta$ peso = 0,75

4800 kcal EM/kg Δ peso

Número cubrición		
1	2	≥ 3
Peso cerdas cubrición (kg)/ganancia reservas (kg)		
150/37	200/32	250/20
$37 \times 4800/114 \text{ d}$	$32 \times 4800/114 \text{ d}$	$20 \times 4800/114 \text{ d}$
1558	1347	842

- **Ganancia de peso de la ubre:**

Se añaden además entre 170 y 200 kcal EM/d para Δ tejido mamario entre los días 80 y 114 de gestación:

$185 \times 34/114 = 55 \text{ kcal EM/d}$

TOTAL GASTOS GESTACIÓN			
kcal EM/d	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición/g reservas (kg)		
	150/37	200/32	250/20
Mantenimiento	4479	5558	6570
Termoregulación			
20°C	0	0	0
10°C ind.	1586	1915	2200
10°C grupos	446	532	603
Gestación	367	367	367
Ganancia de reservas	1558	1347	842
Ganancia de peso de la ubre	55	55	55
TOTAL			
20°C	6459	7327	7834
10°C ind.	8045	9242	10034
10°C grupos	6905	7859	8437
Consumo pienso a 20° C, kg/d [2870 kcal EM/kg]	2,25	2,55	2,73

LACTACIÓN• **Gastos mantenimiento:**

112 kcal EM/kg PV^{0,75} y día

(ARC, 1981; ITP, 1991; BSAS, 2003; NRC, 2012; rango: ±6%)

(Incluye 15% de Δ por gastos de actividad física: ARC, 1981; ITP, 1991; Ramonet et al., 2000; Noblet, 2001; BSAS, 2003; rango 10-20%)

Número parto		
1	2	≥3
Peso cerdas después del parto (kg)		
180	215	260
5504	6288	7252

• **Gastos termorregulación:**

(Noblet, 2001; NRC, 2012)

Temperatura crítica = 15°C

- Ej. Para una t^a ambiente de 10°C:

Gastos: 3,2-3,4 kcal EM/kg PV^{0,75} y °C por debajo de 15°C:

Número parto		
1	2	≥3
Peso cerdas después del parto (kg)		
180	215	260
$3,4 \times 180^{0,75} \times (15-10)$	$3,3 \times 215^{0,75} \times (15-10)$	$3,2 \times 260^{0,75} \times (15-10)$
835	926	1036

• **Gastos producción leche:**

(Noblet y Etienne, 1989; BSAS, 2003)

6,83 kcal EM [4,92 kcal ENI/KI = 0,72] × GP lechón (g/d) × n° lechones - 125 × n° lechones

Tamaño medio de la camada al destete = 10 lechones

Peso lechón nacimiento = 1,4 kg

Edad y peso destete = 25 d y 6,5 kg

$6,83 \times [5100/25] \times 10 - 125 \times 10 = 12683$ kcal EM/d

- **Movilización de reservas:**

(BSAS, 2003; NRC, 2012)

250 g/d lípidos y 70 g/d proteína (valores medios)

$250 \times 9,5 \text{ kcal/g} + 70 \times 5,7 \text{ kcal/g} = 2774 \text{ kcal ER/d}$

$\text{klr} = 0,85$

$2774 \times 0,85 = 2358 \text{ kcal ENI/d}$ a partir de reservas

Ahorro EM alimento:

$\text{kla} = 0,72; 2358/0,72 = -3275 \text{ kcal EM/d}$

TOTAL GASTOS LACTACIÓN			
kcal EM/d	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas después del parto		
	180	215	260
Mantenimiento	5504	6288	7252
Termoregulación			
20°C	0	0	0
10°C	835	926	1036
Producción de leche	12683	12683	12683
Movilización de reservas	-3275	-3275	-3275
TOTAL			
20°C	14912	15696	16660
10°C	15747	16622	17696
Consumo pienso a 20° C, kg/d [3000 kcal EM/kg]	5,00	5,23	5,53

CRECIMIENTO

- **Gastos mantenimiento cerdos estabulados:**

206 kcal EM/kg PV^{0,60} y día

(ARC, 1981; ITP, 1991; NRC, 1998; BSAS, 2003; rango: ±10%)

(Incluye 15% de Δ por gastos de actividad física: ARC, 1981; ITP, 1991; Ramonet et al., 2000; Quiniou et al., 2001; Collin et al., 2001; Noblet, 2001; BSAS, 2003; rango 10-20%)

Peso cerdo (kg)			
30	60	90	120
1585	2403	3065	3642

- **Gastos termorregulación (cebo en grupos):**

Gasto: $[16,35 + 0,88 * \text{peso vivo, kg}]$ kcal EM/°C por debajo de t^a crítica y d
t^a C = $[26 - 0,061 \text{ peso, kg}]$

(Mount, 1975; Holmes y Close, 1977; Filmer y Curran, 1977; ARC, 1981; Verstegen, 1982; Noblet et al., 1985b; Noblet, 2001; NRC, 2012)

Ej. Cálculo:

Peso cerdos (kg)			
30	60	90	120
T ^a C = 24°C	22°C	20,5°C	19°C
T ^a ambiente = 20°C			
47 × 4 = 188	80 × 2 = 160	108 × 0,5 = 54	-
T ^a ambiente = 10°C			
47 × 14 = 658	80 × 12 = 960	108 × 10,5 = 1134	134 × 9 = 1206

- **Gastos de crecimiento:**

12,8 kcal EM/g grasa + 12,1 kcal EM/g proteína

(9,5 kcal ER.g⁻¹ grasa/klip = 0,74) (5,7 ER.g⁻¹ prot/ kp = 0,47)

(Kielanowski, 1965; Thorbeck, 1970; Close et al., 1973; Burlacu et al., 1976; Tess et al., 1984; Stranks et al., 1988; Quiniou et al, 1996; Van Milgen y Noblet, 1999; Emmans, 1999; NRC, 2012 ; rango: ±20%)

Para estimar la ganancia de grasa y proteína pueden usarse los siguientes valores adaptados de *Noble et (1991)* para cerdos entre 20 y 95 kg PV:

Sexo	Proteína (% Δpeso)	Grasa (% Δpeso)
Macho entero	16,1	20,3
Hembras < 95 kg	15,3	24,1
Hembras > 95 kg	15,3	28,0
Castrado < 95 kg	15,3	29,0
Castrados > 95 kg	15,3	32,0

Para un crecimiento de 700 g/d en las distintas clases resultan las siguientes necesidades de crecimiento:

Sexo	Kcal EMc/d
Macho entero	3182
Hembras < 95 kg	3455
Hembras > 95 kg	3805
Castrado < 95 kg	3894
Castrados > 95 kg	4163

TOTAL GASTOS CRECIMIENTO				
kcal EM/d	Peso cerdos (kg)			
	30	60	90	120
Mantenimiento	1585	2403	3065	3642
Termoregulación				
20°C	188	160	54	-
10°C	658	960	1134	1206
Crecimiento				
Machos enteros	3182	3182	3182	-
Hembras	3455	3455	3455	3805
Castrados	3894	3894	3894	4163
TOTAL				
Machos 20°C	4955	5745	6301	-
Machos 10°C	5425	6545	7381	-
Hembras 20°C	5228	6018	6574	7444
Hembras 10°C	5698	6818	7654	8650
Castrados 20°C	5667	6457	7013	7805
Castrados 10°C	6137	7257	8093	9011
Consumo pienso (kg/d) a 20°C [3175 kcal EM/kg],				
Machos	1,57	1,81	1,98	-
Hembras	1,65	1,90	2,07	2,34
Castrados	1,78	2,03	2,21	2,46
Consumo pienso (kg/d) a 10°C [3175 kcal EM/kg],				
Machos	1,71	2,06	2,31	-
Hembras	1,79	2,15	2,41	2,72
Castrados	1,93	2,29	2,55	2,84

CÁLCULO NECESIDADES ENERGÉTICAS DIARIAS (kcal EM/d)
B. PORCINO DEL TRONCO IBÉRICO

GESTACIÓN

- **Gastos mantenimiento:**

102 kcal EM/kg PV^{0,75} y día

En el caso de CERDAS IBÉRICAS en parques (estabulación libre), las necesidades se incrementan un 15% por gastos extras de actividad, es decir, hasta 117,3 kcal EM/kg PV^{0,75} y día.

Número cubrición		
1	2	≥3
Peso cerdas cubrición (kg) en estabulación libre		
125	150	170
4385	5027	5522

- **Gastos termorregulación:**

Individual: 3,0 - 3,4 kcal EM/kg PV^{0,75} y °C por debajo de 16°C (temp. crítica)

Grupos: 2,2 - 2,4 kcal EM/kg PV^{0,75} y °C por debajo de 12°C (temp. crítica)

- Ej de cálculo INDIVIDUAL tª ambiente 10°C:

Número cubrición		
1	2	≥3
Peso cerdas cubrición (kg)		
125	150	170
$3,4 \times 125^{0,75} \times (16-10)$	$3,2 \times 150^{0,75} \times (16-10)$	$3,0 \times 170^{0,75} \times (16-10)$
762	823	847

- Ej de cálculo GRUPOS tª ambiente 10°C:

Número cubrición		
1	2	≥3
Peso cerdas cubrición (kg)		
125	150	170
$2,4 \times 125^{0,75} \times (12-10)$	$2,3 \times 150^{0,75} \times (12-10)$	$2,2 \times 170^{0,75} \times (12-10)$
179	197	207

- **Gastos crecimiento feto y anexos:**

8 lechones nacidos totales/parto; 1,3 kg/lechón

1300 kcal ER (fetos + anejos)/kg lechón;

kg = 0,50

2600 kcal EM/kg lechón:

$2600 \times 8 \times 1,3 / 114 \text{ d} = 237 \text{ kcal EM/d}$

- **Gastos ganancia de reservas durante la gestación:**

3600 kcal ER/kg Δ peso

$k\Delta$ peso = 0,75

4800 kcal EM/kg Δ peso

Ej cálculo:

Número cubrición		
1	2	≥ 3
Peso cerdas a la cubrición (kg)/ganancia reservas (kg)		
125/30	150/20	170/15
$30 \times 4800/114 \text{ d}$	$20 \times 4800/114 \text{ d}$	$15 \times 4800/114 \text{ d}$
1263	842	632

- **Ganancia de peso de la ubre:**

Se añaden además entre 130 y 170 kcal EM/d para Δ tejido mamario entre los días 80 y 114 de gestación: $150 \times 34/114 = 45 \text{ kcal EM/d}$

TOTAL GASTOS GESTACIÓN			
kcal EM/d	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición/g reservas (kg)		
	125/30	150/20	170/15
Mantenimiento	4385	5027	5522
Termoregulación			
20°C	0	0	0
10°C ind.	762	823	847
10°C grupos	179	197	207
Gestación	237	237	237
Ganancia de reservas	1263	842	632
Ganancia de peso de la ubre	45	45	45
TOTAL			
20°C	5930	6151	6436
10°C ind.	6692	6974	7283
10°C grupos	6109	6348	6643
Consumo pienso a 20° C, kg/d [2900 kcal EM/kg]	2,04	2,12	2,22

LACTACIÓN• **Gastos mantenimiento:**

112 kcal EM/kg PV^{0,75} y día

Número parto		
1	2	≥3
Peso cerdas después del parto (kg) estabuladas		
150	175	190
4800	5389	5732

En el caso de CERDAS IBÉRICAS en parques (estabulación libre) las necesidades deberían incrementarse en un 15%.

• **Gastos termorregulación:**

Gastos: 2,8-3,0 kcal EM/kg PV^{0,75} y °C por debajo de 12°C (tª crítica)

Ej. Cálculo para una tª ambiente de 10°C:

Número parto		
1	2	≥3
Peso cerdas después del parto (kg)		
150	175	190
$3,0 \times 150^{0,75} \times (12-10)$	$2,9 \times 175^{0,75} \times (12-10)$	$2,8 \times 190^{0,75} \times (12-10)$
257	279	287

• **Gastos producción leche:**

$[6,83 \times GP \text{ lechón (g/d)} \times n^\circ \text{ lechones} - 125 \times n^\circ \text{ lechones}] \text{ kcal EM/d}$

Ej: Tamaño medio de la camada al destete = 6,6 lechones

Peso lechón nacimiento = 1,3 kg

Edad y peso destete = 32 d y 7,8 kg

$6,83 \times [6500/32] \times 6,6 - 125 \times 6,6 = 8331 \text{ kcal EM/d}$

• **Movilización de reservas:**

300 g/d lípidos y 55 g/d proteína (valores medios)

$300 \times 9,5 \text{ kcal/g} + 55 \times 5,7 \text{ kcal/g} = 3163 \text{ kcal ER/d}$

$k_{lr} = 0,85$

$3163 \times 0,85 = 2689$ kcal ENI/d a partir de reservas

Ahorro EM alimento:

$k_{la} = 0,72$; $2689/0,72 = -3735$ kcal EM/d

TOTAL GASTOS LACTACIÓN			
kcal EM/d	Número parto		
	1	2	≥ 3
	Peso cerdas/g. peso (kg)		
	150	175	190
Mantenimiento	4800	5389	5732
Termoregulación			
$20^{\circ}C$	0	0	0
$10^{\circ}C$	257	279	287
Producción de leche	8331	8331	8331
Movilización de reservas	-3735	-3735	-3735
TOTAL			
$20^{\circ}C$	9396	9985	10328
$10^{\circ}C$	9653	10264	10615
Consumo pienso a $20^{\circ}C$, kg/d [3050 kcal EM/kg]	3,08	3,27	3,39

CRECIMIENTO

(Machos castrados y hembras castradas de cruces Ibérico x Duroc)

NECESIDADES EN CEBO DEL CERDO IBÉRICO EN INTENSIVO

- **Gastos mantenimiento cerdos estabulados:**

195 kcal EM/kg PV^{0,60} y día

En el caso de animales cebados en parques las necesidades de mantenimiento deben incrementarse un 15% por gastos extras de actividad, es decir hasta 224 kcal EM/kg PV^{0,60} y día.

Peso cerdos cebados en parques (kg)			
30	60	90	120
1725	2616	3336	3965

- **Gastos termorregulación (cebo en grupos):**

(López Bote, 2001):

Peso cerdos (kg)	Tª crítica	Kcal EM/°C por debajo de tª crítica y d
40	20	40
70	19	62
100	17	85
130	15	114
	[22,6 - 0,0567xPV]	[5,83 + 0,817 x PV]

Ej. Cálculo para tª ambiente = 10°C

Peso cerdos (kg)			
40	70	100	130
Tª Crít = 20°C	19°C	17°C	15°C
40 x (20-10) = 400	62 x (19-10) = 558	85 x (17-10) = 595	114 x (15-10) = 570

- **Gastos de crecimiento:**

13,8 kcal EM/g grasa + 13,2 kcal EM/g proteína

(9,5 kcal ER.g⁻¹ grasa/klip = 0,69) (5,7 ER.g⁻¹ prot/ kp = 0,43)

(Se asume que los costes energéticos de la ganancia de grasa y de proteína en el cerdo ibérico cruzado corresponden a la media calculada a partir de los valores estimados para el cerdo blanco (1) y para el cerdo ibérico puro (2))

(1) 12,8 kcal EM/g grasa + 12,1 kcal EM/g proteína

(9,5 kcal ER.g⁻¹ grasa/klip = 0,74) (5,7 ER.g⁻¹ prot/ kp = 0,47)

(Kielanowski, 1965; Thorbeck, 1970; Close et al., 1973; Burlacu et al., 1976; Tess et al., 1984; Stranks et al., 1988; Quiniou et al., 1996; Van Milgen y Noblet, 1999; Emmans, 1999; NRC, 2012 ; rango: ±20%)

(2) 14,8 kcal EM/g grasa + 14,3 kcal EM/g proteína

(9,5 kcal ER.g⁻¹ grasa/klip = 0,64) (5,7 ER.g⁻¹ prot/ kp = 0,40)

(Nieto et al., 2012)

- (periodo 10-25 kg) :

Se asume un crecimiento de 475 g/d, y una concentración de proteína y grasa en la ganancia de peso de un 18,5 y 15,5%, respectivamente, y un coste energético de la ganancia de grasa de 13,8 kcal/g y de proteína de 13,2 kcal/g.

Se deducen unas necesidades diarias de:

$475 \times 0,155 \times 13,8$ kcal EM/g grasa retenida + $475 \times 0,185 \times 13,2$ kcal EM/g proteína retenida = 2175 kcal EM/d

- (periodo 25-100 kg)

Se asume un crecimiento de 600 g/d, y una concentración de proteína y grasa en la ganancia de peso de un 13,6 y 37,2%, respectivamente, y un coste energético de la ganancia de grasa de 13,8 kcal/g y de proteína de 13,2 kcal/g.

Se deducen unas necesidades diarias de:

$600 \times 0,372 \times 13,8$ kcal EM/g grasa retenida + $600 \times 0,136 \times 13,2$ kcal EM/g proteína retenida = 4160 kcal EM/d

- (periodo 100-150 kg)

Se asume un crecimiento de 750 g/d, y una concentración de proteína y grasa en la ganancia de peso de un 12,0 y 47,0%, respectivamente.

Se deducen unas necesidades diarias de:

$750 \times 0,47 \times 13,8 \text{ kcal EM/g grasa retenida} + 750 \times 0,12 \times 13,2 \text{ kcal EM/g proteína retenida} = 6050 \text{ kcal EM/d}$

TOTAL GASTOS CRECIMIENTO			
kcal EM/d	Periodo (kg)		
	10-25	25-100	100-150
Mantenimiento (Cebo en parques)	1250	2680	4062
<i>Termoregulación (en grupo)*</i>			
20°C	0	0	0
10°C	182	508	576
Crecimiento	2175	4160	6050
TOTAL			
20°C	3425	6840	10112
10°C	3607	7348	10688
Consumo de pienso (kg/d) **			
20°C	1,08	2,28	3,26
10°C	1,13	2,45	3,45

*2,4 kcal/kgPV^{0,75} por cada °C por debajo de 18°C; PV = 20 kg

** 3170, 3000 y 3100 kcal/kg en los periodos 10-25, 25-100 y 100-150 kg, respectivamente

CRECIMIENTO

(Machos castrados y hembras castradas de cruces Ibérico x Duroc)

NECESIDADES DE CEBO DEL CERDO IBÉRICO PARA MONTANERA**i) Periodo 20-100 kg (pienso restringido)**

- **Gastos mantenimiento cerdos estabulados en parques:**

195 kcal EM/kg PV^{0,60} y día + 15% gastos de actividad

Peso cerdos (kg)		
35	60	85
1975	2730	3364

- **Gastos termorregulación (cebo en grupos):**

35-75 kcal EM/°C por debajo de t°C y d

Peso cerdos (kg)		
35	60	85
Tª C = 20°C	17°C	16°C
Tª ambiente = 10°C		
35 x 10 = 350	55 x 7 = 385	75 x 6 = 450

- **Gastos de crecimiento:**

Peso cerdos (kg)/Ganancia Peso (g/d)					
35/425		60/250		85/280	
%PB	%GR	%PB	%GR	%PB	%GR
16,1	18,0	16,1	16,0	16,1	15,0
Necesidades crecimiento (kcal EM/d)					
425 x 0,161 x 13,2 + 425 x 0,18 x 13,8 = 1960 kcal EM/d		250 x 0,161 x 13,2 + 250 x 0,16 x 13,8 = 1085 kcal EM/d		280 x 0,161 x 13,2 + 280 x 0,15 x 13,8 = 1175 kcal EM/d	

ii) Periodo 110-160 kg (montanera)

En los gastos de mantenimiento hay que considerar un incremento por gastos de desplazamiento en cerdos en montanera. Pueden usarse los datos de Lachica y Aguilera (2000):

- 0,71 cal EM/kg PV y m horizontal
- 9,56 cal EM/kg PV y m vertical

Aplicados a cerdos de 135 kg desplazándose diariamente 3 km horizontales y 150 m verticales resulta:

$$EMm = 4255^* + 290 + 195 = 4740 \text{ kcal/d } (\Delta 11\%)$$

$$*4255 = 195 \times 135^{0.60} \times 1,15 \text{ (actividad)}$$

Para termorregulación, puede usarse un valor propuesto por López-Bote (2001): 2,4 kcal EM/kg PV^{0.75} y °C. Asumiendo una t^a Crítica de 15°C, para 135 kg y 10°C de t^a ambiente resultaría un incremento de:

$$2,4 \times 135^{0.75} \times (15-10) = 475 \text{ kcal EM/d}$$

En montanera se estima una ganancia media de 870 g/d de peso vivo, 104 g/d de proteína y 409 g/d grasa (Aguilera y Nieto, comunicación personal). De forma que en este periodo las necesidades serían:

$$13,8 \times 409 + 13,2 \times 104 = 7020 \text{ kcal EM/d}$$

Los gastos totales de un cerdo en montanera (135 kg + desplazamiento + Termorregulación a 10°C + ganancia peso) serían = 4255 (EMm) + 485 (desp) + 475 (TR) + 7020 (GP) = 12235 kcal EM/d.

Estas necesidades totales se corresponden con un consumo de bellota medio de 6,0 a 6,5 kg fresco/d (1880 kcal EM/kg fresco; FEDNA) y un consumo aproximado de hierba de 2 kg fresco/d (440 kcal EM/kg fresco; García-Valverde et al., 2007).

ANEXO 2

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DIARIAS DE LISINA (g/d)
A. PORCINO BLANCO

GESTACIÓN

- **Gastos de mantenimiento**

- 39,7 mg de Lisina Digestible Estandarizada en el Íleon (DIS)/Kg PV^{0,75} y día, para una cerda que consume 2,5 kg de pienso de gestación/día (NRC, 2012)
- En todos los cálculos se asume que la DIA se calcula como el 94% (entre 91 para multíparas y 96) de la DIS y que la lisina ingerida de las materias primas más comúnmente utilizadas para formular piensos de gestación posee una DIS media de 85% (entre 83 y 86) (NRC, 2012).
- Las necesidades medias (g/cerda y día) para mantenimiento son:

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg)		
	150	200	250
DIS	1,70	2,11	2,50
DIA	1,60	1,98	2,35
Total	2,00	2,48	2.94

- **Crecimiento corporal, útero grávido y anejos**

- Asumimos que las necesidades se reparten homogéneamente en los 115 días de gestación y que el tejido depositado, ya sea en el útero grávido o en el cuerpo de la madre, contiene como media un 20% de PB y un 7% de lisina en la PB (BSAS, 2003).
- Se supone que la eficiencia de utilización de la Lisina absorbida para la retención de proteína es del 49% (NRC, 2012).

- Por lo que se refiere a la partición del incremento de peso de la madre se supone que el útero grávido es responsable de un aumento de peso de 23 kg equivalente a 13 lechones y que este aumento de peso representa tejido magro en un 80%. El aumento de peso vivo restante se deposita en el cuerpo de la madre (Close y Cole, 2000).

Las necesidades medias (g/cerda y día) referidas al útero grávido son:

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg)		
	150	200	250
DIS	4,52	4,52	4,52
DIA	4,25	4,25	4,25
Total	5,32	5,32	5,32

- Para el cálculo de la deposición proteica en el cuerpo de la madre se ha seguido la indicación de BSAS (2003).

- 150 kg PV (primerizas) un aumento de 35 kg (aumento de Peso Vivo total de 58 kg). Se supone todo tejido magro.
 - 200 kg PV (2º parto) un aumento de 20 kg (total de 43) donde el tejido magro representa 17,5 kg y el graso 7,5 kg.
 - 250 kg PV (> 3ª parto) un aumento de 10 kg (total de 33) donde la mitad es tejido magro y la otra mitad grasa.
- **Deposición en el cuerpo de la madre**

- Las necesidades (g/cerda y día) son:

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg)		
	150	200	250
DIS	6,96	3,48	1,37
DIA	6,54	3,27	1,29
Total	8,19	4,09	1,61

- **Necesidades totales en gestación (g/cerda y día)**

La suma de las necesidades de mantenimiento, propias de gestación y para el crecimiento y/o deposición en la madre.

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg)		
	150	200	250
DIS	13,97	10,50	8,38
DIA	13,14	9,87	7,88
Total	16,44	13,35	9,86

Si tenemos en cuenta el consumo de pienso esperado, el porcentaje de lisina en el pienso variará enormemente en función del número de parto, lo cual no resulta práctico.

	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg)		
	150	200	250
Ingestión Media (kg/d)	2,25	2,55	2,73
Lys DIS (%)	0,62	0,41	0,31
Lys DIA (%)	0,58	0,39	0,29
Lys Total (%)	0,73	0,52	0,36

En granjas comerciales, en las que se administra pienso único de gestación, parecería razonable recomendar niveles de **lisina total de entre 0,60 y 0,65%** dependiendo de la proporción de primerizas y de su PV a la cubrición fértil (ha de ser diferente iniciar la gestación con 130 kg de PV que hacerlo con 160).

Las necesidades de lisina, además de ser mayores para cerdas primerizas que para cerdas multíparas, no es cierto que se repartan homogéneamente durante los 115 días que dura la gestación sino que, especialmente en las cerdas multíparas, son muy superiores durante el último mes de gestación coincidiendo con la formación de los fetos. Por ello, desde un punto de vista estrictamente nutricional, no sería adecuado administrar un único pienso durante la gestación y sería conveniente ofrecer al menos uno para primerizas, otro para el último mes de gestación y otro para el resto. Sin embargo en muchas situaciones prácticas

ofrecer tres piensos de gestación es logísticamente muy complicado o incluso puede resultar antieconómico.

LACTACIÓN

- **Gastos de mantenimiento**

- 46,3 mg de DIS/ Kg PV^{0,75} y día para ingestiones medias de 5,0 kg de pienso por cerda y día (NRC, 2012).

- En todos los cálculos se asume que la DIA se calcula como el 95% de la DIS y que la digestibilidad ileal estandarizada media de los piensos de lactación es del 87% (NRC, 2012).

Las necesidades para mantenimiento (g/cerda y día) de cerdas en lactación son:

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas al parto (kg)		
	180	215	260
DIS	2,28	2,60	3,00
DIA	2,17	2,47	2,85
Total	2,62	2,99	3,45

- **Producción de leche**

- Se asume que cada 4 kg de leche generan un kg de ganancia de la camada, que la leche tiene por término medio un 5,4% de PB y que ésta posee un 7,3% de lisina (Close y Cole, 2000; NRC, 2012).

- La eficiencia de utilización de la lisina absorbida para la síntesis de leche es del 67% (NRC, 2012).

- Se ha considerado tan solo una situación: **cerdas amamantando 10 lechones que crecen a un ritmo medio de 200 g lechón/día (lechón destetado a los 25 días con 6,5 kg y 1,4 kg al nacimiento crece como media 204 g/d).**

Las necesidades para producción de leche (g/cerda y día) son:

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas al parto (kg)		
	180	215	260
DIS	47,07	47,07	47,07
DIA	44,72	44,72	44,72
Total	54,10	54,10	54,10

- **Contribución de la movilización de reservas**

- Asumimos que para las genéticas actuales las reservas movilizadas (g/d) son equivalentes a un 50-55% de tejido magro y un 45-50% de tejido graso. Así por ejemplo pérdidas medias de 17.5 kg PV en 25 días de lactación, para una producción de 8 kg leche al día, equivalen a 700 g de movilización diaria de la cual 350-400 g es tejido muscular.

- Las pérdidas de tejido muscular poseen un 20% de PB, un contenido en lisina de 6,3% y una eficiencia de utilización de esta lisina para la síntesis de proteína de la leche del 85% (Close & Cole, 2000; NRC, 2012).

Los aportes derivados de la pérdida de peso de 500 g/cerda y día serían:

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas al parto (kg)		
	180	215	260
DIS	4,00	4,00	4,00
DIA	3,80	3,80	3,80
Total	4,60	4,60	4,60

- **Necesidades totales en lactación (g/cerda y día)**

Se obtienen como la suma de las de mantenimiento, las de producción de leche y las derivadas de la movilización de reservas con signo negativo.

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas al parto (kg)		
	180	215	260
DIS	45,45	45,67	46,07
DIA	43,09	43,39	43,76
Total	52,12	52,49	52,95

Suponiendo que las ingestiones medias de pienso que figuran en la tabla de necesidades energéticas corresponden a una producción de leche de 8 kg/d y que producciones superiores darían lugar a mayores ingestiones, el porcentaje de lisina que tendrá que tener el pienso será de:

	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas al parto (kg)		
	180	215	260
Ingestión Media (kg/d)	5,00	5,23	5,53
DIS (%)	0,91	0,87	0,83
DIA (%)	0,86	0,83	0,79
Total (%)	1,04	1,00	0,96

La recomendación práctica para granjas comerciales variaría **entre 0,95 y 1,05% de lisina total** con los valores más altos aplicables a primerizas y cerdas de alta prolificidad, atendiendo a que la mejora en la ingestión voluntaria de pienso probablemente no compensa del todo el aumento en las necesidades.

Como en el caso de la gestación, en términos estrictamente nutricionales, las cerdas jóvenes, en especial las primerizas, deberían recibir un pienso con un mayor contenido en lisina y aminoácidos que las multíparas, en especial durante el verano donde en ocasiones se reduce la ingestión voluntaria de forma alarmante.

CRECIMIENTO

- **Gastos de mantenimiento**

- 71,1 mg de DIS/ Kg PV ^{0,75} y día para cerdos de 50 kg de PV que consumen 2,0 kg de pienso al día (NRC, 2012)

- En todos los cálculos se asume que la DIA se calcula como el 95% de la DIS (entre 0,97 para cerdos jóvenes y 0,93 para cerdos de 100 kg o más) y que la DIS media de los piensos para crecimiento y cebo es del 87% (NRC, 2012).

Las necesidades para mantenimiento (g/cerda y día) de cerdos en crecimiento son:

Lisina (g/cerdo y día)	Peso Cerdos (kg)			
	30	60	90	120
DIS	0,91	1,53	2,08	2,58
DIA	0,86	1,45	1,98	2,45
Total	1,05	1,76	2,39	2,97

- **Necesidades para crecimiento y cebo**

- La predicción más precisa se obtendría conociendo en cada caso la retención diaria de proteína que a su vez depende de la curva de crecimiento y la de deposición de tejido magro. En su defecto, las recomendaciones de la BSAS (2003) permiten predecir matemáticamente el ritmo de deposición de proteína en las ganancias (g/d) a partir del tipo genético de cerdo ("magro", "intermedio" y "comercial") y del ritmo de crecimiento ("lento", "intermedio" y "rápido") y las del NRC (2012) lo hacen partiendo de la deposición diaria de proteína.

- En un intento de llevar a cabo una aproximación similar en los siguientes gráficos se presenta dos curvas teóricas de crecimiento y de deposición de proteína pertenecientes a dos supuestas líneas genéticas ("mejorada" y "comercial") que abarcan la mayoría de las situaciones prácticas. Otro de los factores que hace variar la curva de deposición proteica es el sexo o género, por ello también se incluyen las curvas teóricas de

deposición proteica de machos enteros, hembras y machos castrados de una línea "comercial".

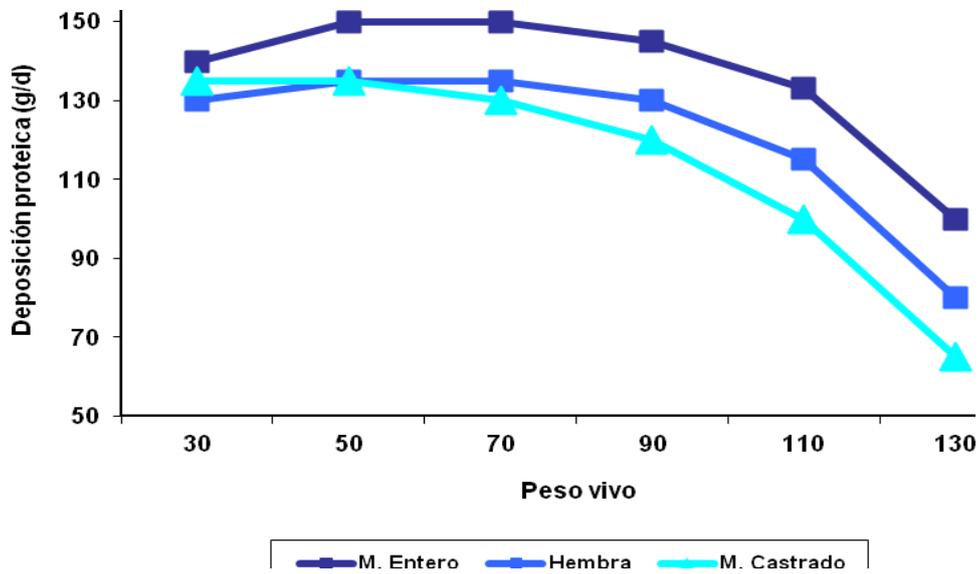
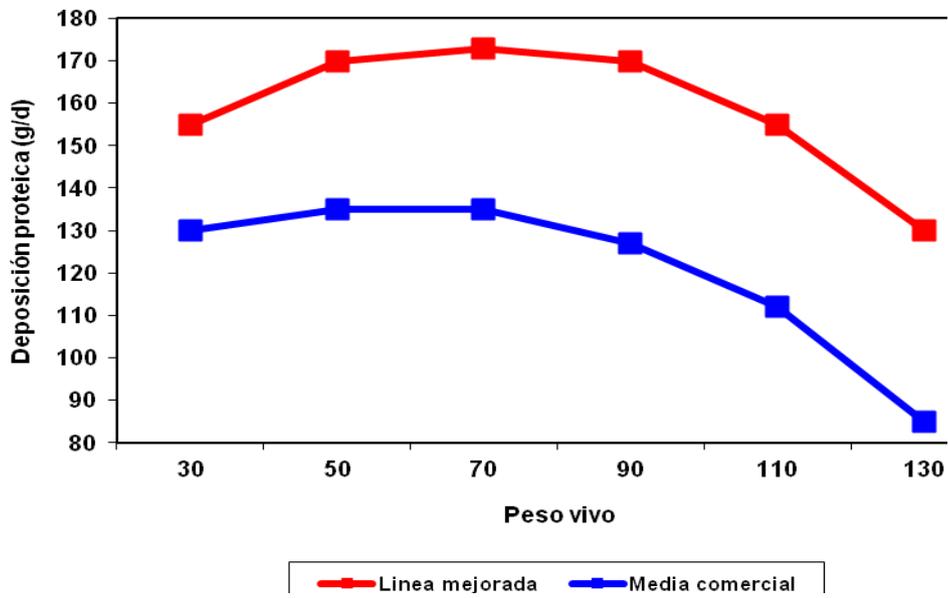
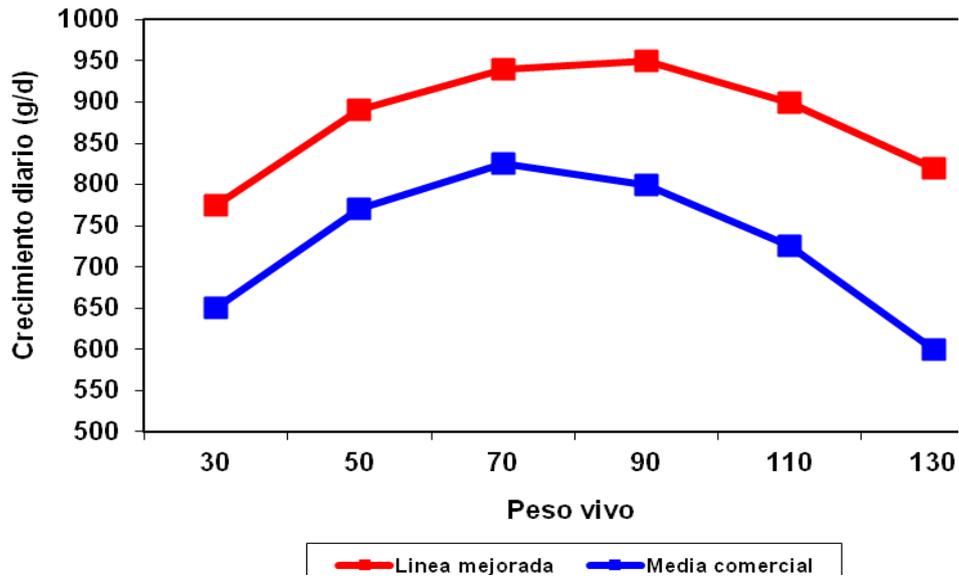
- Suponemos que, dentro de cada línea genética, el ritmo de crecimiento (g/d) está asociado a una determinada deposición de tejido magro y graso (mas magro en las líneas más mejoradas aunque depende también del sexo y de la precocidad) y que la proporción de proteína depositada en la ganancia diaria es aproximadamente la establecida en las necesidades energéticas a partir de los valores adaptados de Noblet (1991) y López Bote (comunicación personal) para cerdos de diferente sexo y peso vivo. Con todo, durante la primera mitad del crecimiento el porcentaje de proteína depositado en las ganancias puede superar incluso el 17% (Campbell, 1988; Reeds y col, 1993). Estos valores de retención de proteína en relación al crecimiento diario equivaldrían, aproximadamente, al 22,5% del tejido magro depositado.
- La proteína depositada se supone que tiene un 7,0% de lisina y la lisina absorbida se deposita con una eficiencia del 65,0% (68,2 a los 20 kg y 56,8 a los 120 kg de PV) (Fuller, 1994; Sève, 1994; NRC, 2012).

A modo de ejemplo, las necesidades diarias de Lisina para el crecimiento de una mezcla de machos castrados y hembras que crecen a 750 g/d de media entre los 20 y 120 kg (media "comercial" en los gráficos) se presentan en la siguiente tabla:

Lisina (g/cerdo y día)	Peso Cerdos (kg)			
	30	60	90	120
DIS	14,00	14,53	14,58	12,25
DIA	13,30	13,80	13,85	11,64
Total	16,09	16,70	16,76	14,08

Las necesidades totales, mantenimiento y crecimiento, (g/d) serán de:

Lisina (g/cerdo y día)	Peso Cerdos (kg)			
	30	60	90	120
DIS	14,91	16,07	16,66	14,82
DIA	14,16	15,25	15,83	14,09
Total	17,14	18,46	19,15	17,05



Asumiendo la retención media de proteína a partir de una curva de crecimiento simulada y teniendo en cuenta ingestiones que figuran en el capítulo de energía, a una temperatura ambiente de 20°C, el contenido de lisina recomendado en el pienso debe ser de:

	Peso Cerdos (kg)			
	30	60	90	120
Crecimineto (g/d)	650	810	800	710
Deposición de Proteína (g/d)	130	135	125	105
Ingestión (kg/d)	1,70	1,95	2,15	2,40
DIS (%)	0,87	0,82	0,77	0,62
DIA (%)	0,83	0,78	0,74	0,59
Total (%)	1,01	0,95	0,89	0,71

En definitiva conocer **las curvas de crecimiento magro (o de deposición de proteína) y de ingestión de pienso de los cerdos en crecimiento y cebo** es vital para establecer las necesidades y formular el pienso con las máximas garantías.

Además del potencial de crecimiento magro y del sexo/género existen otros factores que afectan las necesidades de lisina y aminoácidos que no se contemplan en las tablas. Entre ellos destaca el estado sanitario que en el caso del crecimiento y cebo puede hacer variar las necesidades hasta en un 10-15% (Holden et al, 2002).

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DIARIAS DE LISINA (g/d)
B. PORCINO IBÉRICO

GESTACIÓN

• **Gastos de mantenimiento**

- 39,7 mg de Lisina Digestible Estandarizada en el Íleon (DIS)/ Kg PV^{0,75} y día, (NRC, 2012).
- Se utilizan los mismos coeficientes del cerdo blanco comercial para transformar la DIS en DIA y lisina total.

Las necesidades medias (g/cerda y día) para mantenimiento son:

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg) en estabulación libre		
	125	150	170
DIS	1,48	1,70	1,87
DIA	1,39	1,60	1,76
Total	1,74	2,00	2,20

• **Crecimiento corporal, útero grávido y anejos**

- Asumimos que las necesidades se reparten homogéneamente en los 115 días de gestación y que el tejido magro depositado, ya sea en el útero grávido o en el cuerpo de la madre, contiene como media un 20% de PB y esta PB un 7% de lisina.
- Se supone que la eficiencia de utilización de la Lisina absorbida para la retención de proteína es de 37%, inferior a la recomendada por el NRC (2012) para el cerdo blanco.
- Por analogía con el cerdo blanco comercial en la partición del incremento de peso de la madre se supone que el útero grávido es responsable de un aumento de peso de 10,5 kg equivalente a 8 lechones y que este aumento de peso es tejido magro. El aumento de peso vivo restante se deposita en el cuerpo de la madre.

Las necesidades medias (g/cerda y día) referidas al útero grávido son:

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg) en estabulación libre		
	125	150	170
DIS	3,45	3,45	3,45
DIA	3,24	3,24	3,24
Total	4,06	4,06	4,06

Para el cálculo de la deposición proteica en el cuerpo de la madre se ha seguido el criterio de BSAS (2003) adaptado para cerdas muy grasas.

- 125 kg PV (primerizas) un aumento de 20 kg (aumento de Peso Vivo total de 30,5 kg) donde el tejido magro representa 12,5 kg y el grasa 7,5 kg.
- 150 kg PV (2º parto) un aumento de 15 kg (total de 25,5) donde el tejido magro representa 7,5 kg y el grasa 7,5 kg.
- 170 kg PV (> 3ª parto) un aumento de 7,5 kg (total de 17,5) donde el tejido magro representa 2,5 kg y el grasa 5 kg.

Las necesidades para la deposición en el cuerpo de la madre (g/cerda y día) son:

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg) en estabulación libre		
	125	150	170
DIS	2,80	1,68	0,56
DIA	2,52	1,51	0,50
Total	3,27	1,96	0,66

- **Necesidades totales en gestación (g/cerda y día)**

La suma de las necesidades de mantenimiento, propias de gestación y para el crecimiento y/o deposición en la madre.

Lisina (g/cerda y día)	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg) en estabulación libre		
	125	150	170
DIS	7,73	6,83	5,88
DIA	7,27	6,42	5,53
Total	9,09	8,03	6,92

Si tenemos en cuenta el consumo de pienso esperado, el porcentaje de lisina en el pienso variará enormemente en función del número de parto, lo cual no resulta práctico.

TOTAL GASTOS GESTACIÓN			
Lisina, %	Número cubrición		
	1	2	≥3
	Peso cerdas cubrición (kg)		
	125	150	175
Ingestión media (kg/d)	2,06	2,14	2,22
DIS (%)	0,38	0,32	0,26
DIA (%)	0,36	0,30	0,25
Total (%)	0,44	0,38	0,31

En granjas comerciales, en las que se administra pienso único de gestación, parecería razonable recomendar niveles de lisina total siempre superiores a **0,40-0,45%**. Sin embargo, dependiendo del tipo de ingredientes utilizados en la confección de la ración, y muy especialmente durante las últimas semanas de gestación, estos valores han de ser netamente superiores e incluso próximos a los recomendados para cerdas blancas (ver tabla 17).

LACTACIÓN

- **Gastos de mantenimiento**

- 46,3 mg de DIS/ Kg PV^{0,75} y día para ingestiones medias de 5,0 kg de pienso por cerda y día (NRC, 2012).
- Se utilizan los mismos coeficientes del cerdo blanco comercial para transformar la DIS en DIA y lisina total.

Las necesidades para mantenimiento (g/cerda y día) de cerdas en lactación son:

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas después del parto (kg) estabuladas		
	150	175	190
DIS	1,98	2,23	2,37
DIA	1,86	2,10	2,23
Total	2,33	2,62	2,78

- **Producción de leche**

- Se asume que la leche tiene por término medio un 5,4% de PB y que esta posee un 7,3% de lisina (Close y Cole, 2000; NRC, 2012). Además se precisan 3,25 kg de leche por kg de ganancia de los lechones.
- La eficiencia de utilización de la lisina absorbida para la síntesis de leche es del 71% (Close y Cole, 2000; NRC 2012).
- Se han considerado tan solo una situación: **cerdas amamantando 6,5 lechones al destete que crecen a un ritmo medio de 190 g lechón/día (lechón destetado a los 35 días con 7,9 kg y 1,3 kg al nacimiento crece como media 188 g/d).**

Las necesidades para producción de leche (g/cerda y día) son:

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas después del parto (kg) estabuladas		
	150	175	190
DIS	22,62	22,62	22,62
DIA	21,49	21,49	21,49
Total	26,00	26,00	26,00

- **Contribución de la movilización de reservas**

- Asumimos una movilización media de 55 g/d proteína con un contenido en lisina de 6,3% y una eficiencia de utilización de esta lisina para la síntesis de proteína de la leche del 85% (Close y Cole, 2000).

Los aportes derivados de los cambios de peso (g/cerda y día) son:

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas después del parto (kg) estabuladas		
	150	175	190
DIS	4,15	4,15	4,15
DIA	3,94	3,94	3,94
Total	4,77	4,77	4,77

- **Necesidades totales en lactación (g/cerda y día)**

Se obtienen como la suma de las de mantenimiento, las de producción de leche y las derivadas de la movilización de reservas con signo negativo.

Lisina (g/cerda y día)	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas después del parto (kg) estabuladas		
	150	175	190
DIS	20,42	20,70	20,84
DIA	19,40	19,58	19,71
Total	23,43	23,76	23,92

Suponiendo que las ingestiones medias de pienso que figuran en la tabla de necesidades energéticas corresponden a una producción medias de leche de 4,30 kg/d y que producciones superiores darían lugar a mayores ingestiones, el porcentaje de lisina que tendré que tener el pienso será de:

TOTAL GASTOS LACTACIÓN			
Lisina, %	Número parto		
	1	2	≥3
	Peso cerdas después del parto (kg) estabuladas		
	150	175	190
Ingestión media (kg/d)	3,08	3,27	3,39
DIS (%)	0,66	0,63	0,61
DIA (%)	0,63	0,60	0,58
Total (%)	0,76	0,73	0,71

CRECIMIENTO

(Machos castrados y hembras castradas de cruces de Ibérico x Duroc)

NECESIDADES EN CEBO DEL CERDO IBÉRICO EN INTENSIVO

- **Gastos de mantenimiento**
 - 71,1 mg de DIS/ Kg PV^{0,75} y día (NRC, 2012). Para ibérico puro Nieto et al, (2002) indican 38 mg de DIS/ Kg PV^{0,75} y día.
- **Necesidades para crecimiento y cebo**
 - Periodo 10-25: Se asume un crecimiento de 475 g/d, y una retención media de proteína de 88 g/d (elaborado a partir de datos de Aguilera y Nieto, comunicación personal).
 - Periodo 25-100 Kg: Se asume un crecimiento de 600 g/d, y una retención media de proteína de 82 g/d (elaborado a partir de datos de Aguilera, comunicación personal y López Bote, comunicación personal).

- Periodo 100-150 kg: Crecimiento medio de 750 g/d y una retención de proteína en las ganancias del 90 g/d.
- La proteína depositada se supone que tiene un 7,05% de lisina y la lisina verdaderamente digestible se utiliza con una eficiencia de entre 55,0% para lechones y 42% para cerdos de 60kg o mas, siempre inferior al 65,0% sugerido para el cerdo blanco.
- Se utilizan los mismos coeficientes del cerdo blanco comercial para transformar la DIS en DIA y lisina total.

Las necesidades totales diarias medias para el crecimiento y cebo serán:

Lisina	10-25 kg PV (media 17,5 kg)	25-100 kg PV (media 65 kg)	100-150 kg PV (media 125 kg)
Mantenimiento (g/d)			
DIS	0,61	1,63	2,66
DIA	0,58	1,55	2,53
total	0,70	1,87	3,06
Crecimiento y cebo (g/d)			
DIS	11,28	13,76	15,11
DIA	10,71	13,08	14,05
Total	12,97	15,82	17,36
Necesidades totales (g/d)			
DIS	11,89	15,39	17,77
DIA	11,32	14,63	16,58
Total	13,67	17,69	20,43

Suponiendo las ingestiones medias de pienso que figuran en la tabla de necesidades energéticas, el porcentaje de lisina que tendrá que tener el pienso será de:

TOTAL GASTOS CRECIMIENTO			
Lisina (%)	10-25 kg PV (media 17,5 kg)	25-100 kg PV (media 65 kg)	100-150 kg PV (media 125 kg)
Ingestión a 20°C (kg/d)	1,08	2,21	3,26
DIS (%)	1,01	0,70	0,55
DIA (%)	0,96	0,66	0,52
Total (%)	1,16	0,80	0,64

NECESIDADES EN CEBO DEL CERDO IBÉRICO PARA MONTANERA

- **Gastos de mantenimiento**

- 71,1 mg de DIS/ Kg PV^{0,75} y día (NRC, 2012). Para ibérico puro Nieto et al, (2002) indican 38 mg de DIS/ Kg PV^{0,75} y día.

- **Necesidades para crecimiento y cebo**

- Serán dependientes de la retención diaria de proteína en las ganancias (g/d) y se calcularán de forma análoga a las del cerdo ibérico en intensivo.

NECESIDADES DIARIAS DE OTROS AMINOACIDOS EN PORCINO IBÉRICO

Las necesidades diarias de otros aminoácidos se obtendrán utilizando el balance de "proteína ideal" al igual que en el caso del cerdo blanco comercial.

ANEXO 3

**CONTAMINANTES DE INGREDIENTES Y DIETAS ASOCIADAS A LA
PRODUCCIÓN DE PIENSOS**

A.- Contaminantes de origen químico

Los productores de piensos para ganado porcino tienen la obligación de cumplir las exigencias establecidas legalmente en cuanto al contenido de sustancias indeseables (contaminantes) de los mismos. Además, hay una exigencia permanente de los consumidores respecto a la seguridad de los alimentos. Por otra parte, en el sector porcino cada día cobra más importancia el sector exportador, lo que obliga no sólo a ser económicamente competitivos sino a buscar la excelencia en todo lo que se refiere a seguridad de los alimentos para aumentar nuestra competitividad. Los contaminantes más importantes que es necesario controlar en piensos para ganado porcino basados en la Directiva 2002/32/CE se muestran en la tabla 3.1. No todos afectan a todas las materias primas ni a todos los piensos.

Tabla 3.1.- Sustancias indeseables contempladas en Alimentación Animal en la UE (Directiva 2002/32/CEE)

Contaminantes inorgánicos (metales) y elementos nitrogenados	As, Pb, Hg, Cd, F-, NO ₂ y melamina
Micotoxinas	Niveles máximos para Aflatoxina B1 y cornezuelo. Niveles máximos recomendados para DON, zearalenona, ocratoxina A, fumonisinas (B1+B2) y toxinas T2 y HT2.
Toxinas vegetales inherentes	Ac. cianhídrico, gossipol libre, teobromina, esencia volátil de mostaza, viniltiooxazolidona
Compuestos organoclorados	Aldrin y dieldrina, canfecloro, clordán, DDT, endosulfan, endrín, heptacloro, HCB, HCH.
Dioxinas y Policlorobifenilos	PCDDs, PCDFs, PCBs
Impurezas botánicas perjudiciales	Datura sp. Crotalaria sp. Ricinus communis, hayuco, frailejón, mostaza, semillas de Ambrosia spp.
Aditivos autorizados en piensos para los que no están destinados como consecuencia de contaminación inevitable	Coccidiostáticos

Los aspectos a considerar para cada grupo de contaminantes y los niveles máximos autorizados en las materias primas más utilizados y en los piensos para porcino se detallan a continuación:

Contaminantes inorgánicos

Los principales contaminantes inorgánicos y sus límites máximos permitidos en la UE figuran en la tabla 3.2. El **Arsénico** puede ser de origen inorgánico u orgánico. En el primer caso los síntomas de intoxicación pasan por fuerte diarrea y deshidratación causada por un daño a la mucosa. En el segundo caso cursa, según la intensidad, con incoordinación, parálisis y ceguera.

Tabla 3.2.- Contenidos máximos (mg/kg) admitidos de contaminantes inorgánicos para las principales materias primas y piensos de porcino.

	As ¹	Cd	F	Pb	Hg ⁵	NO ₂ ⁻
Materias primas salvo señaladas específicamente	2	-	150	10	0,1	15
Materias primas de origen vegetal	-	1	-	-	-	-
Materias primas de origen animal	-	2	500	-	-	-
Materias primas de origen mineral	-	2	-	-	-	-
Pulpa remolacha, alfalfa y palmiste	4	-	-	-	-	-
Productos de pescado	25	2	-	-	0,5	30
Fosfatos	10	10	2000	15	-	-
Carbonato cálcico	15		350	20	0,3	-
Aditivos aglutinantes y antiaglomerantes						
antiaglomerantes	-	2	3000 ³	30	-	-
Premezclas	-	15	-	200	-	-
Piensos completos	2	0,5	100	5	0,1	15
Piensos complementarios	4	0,5	500 ⁴	10	0,1	-
Piensos minerales	-	5 ²	100	15	0,2	-

¹Arsénico total. ²Para piensos minerales con más del 7% P se aumenta el límite máximo hasta 7,5 ppm según el caso. ³Vermiculita. ⁴ Para piensos con más del 4% de P se aumenta con tenido máximo en 125 ppm por cada 1% de P. ⁵Mercurio total.

El cerdo es la especie doméstica más sensible al **Cadmio** (Cd). Su consumo (a partir de 5 ppm) causa neuro y nefrotoxicidad, malformaciones óseas, osteoporosis y trastornos reproductores y endocrinos. A veces, debido a interacciones con otros minerales se aprecian síntomas tóxicos a menores concentraciones. La deposición de Cd en hígado aumenta en presencia de Cu y disminuye en presencia de la vitamina C. La adición de fitasas podría disminuir la acumulación de Cd y Pb en hígado (Royer y Lebas, 2013).

Los cerdos parecen tolerar bien concentraciones de hasta 100 ppm de **Flúor** (F). Excesos de este elemento causa estreñimiento y pérdida de apetito y se asocia con pérdida de producción de leche en cerdas (López et al., 2005). El F se acumula en los tejidos facilitando el depósito anómalo de Ca y ocasionando calcificación irregular y lesiones.

El cerdo es menos sensible a intoxicación por plomo (Pb) que otras especies. Dosis de 10 mg/kg afectan a la ganancia de peso. Ingestas superiores a 11 mg/kg PV producen diarreas en lechones, anemia y anorexia. A partir de 33 mg/Kg PV se producen vómitos, neuropatías periféricas y encefalopatías, pudiéndose producir abortos en cerdas (López et al., 2005). La exposición crónica a excesos de Pb produce degeneración renal y hepática.

El **Mercurio** (Hg) puede encontrarse en forma inorgánica u orgánica. Los compuestos orgánicos a veces proceden de los fungicidas usados en el tratamiento en cosechas o almacenaje. También es importante la presencia de metilmercurio que tiene como origen la biomagnificación del metal en el medio acuático y por tanto la forma presente en ingredientes de origen marino. En los cerdos el mercurio es acumulativo y el exceso provoca problemas gastrointestinales con vómitos y diarrea sanguinolenta, afectando también al tejido renal. La intoxicación por Hg provoca también síntomas de tipo nervioso, incluyendo ataxia, parálisis facial, ceguera, tambaleo, caminar continuo e incapacidad para comer, aunque el apetito a menudo no se vea afectado (Radostits et al., 2002; Muirhead et al., 2013).

A diferencia de las normas exigidas para alimentación humana, no hay establecido límites para nitratos en alimentación animal aunque sí para nitritos. Los nitratos suelen proceder del terreno y aguas y dada su menor toxicidad, el riesgo en animales es reducido. En cualquier caso, la presencia

de nitratos y nitritos afectan de forma negativa en la absorción de la vitamina A, pudiendo provocar cierto grado de hipotiroidismo (Mornet et al., 1982).

Contaminantes nitrogenados

En este grupo se incluye la **melamina**, producto químico usado en aglomerados de madera y que ha sido recientemente utilizado para adulterar alimentos en China. Su contenido en nitrógeno, es muy elevado (66,6%), por lo que su utilización fraudulenta aumenta el contenido en proteína bruta de los ingredientes donde se incorpora y modifica su textura. Este contaminante se acumula en el riñón y termina por obturar las vías urinarias pudiendo causar la muerte del animal. El límite máximo fijado en piensos es de 2,5 mg/kg.

Micotoxinas

Además de las micotoxinas reflejadas en la tabla 3.3 se establece un contenido máximo del 0,1% para el cornezuelo del centeno (*claviceps purpurea*) para materias primas y piensos que contienen cereales no molidos. Aflatoxinas, DON (vomitoxina), zearalenona, ocratoxina, T2 y fumonisinas son, en orden de mayor a menor, las que generan toxicidad en el cerdo.

Las **aflatoxinas** son carcinogénicas, hepatotóxicas y producen hígado friable e ictericia. Aumentan la susceptibilidad a problemas de disentería. En las cerdas producen anemia, abortos, agalactia. Pasan a la leche de la cerda aumentando la mortalidad neonatal y producen inmunosupresión. Aunque los límites legales son más estrictos, en la bibliografía se recomiendan límites máximos entre 0,04 y 0,3 ppm.

La **DON o vomitoxina** disminuye la ingesta por alteración neuroquímica cerebral con mayor formación de serotonina que conlleva a letargo y pérdida de coordinación. En lechones se produce rechazo del pienso a concentraciones de 0,3-1 ppm y en cerdos a partir de 5/10 ppm. Con 20 ppm se producen vómitos y rechazo completo. Otra sintomatología son hemorragias del tracto GI, lesiones en boca, ataxia, trastornos reproductivos y disminución de plaquetas.

Tabla 3.3.- Contenido máximo autorizado en aflatoxina B1 y contenidos máximos recomendados de otras micotoxinas (mg/kg) según la legislación europea actual.

	AFLA ¹	DON ²	ZEA ³	OTA ⁴	FUS ⁵	T2+HT2 ⁶
Materias primas para pienso	0,02	-	-	-	-	-
Cereales ^{7,8}	-	8	2	0,25	-	-
Cebada y maíz	-	-	-	-	-	0,2
Avena	-	-	-	-	-	1
Trigo, centeno y otros cereales	-	-	-	-	-	0,1
Subproductos de maíz	-	12	3	-	-	-
Maíz ⁸	-	-	-	-	60	-
Cáscara de avena	-	-	-	-	-	2
Piensos para cerdos	-	0,9	-	0,05	5	0,25
Lechones	0,01	-	-	-	-	-
Lechones y cerdas nulíparas	-	-	0,1	-	-	-
Cerdas y cerdos de engorde	0,02	-	0,25	-	-	-

¹Aflatoxina B1. ²Deoxinivalenol. ³Zearalenona. ⁴Ocratoxina A. ⁵Fumonisinias (B1 + B2). ⁶Suma de toxinas T2 y HT2. ⁷Excepto indicación contraria. ⁸Incluye productos a base de los mismos.

La **zearalenona** afecta sobre todo a la reproducción. Causa el síndrome estrogénico y la sintomatología es más evidente en cerdas en las que produce vulva edematosa, prolapsos de vulva y recto, aumento del tejido mamario, infertilidad y abortos. En los machos se producen pérdidas de calidad y cantidad de semen.

La **ocratoxina A** es fundamentalmente nefrotóxica. Causa neuropatías e inmunosupresión. Aumenta el consumo de agua. El cuadro clínico agudo incluye anorexia, pérdida peso, náuseas, vómitos, hipertermia, conjuntivitis, coágulos o moco sanguinolento en recto y deshidratación. Los máximos que se recomiendan en la bibliografía oscilan entre 0,025 y 0,2 ppm.

La **toxina T2** tiene un máximo recomendado en piensos de 0,25 ppm y a este nivel produce inmunosupresión. A niveles mayores, (3-10 ppm) se señala que disminuye la ingesta y el rechazo del pienso se produce de 16-20 ppm. Entre sus efectos, se destacan hemorragias del tracto intestinal, dermatitis, hipotensión y en cerdas infertilidad y aborto.

Las **fumonisin**as pueden producir edema pulmonar en lechones con dosis de 0,4 mg/kg PV/d y en cerdos adultos con 20. Es nefrotóxica, hepatotóxica, neurotóxica y causa lesiones cardíacas. Afecta a la integridad de las células del epitelio intestinal causando inmunosupresión. Las recomendaciones máximas legales, para piensos de porcino, son mucho más estrictas que las que se encuentran en la literatura que oscilan entre 0,25 y 20 ppm.

Toxinas vegetales

En general, las toxinas vegetales se encuentran asociadas con materias primas específicas (ver tabla 3.4). Sin embargo, en el caso de la teobromina, asociada fundamentalmente a los productos y subproductos del cacao, sólo figuran límites máximos para los piensos.

Tabla 3.4.- Contenido máximo (mg/kg) en toxinas vegetales en diversas materias primas según la actual legislación europea.

	Ácido cianhídrico	Gosipol libre	Teobromina	Esencia volátil de mostaza ¹
Materias primas (en general)	50	20		100
Tortas de semillas de algodón		1200		
Semillas de lino	250			
Torta de lino	350			
Mandioca y torta de almendras	100			
Harina de colza				4000
Piensos completos	50	20	300	150
Piensos completos para cerdos (excepto lechones)		60	200	500

¹Expresado en isotiocianato de alilo.

Dioxinas y policlorobencenos (PCB)

Las dioxinas y los PCB son productos altamente tóxicos y carcinógenos que pueden ser ingeridos por las personas a través de los alimentos y por ello se fijan límites muy restrictivos de estos compuestos en la carne y productos del porcino, en particular y de otras especies en general, y niveles de ingesta máxima tolerable para las personas. Actualmente se ha establecido una WTI (ingesta semanal tolerable de dioxinas + PCB) máxima de 14 pg de EQT-OMS/Kg peso corporal (CCHA. 2001). Las dioxinas se producen de forma natural y los PCBs de forma artificial, por ello el Protocolo de Estocolmo los contempla en diferentes grupos. Ambos aumentan su concentración en el medio, en el tiempo, por bioacumulación y biomagnificación.

La tabla 3.5 muestra los niveles máximos y de intervención para dioxinas y PCBs denominados similares a las dioxinas. Los niveles de intervención son aquellos a partir de los cuales hay que investigar las causas y tomar medidas correctoras y los niveles máximos son aquellos que no se pueden sobrepasar en ningún caso. Se dan en equivalentes tóxicos según los coeficientes de toxicidad establecidos por la OMS (2005). Los PCBs tienen entre 20000 y 100000 veces menor toxicidad que la dioxina más tóxica, sin embargo su concentración suele ser mayor. Actualmente las empresas de piensos que comercialicen grasas, aceites o sus productos derivados para su uso en piensos, piensos compuestos incluidos (excepto si disponen de trazabilidad analítica y el lote que emplean ha sido analizado previamente por otro operador), están obligados a analizar en laboratorios acreditados los niveles de dioxinas y PCB similares a las dioxinas de acuerdo con Reglamento 225/2012 de la UE. En particular las industrias relacionadas con el pescado, la mezcla de grasas, el aceite de coco y la industria oleoquímica y el biodiesel están sometidas a exigencias de control más estrictas.

También se fijan límites en $\mu\text{g}/\text{kg}$ para los denominados PCBs no similares a las dioxinas de menos toxicidad y que no figuran en la tabla.

Tabla 3.5. - Niveles máximos de dioxinas y policlorobencenos (PCB) permitidos (ng EQT/kg con FET OMS-20051, Reglamento 277/2012 UE).

	PCDD/F OMS/Kg		PCDD/F- PCBs OMS/Kg	
	Intervención ²	Máximo ²	Intervención ³	Máximo ⁴
Materias primas de origen vegetal	0,5	0,75	0,35	1,25
Aceites vegetales y sus subproductos	0,5	0,75	0,5	1,5
Materias primas de origen mineral	0,5	0,75	0,35	1,0
Grasa animal	0,75	1,5	0,75	2,0
Otros productos animales terrestres incluidos lácteos y ovoproductos	0,5	0,75	0,35	1,25
Pescado sus productos y subproductos excepto los señalados específicamente	0,75	1,25	2,0	4,0
Aceite de pescado	4,0	5,0	11	20
Aditivos aglutinantes y antiaglomerantes	0,5	0,75	0,5	1,5
Compuestos de oligoelementos	0,5	1,0	0,35	1,5
Premezclas	0,5	1,0	0,35	1,5
Piensos compuestos	0,5	0,75	0,5	1,5

¹EQT: Equivalentes tóxicos de la OMS calculados con los Factores de Equivalencia Tóxica (FET) de 2005.

²Suma de PCDD (policlorodibenzodioxinas) y PCDF (policlorodibenzofuranos).

³Suma de congéneres de PCBs (policlorobifenilos) similares a las dioxinas. ⁴Suma de PCDD, PCDF y PCB similares a dioxinas. ¹PCDD = policlorodibenzodioxinas.

Compuestos organoclorados

En este grupo se encuentran los plaguicidas y los pesticidas utilizados en cultivos en agrícolas y que a determinados niveles son tóxicos para el ganado. En la tabla 3.6 se dan los límites máximos. Todos estos compuestos se deben eliminar según el Protocolo de Estocolmo con la excepción del DDT al que se deben de aplicar restricciones de uso. Los organoclorados son contaminantes persistentes tóxicos para las personas y el medio que tardan años en desaparecer y de ahí su importancia.

Tabla 3.6. - Niveles máximos (mg/kg) de compuestos organoclorados en materias primas (Reglamento 574/2011 de la UE-28).

	Aldrin+ Dieldrin	Canfecloro	Clordán	DDT	Endosulfán	Endrin	Hepta-cloro	HCB ¹	HCH ²		
									α	β	γ
Materias primas	0,01	-	0,02	0,05	0,1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,2
Maíz ³	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-
Semillas oleaginosas ³	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
Aceite vegetal crudo	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-
Grasas y aceites	0,1	-	0,05	0,5	-	0,05	0,2	0,2	0,2	0,1	2
Harina de pescado	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aceite de pescado	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Todos los piensos porcino	0,01	-	0,02	0,05	0,1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,2

¹HCB: Hexaclorobenceno. ²HCH: Hexaclorociclohexano. ³Incluye los derivados.

Coccidiostatos

El nivel de contaminación cruzada técnicamente inevitable por estos aditivos es muy bajo en la industria de piensos por lo que es muy difícil que llegue a alcanzar un nivel de toxicidad.

REFERENCIAS

- Adeola, O., Mahan, D.C., Azain, M.J., Baido, S.K., Cromwell, G.L., Hill, G.M., Pettigrew, J.E., Maxwell, C.V. y Shannon, M.L. (2013) Dietary lipid sources and levels for weanling pigs. *Journal of Animal Science* 91: 4216-4225.
- Ajinomoto (2013) Ideal amino acid profile for piglets. Ajinomoto-Eurolysine S.A.S. París Cedex, Francia.
- ARC (1981) *The Nutrient Requirements of Pigs*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough. Reino Unido.
- Bach Knudsen, K.E. (2010) Características químicas y valor nutritivo de la fibra para ganado porcino. *FEDNA* 26: 153-172.
- Barretero-Hernandez, R., Galyean, M.L. y Vizcarra, J.A. (2010) The effect of feed restriction on plasma ghrelin, growth hormone, insulin, and glucose tolerance in pigs. *Professional Animal Science* 2: 26-34.
- Berrocoso, J.D., Serrano, M.P., Cámara, L., Rebollar, P.G. y Mateos, G.G. (2012) Influence of diet complexity on productive performance and nutrient digestibility of weanling pigs. *Animal Feed Science Technology* 171: 214-222.
- Berrocoso, J.D., Saldaña, B., Serrano, M.P., Cámara, L., Ibáñez, M.A. y Mateos, G.G. (2013) Influence of crude protein content, ingredient complexity, feed form and duration of feeding of the Phase I diets on productive performance and nutrient digestibility of Iberian pigs. *Journal Animal Science* 91: 1237-1246.
- Berrocoso, J.D., Camara, L., Rebollar, P.G., Guzmán, P. y Mateos, G.G. (2014) Influence of source and micronization of soybean meal on growth performance, nutrient digestibility and ileal mucose morphology of Iberian piglets. *Animal* (en prensa).
- BSAS (2003) *Nutrient Requirement Standards for Pigs*. British Society of Animal Science. Penicuik, Reino Unido.
- Burlacu, G., Illiescu, M. y Starvi, J. (1976) Efficiency of energy utilization by growing pigs. En: *Energy Metabolism of Farm Animals*. European Association for Animal Production, EAAP. Publication no. 19. pp. 181-184.
- Cámara, L., Romero, M., Serrano, M.P., Sánchez, J.L., Alcázar, E. y Mateos, G.G. (2012) Influence of net energy content of the diet on productive performance and carcass merit of gilts, boars, and immunocastrated males fed barley based diets and slaughtered at 119 kg BW. *Journal of Animal Science* 90 (Suppl. 1): 663 (Abstr.).
- Campbell, R.G. y Dunkin, A.C. (1983) The Effects of Energy-Intake and Dietary-Protein on Nitrogen-Retention, Growth-Performance, Body-Composition and some Aspects of Energy-Metabolism of Baby Pigs. *British Journal Nutrition* 49: 221-230.
- Campbell, R.G. (1988) Nutritional constraints to lean tissue accretion in farm animals. *Nutrition Research Reviews*, 1: 233-253.
- Chastanet, F., Pahn, A.A., Pedersen, C. y Stein, H.H. (2007) Effect of feeding schedule on apparent energy and amino acid digestibility by growing pigs. *Animal Feed Science Technology* 132: 94-102.
- Close, W.H. y Cole, D.J.A. (2000) *Nutrition of sows and boars*. Nottingham University Press.

- Close, W.H., Verstegen, M.W.A. y Mount, L.E. (1973) Energy requirement for maintenance and growth in the pig. En: *Energy Metabolism of Farm Animals*. European Association for Animal Production, EAAP. Publication no. 14. pp. 153-156.
- Collin, A., van Milgen, J., Dubois, S. y Noblet, J. (2001) Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed piglets. *British Journal of Nutrition* 86: 63-70.
- Coma, J. (2010) Mesa redonda XXVI Congreso FEDNA:
http://fundacionfedna.org/sites/default/files/10MesaRedonda_J%20Coma.pdf.
- CSIRO (1987) *Feeding Standards for Australian Livestock*. Pigs. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, East Melbourne, Australia.
- CVB (2008) *Veevoedertabel (Composición de Alimentos)*. Centraal Veevoeder Bureau, Lelystad, Países Bajos.
- CVB (2011) *Veevoedertabel (Composición de Alimentos)*. Centraal Veevoeder Bureau, Lelystad, Países Bajos.
- Daza, A., Olivares, A. y Lopez-Bote, C. (2006) Effect of a moderate feed restriction on subsequent growth and body composition in pigs raised under high environmental temperatures. *Journal Animal Feed Science* 15: 417-426.
- Daza, A., Rey, A.I., Menoyo, D., Bautista, J.M., Olivares, A. y Lopez-Bote, C.J. (2007) Effect of level of feed restriction during growth and/or fattening on fatty acid composition and lipogenic enzyme activity in heavy pigs. *Animal Feed Science Technology* 138: 61-74.
- Daza, A., Lopez-Bote, C.J., Olivares, A., Menoy, D. y Ruiz, J. (2008) Influence of a severe reduction of the feeding level during the period immediately prior to free-range fattening on performance and fat quality in Iberian pigs. *J. Sci. Food Agric.* 88: 449-454.
- de Blas, C. y García Rebollar, P. (2012) Revisión 3ª edición Tablas Fedna: Información complementaria. FEDNA 28: 51-76.
- de Blas, C. y Garrido, M. (2012) *Indicadores de Sostenibilidad de la Agricultura y Ganadería Españolas*. Serie Sostenibilidad. Fundación Cajamar, Almería.
- den Hartog, L. y Sijtsma, R. (2007) Estrategias nutricionales para reducir la contaminación ambiental en la producción de cerdos. FEDNA 23: 19-41.
- D'Souza, D.N., Pethick, D.W., Dunshea, F.R., Pluske, J.R. y Mullan, B.P. (2003) Nutritional manipulation increases intramuscular fat levels in the Longissimus muscle of female finisher pigs. *Australian Journal Agricultural Research* 54: 745-749.
- Emmans, G.C. (1999) Energy flows. En: *A quantitative biology of the pig*. Dryriazakis, I. (ed). CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 363-377.
- Ensminger, ME. y Olentine. C.G. (1978) *Feeds & Nutrition*. The Ensminger Publishing Company. Clovis, CA, EEUU.
- Evonik (2011) Amino acid recommendation software (J. Htoo). Aminopig 1.0. Evonik Industries AG. Animal Nutrition Services. Hanau-Wolfgang, Alemania.
- Fabian, J., Chiba, L.I., Frobish, L.T., McElhenney, W.H., Kuhlert, D.L. y Nadarajah, K. (2004) Compensatory growth and nitrogen balance in grower-finisher pigs. *Journal Animal Science* 82: 2579-2587.

- FEDNA (2003) Tablas Fedna de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos para Fabricación de Piensos Compuestos. 2ª ed. C. de Blas, G.G. Mateos y P.G. Rebollar (eds). Fedna, Madrid.
- FEDNA (2006) Necesidades Nutricionales para Ganado Porcino. 1ª ed. Fedna, Madrid.
- FEDNA (2010) Tablas Fedna de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos para Fabricación de Piensos Compuestos. 3ª ed. C. de Blas, G.G. Mateos y P.G. Rebollar (eds). Fedna, Madrid.
- Filmer, D.G. y Curran, M.K. (1977) Climatic environment and practical nutrition of the growing pig. En: Nutrition and the Climatic Environment. Haresign, W., Swan, H. y Lewis, D. (eds). Ed. Butterworths. pp. 75-92.
- Fuller, M.F., McWilliams, R., Wang, T.C. y Gilles, L.R. (1989) The optimum dietary amino acid pattern of growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. *British Journal of Nutrition*, 62: 225-267.
- García-Valverde, R., Nieto, R., Lachica, M. y Aguilera, J.F. (2007) Effects of herbage ingestion on the digestion site and nitrogen balance in heavy Iberian pigs fed on an acorn-based diet. *Livestock Science* 112: 63-77.
- García-Valverde, R., Barea, R., Lara, L., Nieto, R. y Aguilera, J.F. (2008) The effects of feeding level upon protein and fat deposition in Iberian heavy pigs. *Livestock Science*. 114: 263-273.
- Gerrits, W.J.J. y Verstegen, M.W.A. (2006) El papel de la fibra dietética en alimentación porcina. *FEDNA* 22: 19-35.
- Gloaguen, M., Le Floc'h, N. y Van Milgen, J. (2013) Couverture des besoins en acides aminés chez le porcelet alimenté avec des régimes à basse teneur en protéines. *INRA Production animal* 26: 277-288.
- Holmes, C.W. y Close, W.H. (1977) The influence of climatic variables on energy metabolism and associated aspects of productivity in the pig. En: Nutrition and the Climatic Environment. Haresign, W., Swan, H. y Lewis, D. (eds). Ed. Butterworths. pp. 51-73.
- Hornick, J., Van Eenaeme, C., Gerard, O., Dufrasne, I. y Istasse, L. (2000) Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal Endocrinology* 19: 121-132.
- INRA (1984) L'alimentation des Animaux Monogastriques : Porc, Lapin, Volailles. París, Ed. INRA, Francia.
- INRA (2004) Tablas de Composición y de Valor Nutritivo de las Materias Primas Destinadas a los Animales de Interés Ganadero. D. Sauvant, J.M. Pérez y G. Tran. París, Ed. INRA, Francia.
- ITP (1991) L'alimentation de la truie. Ed. Institut Technique du Porc. París, Francia.
- ITP (1994) L'alimentation du porc charcutier. Ed. Institut Technique du Porc. París, Francia.
- Jórgensen, L. y Tybirk, P. (2005) Danish Feed Evaluation System: Nutrients Standards. 12th ed. Landsudvalget for Svin. Copenhagen, Dinamarca.
- Kanora, A. y Maes, D. (2009) The role of mycotoxins in pig reproduction: a review. *Veterinarni Medicina* 54: 565-576.

- Kielanowski, J. (1965) Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals. En: Proceedings of the third symposium on energy metabolism. Blaxter, K.L. (ed). European Association of Animal Production publication no. 11. pp. 13-20.
- Kristensen, L., Therkildsen, M., Riis, B., Sørensen, M.T., Oksbjerg, N. y Purslow, P.P. (2002) Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: effects on in vivo and postmortem muscle proteolysis and meat quality. *Journal Animal Science* 80: 2862-2871.
- Lachica, M. y Aguilera, J.F. (2000) Estimation of the energy costs of locomotion in the Iberian pig (*Sus mediterraneus*). *British Journal Nutrition* 83: 35-41.
- Lebret, B., Heyer, A., Gondret, F. y Louveau, I. (2007) The response of various muscle types to a restriction-re-alimentation feeding strategy in growing pigs. *Animal* 1: 849-857.
- López Bote, C., Fructuoso, G. y Mateos, G.G. (2000) Sistemas de producción de porcino y calidad de la carne: El cerdo Ibérico. *FEDNA* 16: 79-111.
- López Bote, C., Rey, A.I. y Redondo, B.I. (2001) Alimentación del cerdo Ibérico en la Dehesa. En: *Porcino Ibérico: aspectos claves*. Buxadé, C. y Daza, A. (Eds). Ed. Mundiprensa. pp.217-246.
- López, S., Guinovart, J.M. y Creus, E. (2005) Sustancias indeseables en el pienso: flúor. www.3tres3.com , accedido 28/05/2013.
- Lovatto, P.A., Sauvant, D., Noblet, J., Dubois, S. y van Milgen, J. (2006) Effects of feed restriction and subsequent refeeding on energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 3329-3336.
- Mahan, D.C., Wiseman, T.D., Weaver, E. y Russell, L. (1999) Effect of supplemental sodium chloride and hydrochloric acid added to initial starter diets containing spray dried blood plasma and lactose on resulting performance and nitrogen digestibility of 3-week-old pigs. *Journal of Animal Science* 77: 3016-3021.
- Massabie, P. (2001) L'abreuvement des porcs. *Techniporc* 24(6): 9-14.
- Mateos, G.G., Medel, P. y Carrión, D. (1997) Necesidades nutricionales del verraco de alta selección. *FEDNA* 23: 235-253.
- Mateos, G.G., Valencia, D. y Jimenez Moreno, E. (2004) Microminerales en piensos para monogástricos: aspectos técnicos y legales. *FEDNA* 20: 210-265.
- Mateos, G.G., Lázaro, R., Astillero, J.R. y Pérez Serrano, M. (2005) Trace minerals: what text books don't tell you. En: *Re-defining Mineral Nutrition*. Ed. J.A. Taylor y L.A. Tucker. Nottingham University Press. Nottingham, Reino Unido. pp. 21-61.
- Mateos, G.G., Lázaro, R., González-Alvarado, J.M., Jiménez, E. y Vicente, B. (2006a) Efectos de la fibra dietética en piensos de iniciación para pollitos y lechones. *FEDNA* 22: 39-66.
- Mateos, G.G., Martín, F., Latorre, M.A., Vicente, B. y Lázaro, R. (2006b) Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Animal Science* 82: 57-63.
- Mateos, G.G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M.P. y Lázaro, R.P. (2012) Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research* 21: 156-174.

- Medel, P., Latorre, M.A. y Mateos, G.G. (2000) Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente. *FEDNA* 15: 147-195.
- Medel, P., Latorre, M.A., de Blas, C., Lázaro, R. y Mateos, G.G. (2004) Heat processing of cereals in mash or pellet diets for young pigs. *Animal Feed Science Technology* 113: 127-140.
- Ministry of Environment (1996) *Animal Weights and their Food and Water Requirements. Resource Document. Government of British Columbia, Canadá.*
- Mornet, P., Tournut, J. y Toma, B. (1982) *Le Porc et ses Maladies. Maloine Editeur. Paris. Francia.*
- Mount, L.E. (1975) The assessment of thermal environment in relation to pig production. *Livestock Production Science* 2: 381.
- Muirhead, M.R., Alexander, T.J.L. y Carr, J. (2013). *Managing Pig Health. 2nd Edition. Reino Unido.*
- Nieto, R., Rivera, M., García, M^a.A. y Aguilera, J.F. (2002). Amino acid availability and energy value of acorn in the Iberian pig. *Livestock Production Science* 77: 227-239.
- Nieto, R., Lara, L., Barea, R., García-Valverde, R., Aguinaga, M.A., Conde-Aguilera, J.A. y Aguilera, J.F. (2012). Response analysis of the Iberian pig growing from birth to 150 kg body weight to changes in protein and energy supply. *Journal Animal Science* 90: 3809-3820.
- Noblet, J., Close, W.H., Heavnes, R.P. y Brown, D. (1985a) Studies on the energy metabolism of the pregnant sow. Uterus and mammary tissue development. *British Journal Nutrition* 53: 251-265.
- Noblet, J., Le Dividich, J. y Bikawa, T. (1985b) Interaction between energy level in the diet and environmental temperature on the utilization of energy in growing pigs. *Journal Animal Science* 61: 452-459.
- Noblet, J. y Etienne, M. (1987) Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in pregnant sows. *Livestock Production Science* 16: 829-839.
- Noblet, J. y Etienne, M. (1989a) Estimation of sow milk nutrient output. *Journal Animal Science* 67: 3352-3359.
- Noblet, J., Fortune, H., Dubois, S. y Henry, Y. (1989b) Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, métabolisable et nette des aliments pour le porc, INRA éd., París. Francia.
- Noblet, J., Dourmad, J.Y. y Etienne, M. (1990) Energy utilization in pregnant and lactating sows : modelling of energy requirements. *Journal Animal Science* 68: 562-572.
- Noblet, J. (1994) Sistemas de estimación del valor energético de los alimentos para porcino. *FEDNA* 10: 101-117.
- Noblet, J., Dourmad, J.Y., Etienne, M. y Le Dividich, J. (1997) Energy metabolism in pregnant sows and newborn pigs. *Journal Animal Science* 75: 2708-2714.
- Noblet, J. (2001) Recent advances in energy nutrition of swine. En: *AFIA Educational Forum: Nutrition Conference. Indianapolis, EEUU.*
- Noblet, J., Seve, B. y Tran, G. (2004) Valoración energética y proteica de alimentos para porcino: propuestas francesas. *FEDNA* 20: 63-75.

- NRC (1998) Nutrient Requirements of Swine. 10th rev. ed. National Academy of Science. Washington D.C, EEUU.
- NRC (2012) Nutrient Requirements of Swine. 11th rev. ed. National Academy of Science. Washington D.C, EEUU.
- NRMMC (2011) Australian Drinking Water Guidelines Paper 6. National Resource Management Australia Ministerial Council. Canberra. Australia.
- NSNG (2010) National Swine Nutrition Guide. US Pork Center of Excellence. Iowa State University. Ames, IA. EEUU.
- OMS (2004). Guías para la Calidad del Agua Potable. Organización Mundial de la Salud Eds. Roma. Italia.
- Patience, J.F., Beaulieu, A.D. y Gillis, D.A. (2004) The impact of ground water high in sulphates on the growth performance, nutrient utilization and tissue mineral levels of pigs housed under commercial conditions. *J. Swine Health Production* 12: 228-236.
- Patience, J.F. (2012) The importance of water in pork production. *Animal Frontiers* 2(2): 28-35.
- Payment, P. y Franco, E. (1993). Clostridium perfringens and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. *Applied and Environmental Microbiology* 59: 2418-2424.
- Pérez, J.F. y Nofrarías, M. (2008) Influencia de la nutrición sobre la patología digestiva del lechón. *FEDNA* 14: 81-105.
- Quiniou, N., Dourmad, J.Y. y Noblet, J. (1996) Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100 kg body weight. 1. Protein and lipid deposition. *Animal Science* 63: 277-288.
- Quiniou, N., Noblet, J., van Milgen, J. y Dubois, S. (2001) Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to cold or hot ambient temperatures. *British Journal Nutrition* 85: 97-106.
- Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C. y Hinchcliff, K.W. (2002) Doenças causadas por substâncias químicas inorgânicas e produtos químicos utilizados nas fazendas. En: Radostits OM, Gay CC, Blood DC, Hinchcliff KW (eds). *Clínica Veterinária: Um Tratado de Doenças dos Bovinos, Ovinos, Suínos, Caprinos e Equinos*. Guanabara Koogan. pp: 1417-1471. Rio de Janeiro. Brasil.
- Ramonet, Y., van Milgen, J., Dourmad, J.Y., Dubois, S., Meunier-Salaün, M.C. y Noblet, J. (2000) The effect of dietary fibre on energy utilisation and partitioning of heat production over pregnancy in sows. *British Journal Nutrition* 84: 85-94.
- RD 140/2003, Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE 45:7228-7245.
- Rd 1469/2007, Real Decreto 1469/2007 del 2 de Noviembre de 2007, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo Ibérico. BOE 264: 45087-45104.
- Reeds, P.J., Burrin, D.G.; Davis, T.A.; Fiorotto, M.A., Mersmann, H.J. y Pond, W.G. (1993) Growth regulation with particular reference to the pig. In: *Growth of the Pig*; G.R. Hollis (Ed.); CAB International, pp. 1-32.

- Rostagno, J.S. (2011) Tablas Brasileñas para Aves y Porcino. 3ª ed. Universidad Federal de Vicosa, Brasil.
- Royer, E. y Lebas, N. (2013) Effets de la phytase, de la vitamine C et du cuivre sur la rétention du cadmium chez le porc charcutier. Journées de Recherche Porcine 45: 173-174.
- Santomá, G. y Pontes, M. (2011) ¿Qué medidas nutricionales tomar ante la productividad de la cerda actual? 1ª parte. FEDNA 27: 169-225.
- Santomá, G. y Pontes, M. (2012) ¿Qué medidas nutricionales tomar ante la productividad de la cerda actual? 2ª parte: Periparto y lactación. FEDNA 28: 173-245.
- Seddon, I.R. (2005). Water Quality Considerations for Swine. MAFRI. www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/porc/bab10s09.html. Accedido 17/05/2013.
- Serrano, M.P., Valencia, D.G., Fuentetaja, A., Lazaro, R. y Mateos, G.G. (2009) Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. J. Anim. Sci. 87: 1676-1685.
- Seve, B. (1994) Alimentation du porc en croissance: integration des concepts de protéine idéale, de disponibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. INRA Productions Animales, 7: 275-291.
- Skiba, A., Raj, S., Poławska, E., Pastuszewska, B., Elminowska-Wenda, G., Bogucka, J. y Knecht, D. (2012) Profile of fatty acids, muscle structure and shear force of musculus longissimus dorsi (MLD) in growing pigs as affected by energy and protein or protein restriction followed by realimentation. Meat Science 91: 339-346.
- Stein, H.H. (2011) Digestibilidad fecal estandarizada del fósforo en cerdos. FEDNA 27: 229-234.
- Stranks, M.H., Cooke, B.C., Fairburn, C.B., Fowler, N.G., Kirby, P.S., McCracken, K.J., Morgan, C.A., Palmer, F.G. y Peers, D.G. (1988) Nutrient allowances for growing pigs. Research and Development in Agriculture 5: 71-88.
- Therkildsen, M., Riis, B., Karlsson, A., Kristensen, L., Ertbjerg, P. y Purslow, P.P. (2002) Compensatory growth response in pigs, muscle protein turn-over and meat texture: effects of restriction/realimentation period. Animal Science 75: 367-377.
- Thorbek, G. (1970) The utilization of metabolizable energy for protein and fat gain in growing pigs. En: Energy Metabolism of Farm Animals. European Association for Animal Production, EAAP Publication no. 13. pp. 129-132.
- Tokach, M., DeRouchey, J., Dritz, S., Goodband, B. y Nelssen, J. (2011) Amino acid requirements of growing pigs. III National Symposium on Nutritional Requirement of Poultry and Swine. KSU, Manhattan, USA. pp. 195-218.
- Torres-Rovira, L., Astiz, S., Caro, A., Lopez-Bote, C., Ovilo, C., Pallares, P., Perez-Solana, M.L., Sanchez-Sanchez, R. y Gonzalez-Bulnes, A. (2012) Diet-induced swine model with obesity/leptin resistance for the study of metabolic syndrome and Type 2 Diabetes. Scientific World Journal, 510149.
- Tybirik, P., Sloth, N.M. y Jørgensen, L. (2013) Nutrient Requirement Standards (18th ed.). Pig Research Centre. http://www.pigresearchcentre.dk/~media/pdf/eng/Normer_naeringstoffer%20UK/Nutrient_standards_April2013.ashx. Accedido 17/10/2013

- van Hees, H. (2012) Recent advances in growing pig nutrition: Functional aspects of raw materials and nutrients. FEDNA 28: 249-274.
- Van Heugten, E. (2000). Guidelines for Water Quality in Pigs. Animal Science Facts, Publication Number ANS00-811S, North Carolina Cooperative Extension Service. pp. 1-4.
- van Milgen, J. y Noblet, J. (1999) Energy partitioning in growing pigs: the use of a multivariate model as an alternative for the factorial analysis. Journal Animal Science 77: 2154-2162.
- Verhagen, J.M.F., Verstegen, M.W.A., Geuyen, T.P.A. y Kemp, B. (1986) Effect of environmental temperature and feeding level on heat production and lower critical temperature of pregnant sows. Journal Animal Physiology Animal Nutrition 55: 246.
- Verstegen, M.W.A., Brandsma, H.A. y Mateman, G. (1982) Feed requirement of growing pigs at low environmental temperatures. Journal Animal Science 55: 88-94.
- Ward, D. y McKague, K. (2007) Water Requirements of Livestock. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Order No. 07-023. Ontario, Canadá.
- Whitney (2004) Effect of Mycotoxins in Swine. University of Minnesota Extension Service M1179. MN, EEUU.