

Alimentación. Requerimientos Nutricionales y Aportes Alimenticios.

Fuente: Apuntes de la cátedra de Sistemas de Producción Animal (Producción Porcina), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Ing. Agr. Msc. Daniel Campagna

Introducción

Los términos alimentación y nutrición se utilizan frecuentemente como sinónimos. Sin embargo son términos diferentes ya que:

- La **nutrición** hace referencia a los nutrientes que componen los alimentos y comprende un conjunto de fenómenos involuntarios que suceden tras la ingestión de los alimentos, es decir, la digestión, la absorción o paso a la sangre desde el tubo digestivo de sus componentes o nutrientes, y su asimilación en las células del organismo. La nutrición es la ciencia que examina la relación entre dieta y salud. Los **nutricionistas** son profesionales de la salud que se especializan en esta área de estudio, y están entrenados para proveer consejos dietéticos (Wikipedia).
- La **alimentación** comprende un conjunto de actos voluntarios y conscientes que van dirigidos a la elección, preparación y entrega de los alimentos.

Se puede decir que alimentación animal es el arte de suministrar el alimento.

Existen importantes razones que justifican manejar correctamente la alimentación en un sistema de producción porcina:

- 1.- La alimentación tiene una alta incidencia sobre los costos totales de producción (entre el 65 y el 80 %).
- 2.- La alimentación tiene una alta incidencia, junto a la genética, en la calidad del producto obtenido (contenido de carne magra, calidad de grasa, etc.)
- 3.- El cerdo es muy ineficiente en el uso de algunos nutrientes ya que, por ejemplo en el caso de dietas formuladas en base a proteína bruta (PB), puede llegar a excretar la 2/3 parte del nitrógeno que ingiere (Henry, 1995). Manejando correctamente la alimentación pueden reducirse significativamente estas pérdidas, con la consiguiente disminución de la contaminación ambiental.
- 4.- Para lograr el mayor desempeño de los animales es necesario dar al animal lo que necesita.

Para manejar la alimentación se debe conocer:

- a- Oferta (aportes): expresada a través de los alimentos que se entregan al animal para cubrir los requerimientos.
- b- Demanda (requerimientos): está dada por el anabolismo y el catabolismo del animal.

No debe olvidarse que ningún alimento satisface todas las necesidades del cerdo, por lo tanto es necesario trabajar con raciones balanceadas compuestas por más de un alimento (cuadro 1).

Cuadro 1: Resultados de distintas dietas sobre la producción en la etapa de 50 - 100 Kg.

	Maíz	Maíz + cebada + trigo	Ración balanceada
GDP	0.276	0.328	0.629
ECA	5.7 : 1	5.6 : 1	3 : 1

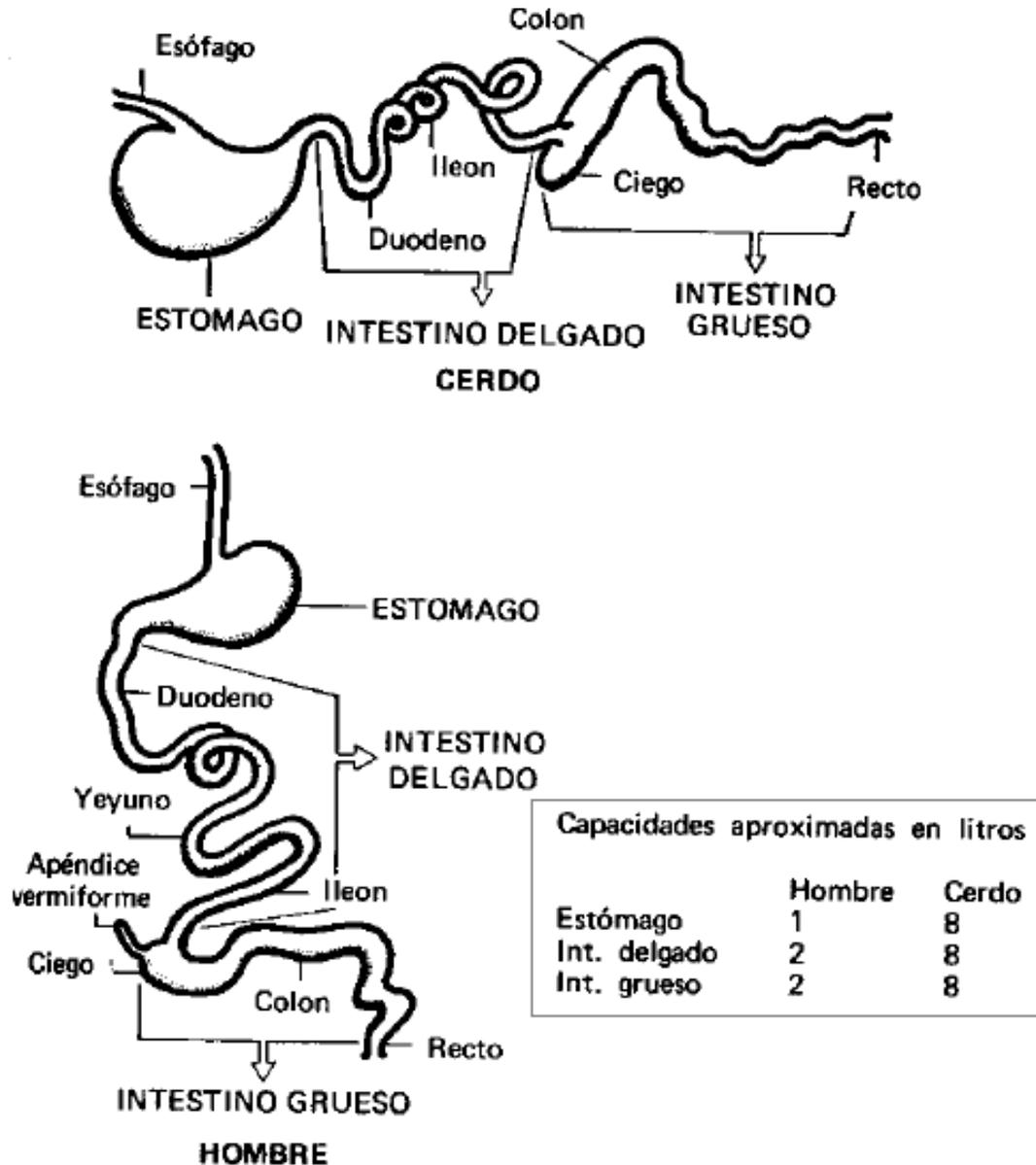
GDP: Ganancia Diaria de Peso (kg/día). ECA: Eficiencia de Conversión Alimenticia¹.

Los animales que consumen solo maíz necesitan, aproximadamente, un año para completar su ciclo (nacimiento a faena 110 kg). En algunos sistemas, la falta de registros enmascara esta realidad (no se conoce la verdadera edad de los animales). Muchas veces se realiza este manejo incorrecto porque se comparan solamente los precios de los alimentos y se concluye que el mejor es el más barato.

Para una mejor comprensión de las necesidades nutricionales y del funcionamiento del aparato digestivo del cerdo puede destacarse la similitud que existe entre este y el del ser humano (Figura 1). Ambos son omnívoros y monogástricos.

¹Cantidad de alimento requerido (expresado en kilogramos) necesario para lograr un kilogramo de pesovivo.

Figura 1: Comparación entre el aparato digestivo del cerdo y el del ser humano



Es importante destacar la función del ciego (primera porción del intestino grueso). Este ante el suministro de una dieta rica en fibras sufre una hipertrofia (aumento de tamaño) y puede recibir grandes volúmenes de alimentos; se comporta en forma similar a un rúmen (microflora similar en calidad y densidad) y esto es especial para la categoría de cerdas gestantes por su gran volumen digestivo.

Aportes alimenticios. Alimentos utilizados en la producción porcina.

Dada la semejanza entre el aparato digestivo del cerdo y el del ser humano, uno de los principales problemas que tiene la producción porcina es la competencia del cerdo con el hombre por los alimentos, de allí que se están empleando una gran variedad de productos y subproductos para elaborar suplementos. En muchas partes del mundo se trabaja con subproductos de origen vegetal y animal, los cuales no serían aptos para el consumo humano, por lo cual se lograría disminuir la magnitud de dicha competencia.

El cerdo es útil para aprovechar un número importante de subproductos como, por ejemplo, el suero de queso, donde no existe otra especie capaz de asimilarlo y transformarlo en un alimento de alta calidad como lo es la carne de cerdo.

El empleo de esta gran variedad de ingredientes (cuadro 2) para formular las dietas depende de la disponibilidad y del precio de los mismos.

Cuadro 2: Ejemplos de alimentos utilizados en la producción porcina mundial

a) CONCENTRADOS EN CARBOHIDRATOS

Í. Cereales: maíz, cebada, trigo, arroz, sorgo, centeno, triticale, avena, mijo.

II. Raíces y tubérculos: mandioca, papa, remolacha, zanahoria.

III. Subproductos: pan, galletitas, harina, melaza.

IV. Otros: banana, caña de azúcar.

b) CONCENTRADOS PROTEICOS ,

Í. Productos de origen animal: harina de pescado, leche descremada en polvo, leche entera en polvo, suero seco deslactosado, caseína.

II. Productos de origen vegetal: habas, papas, lupines, soja entera.

III. Subproductos: harina de carne, harina de carne y hueso, harina de sangre, harina de desperdicio de pescado, harina de pluma, levadura de cerveza, harina de algodón, harina de maní, harina de soja, harina de cártamo, harina de sésamo, harina de girasol, harina de coco, harina de colza, harina de linasa, gluten.

IV. Productos de células simples: algas, levaduras deshidratadas, bacterias deshidratadas.

c) GRASAS y ACEITES: aceite de oleaginosas, grasa, aceite de pescado, aceite de coco, aceite de maní.

Publicaciones de aportes alimenticios

Existen distintas publicaciones de listados de alimentos con sus respectivos aportes nutricionales (por ejemplo: requerimientos nutricionales de NRC2). En el cuadro 3 se da un listado de los alimentos más utilizados en la Argentina con los respectivos aportes de los principales nutrientes.

Cuadro 3. Principales alimentos utilizados para cubrir los requerimientos estimados.

Número	INGREDIENTES	COMPOSICIÓN PROXIMAL					ENERGÍA		AMINOÁCIDOS			
		Proteína Bruta (%)	Ext. Etéreo (%)	Fibra Bruta (%)	Calcio (%)	Fósforo total (%)	Materia seca (%)	ED Porcinos (Kcal/Kg)	Alanina (%)	Metionina (%)	Metionina + cistina (%)	Triptófano (%)
1	Alfalfa, harina deshidratada 15	15.0	2.0	26.0	1.30	0.20	92-95	1.440	0.60	0.20	0.35	0.40
2	Alfalfa, harina deshidratada 17	17.0	2.3	24.0	1.40	0.22	92-95	1.430	0.80	0.25	0.45	0.45
3	Alfalfa seca al sol	14.0	2.0	26.0	1.20	0.18	88-90	1.250	0.55	0.20	0.35	0.35
4	Algodón, expeller 34	34.0	7.0	16.0	0.15	1.00	89-92	3.080	1.30	0.45	0.95	0.50
5	Algodón, harina 37	37.0	2.0	14.0	0.25	1.00	90-92	2.150	1.45	0.50	1.10	0.45
6	Arroz, afrechillo	13.5	13.0	12.0	0.10	1.30	87-90	3.250	0.60	0.25	0.50	0.10
7	Arroz, pulidos	12.0	13.0	5.0	0.04	1.30	87-90	3.900	0.55	0.20	0.45	0.10
8	Avena, grano	10.0	4.5	12.0	0.10	0.35	86-88	2.860	0.40	0.15	0.35	0.15
9	Avena, rabacillo	4.5	2.0	30.0	0.08	0.21	88-90	650	-	-	-	-
10	Brote de malta, seco	25.0	1.3	14.0	0.22	0.70	88-92	1.560	1.00	0.30	0.50	0.40
11	Burlanda de cereales	39.0	15.0	25.0	0.20	0.70	88-92	3.250	1.00	0.55	0.80	0.30
12	Calcita (carbonato de calcio)	-	-	-	36-38	-	-	100	-	-	-	-
13	Cama, parrilleros	16.5	2.4	15.0	3.50	1.65	86-88	-	-	-	-	-
14	Carne, harina 40	39.5	2.0	2.5	13.00	6.00	90-92	2.540	2.20	0.45	0.75	0.20
15	Carne, harina 40/45	41.0	10.0	2.5	12.00	5.60	90-92	2.650	2.55	0.50	0.80	0.25
16	Carne, harina 50/55	50.0	10.0	2.5	9.00	4.50	90-92	2.870	2.95	0.60	1.00	0.30
17	Carne, harina 60	60.0	11.0	2.0	5.50	3.00	90-92	2.550	3.45	0.70	1.15	0.35
18	Carne, harina 60/65	62.0	9.0	2.0	5.20	2.60	90-92	2.340	3.60	0.72	1.20	0.40
19	Cáscara de algodón	3.5	1.2	42.5	0.14	0.09	88-90	-	-	-	-	-
20	Cáscara de arroz	2.5	0.8	40.0	0.08	0.07	90-92	-	-	-	-	-
21	Cebada, grano	11.5	2.0	7.0	0.06	0.37	86-88	3.215	0.40	0.15	0.30	0.15
22	Cítricos, pulpa deshidratada	10.0	4.5	12.0	2.0	0.12	90-92	2.860	0.20	0.10	0.20	0.05
23	Conchilla	-	-	-	36-38	-	100	-	-	-	-	-
24	Galletitas, descarte	8.6	10.0	1.0	0.05	0.15	90-92	3.460	-	-	-	-
25	Girasol, expeller 33	33.0	8.0	22.0	0.35	0.85	90-92	3.060	1.40	1.00	1.60	0.35
26	Girasol, harina 34	34.00	3.0	20.0	0.35	0.90	90-92	2.790	1.50	1.10	1.70	0.50
27	Girasol, harina 36	36.0	2.0	18.0	0.40	1.00	90-92	2.875	1.60	1.15	1.80	0.45
28	Gluten feed	23.0	2.0	8.0	0.25	0.70	90-92	3.060	0.50	0.30	0.60	0.20
29	Gluten meal	60.0	2.5	3.5	-	0.40	90-92	4.000	1.35	1.50	2.40	0.30
30	Guano de jaulas	22.0	3.0	9.0	6.50	2.75	88-90	-	-	-	-	-
31	Hueso, harina común	8.0	-	-	24.00	11.00	92-94	-	-	-	-	-
32	Hueso, harina especial	5.0	-	-	29.00	14.00	94-96	-	-	-	-	-
33	Hueso, ceniza	-	-	-	32.00	15.00	96-98	-	-	-	-	-

² **Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition (1998).** Subcommittee on Swine Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council. 212 Pag. ISBN-10: 0-309-05993-3

Número	INGREDIENTES	COMPOSICIÓN PROXIMAL						ENERGÍA	AMINOÁCIDOS			
		Proteína Bruta (%)	Ext. Etéreo (%)	Fibra Bruta (%)	Calcio (%)	Fósforo total (%)	Materia seca (%)	E.D. Porcinos (Kcal/kg)	Lisina (%)	Metionina (%)	Metionina + cisteína (%)	Triptófano (%)
34	Leche, harina descremada	32.0	0.9	0.2	1.30	1.00	92-94	3.790	2.30	0.95	1.35	0.40
35	Leche, harina entera	24.0	25.0	-	1.00	0.75	92-94	5.160	1.75	0.70	1.00	0.30
36	Lino, expeller 33	33.0	7.0	9.0	0.40	0.80	90-92	3.400	1.15	0.55	1.15	0.50
37	Lino, harina 36	36.0	2.0	9.0	0.44	0.89	90-92	3.000	1.30	0.60	1.30	0.60
38	Maíz, grano, anaranjado común	9.0	4.0	2.0	0.02	0.27	86-88	3.500	0.20	0.15	0.30	0.08
39	Maíz, grano, anaranjado de primera	9.5	4.0	1.8	0.03	0.30	86-88	3.550	0.25	0.20	0.35	0.1
40	Maíz con manto	7.5	3.3	8.7	0.04	0.25	86-88	2.850	-	-	-	-
41	Maíz, rabeclillo	10.5	6.0	5.0	0.05	0.50	88-90	3.590	0.40	0.20	0.35	0.10
42	Maíz en espiga	7.9	2.5	11.0	0.05	0.27	85-90	2.750	-	-	-	-
43	Mant, expeller 42	42.0	8.0	7.5	0.15	0.50	90-92	3.600	1.35	0.35	0.95	0.41
44	Mant, harina 45	45.0	2.5	7.0	0.18	0.55	90-92	3.150	1.50	0.45	1.10	0.45
45	Mant, harina 47	47.0	2.0	6.5	0.18	0.55	90-92	3.450	1.55	0.50	1.15	0.47
46	Melaza de caña	3.0	-	-	0.90	0.10	73-76	2.400	-	-	-	-
47	Mijo y/o moha	11.5	3.5	7.0	0.05	0.30	88-90	2.880	0.20	0.25	0.50	0.10
48	Pescado, harina 60	60.0	8.0	1.0	6.00	3.00	90-92	3.080	4.80	1.70	2.40	0.70
49	Pescado, harina 60/65	62.5	6.0	1.0	5.60	2.80	90-92	3.050	5.00	1.75	2.50	0.75
50	Sangre, harina (común)	80.0	1.5	1.0	0.29	0.22	90-92	2.670	6.20	0.80	2.25	0.90
51	Sangre, harina (extra)	83.0	1.5	1.0	0.25	0.20	92-94	2.680	6.70	0.85	2.35	0.94
52	Soja, harina 43	43.0	2.0	6.5	0.25	0.65	90-93	3.230	2.70	0.60	1.25	0.60
53	Soja, harina 45	45.0	1.0	5.0	0.20	0.65	90-93	3.270	2.90	0.65	1.35	0.65
54	Sorgo, grano 9	9.0	3.0	1.8	0.02	0.30	86-88	3.500	0.20	0.15	0.30	0.10
55	Sorgo, grano 11	11.0	2.5	2.0	0.02	0.31	86-88	3.450	0.25	0.20	0.35	0.15
56	Trigo, atrechillo	16.0	4.0	8.0	0.10	1.10	88-90	3.180	0.60	0.20	0.40	0.30
57	Trigo, atrecho	15.0	4.0	10.0	0.15	1.20	88-90	2.200	0.50	0.15	0.35	0.25
58	Trigo, grano (comercial)	13.0	1.7	2.8	0.05	0.40	86-88	3.520	0.40	0.20	0.40	0.15
59	Trigo, gran (liviano)	12.0	2.0	3.0	0.05	0.40	86-88	3.190	0.35	0.15	0.35	0.10
60	Trigo, subproducto mezcla	15.0	4.0	8.0	0.10	1.00	88-90	3.100	0.50	0.15	0.35	0.20

Antes de utilizar alimentos no convencionales deberán analizarse las recomendaciones de uso de cada uno de ellos dadas por sus aportes, la presencia de sustancias antinutricionales o tóxicas y sus efectos sobre la calidad de la canal obtenida. Hay ingredientes que pueden transmitir olor desagradable a la carne del cerdo, como por ejemplo la harina de pescado (concentrado proteico) ofrecida a los cerdos en terminación. El poroto de soja desactivado utilizándolo hasta los 90 kg no influye en la calidad de la grasa corporal, a partir de este peso si se alimenta al cerdo con poroto de soja desactivado se obtienen grasas amarillas y blandas, fácilmente enranciadas por la presencia de ácidos grasos insaturados, fundamentalmente linoléico (Spiner, 1994).

Requerimientos nutricionales

Definición

El concepto más básico de requerimiento para cualquier nutriente, se puede definir como la cantidad de ese nutriente que debe ser entregado en la dieta para satisfacer el REQUERIMIENTO NETO.

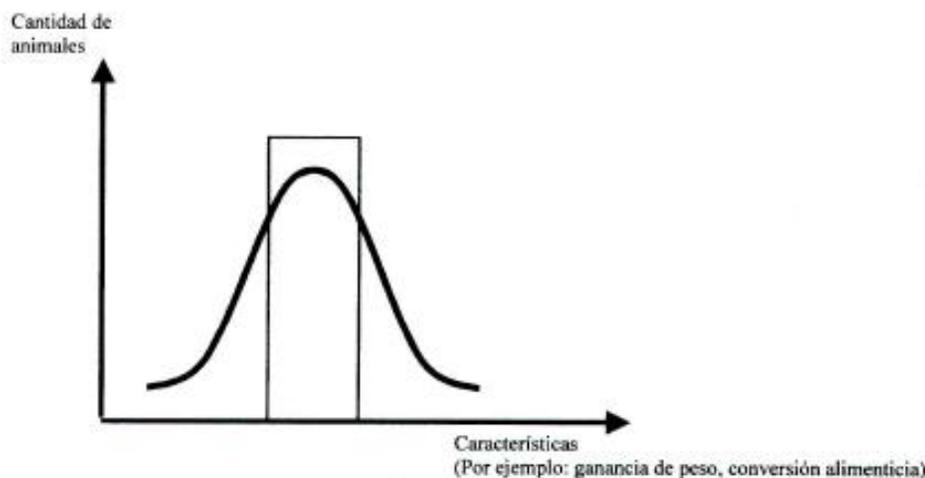
A su vez, se entenderá por REQUERIMIENTO NETO la cantidad de un nutriente que debe ser absorbido por un **animal normal y sano**, entregado en una **dieta completa**, en un **ambiente compatible** con un buen estado sanitario, en orden a satisfacer las necesidades de manutención, incluido el reemplazo de pérdidas obligatorias, y para manifestar los ritmos de producción y reproducción.

Agricultural Research Council (ARC)

Conviene destacar algunos conceptos:

- **Animal normal**: un animal normal es aquel que se encuentra próximo a la media aritmética (promedio) de una característica dada (ganancia de peso, conversión alimenticia, etc.); son los animales con mayor frecuencia dentro de una población dada para tal característica.

Figura 2: distribución normal de características productivas



- **Sano**: que está libre de enfermedades.
- **Dieta completa**: que tenga todos los nutrientes que el animal necesita.
- **Ambiente compatible** con un buen estado sanitario: los requerimientos están calculados para condiciones de termoneutralidad.

Métodos empleados para estimar los requerimientos nutricionales

La estimación de los requerimientos nutricionales fueron realizadas usando distintos métodos (Rerat, 1972 a,b; Morri, 1983; Baker; 1986). Sin embargo, son dos los métodos más empleados.

Método Factorial

Este método tiene en cuenta: las pérdidas obligatorias de nutrientes, el nivel de nutriente depositado en los tejidos o secretado en los productos (por ejemplo, leche) y considera todas las correcciones por la eficiencia de utilización de los nutrientes para mantenimiento y para los procesos productivos. La principal ventaja de este método está en que describe las necesidades de los nutrientes en relación a procesos biológicos. Su principal desventaja aparece en la dificultad que representa describir exactamente los procesos biológicos y las eficiencias derivadas de la utilización de los nutrientes.

Método empírico

Este se basa en estudios donde todos los nutrientes de la dieta son entregados a la categoría de cerdos en análisis, en los niveles adecuados, a excepción del nutriente bajo estudio. El nivel de este último nutriente se hace variar para distintos tratamientos experimentales y se evalúa la relación entre el consumo de cada uno de estos niveles con algunas mediciones de performance de los animales. Entonces el requerimiento de este nutriente será el consumo de este que corresponde al máximo o cercano a la máxima performance de los animales. El método empírico se usó en el pasado, particularmente para la determinación de los requerimientos de aminoácidos. Son tres los problemas que pueden aparecer al usar este método. Primero, asegurar un adecuado nivel de nutrientes excepto el del nutriente en estudio implica conocer los requerimientos de todos los nutrientes previamente. Esto no siempre es así. Una forma de corregir este problema consiste en ofrecer todos los nutrientes en exceso, salvo el analizado. Sin embargo, esta práctica puede llevar al desbalance de la dieta y este puede alterar los resultados del estudio. Segundo, no está generalmente aceptado que una simple medición de respuesta y consecuentemente la determinación de los requerimientos del nutriente en estudio variará el tipo de respuesta medido. Tercero, hay controversia acerca del apropiado modelo estadístico. Algunos investigadores consideran requerimiento de un nutriente al consumo de este que corresponde con la respuesta máxima del animal, mientras que para otros científicos, el requerimiento apropiado corresponde con el consumo de este el cual produce una respuesta no significativamente menor que el máximo.

Publicaciones de requerimientos nutricionales estimados

En cerdos hay distintas fuentes para obtener los requerimientos estimados (todas ellas elaboradas por comité de expertos). A modo de ejemplo, se presenta en esta publicación en forma de cuadros (cuadro 4 a, b, c, d, e, f, g, h e i).

Estas recomendaciones nutricionales se han ido transformando en la base científica de la nutrición animal, en este caso la porcina, de los sistemas confinados, semi confinados o a campo.

Las distintas escuelas o corrientes de opinión, han establecido los requerimientos y parámetros nutricionales a través de comisiones especiales o grupos de trabajo, los cuales a partir de la selección de información científica han ido elaborando las recomendaciones que sirven de base para una adecuada nutrición animal.

El grupo de trabajo de la escuela inglesa se conoce como Agricultural Research Council (ARC) comenzando su publicación de requerimientos en el año 1967 (ARC, 1967) y su última edición en 1981 (ARC, 1981).

En Estados Unidos existe un subcomité de nutrición porcina dependiente del National Research Council (NRC). Su primera publicación data de 1944 (NRC, 1944). Desde esa fecha el subcomite ha publicado diez revisiones, siendo la última editada en 1998. (NRC, 1998). Un resumen de los cuadros de esta edición son incluidos en esta publicación (cuadros 4 – pág. 9 a 14³).

Cuadro 4 a: Requerimientos de nutrientes de cerdos en crecimiento alimentados ad libitum (alimento con 90 % de materia seca). En porcentaje o cantidades por kilo de alimento. (a)

	Peso Vivo (kg)					
	3 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 50	50 – 80	80 – 120
Peso promedio	4	7.5	15	35	65	100
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400	3400	3400	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265	3265	3265	3265	3265
Ingesta esimada de E.D. (kcal/día)	855	1690	3400	6305	8760	10450
Ingesta esimada de E.M. (kcal/día)	820	1620	3265	6050	8410	10030
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	0.250	0.500	1000	1855	2575	3075
Proteína bruta (%) c	26.00	23.70	20.90	18.00	15.50	13.20
AMINOACIDOS d						
Lisina total (%) e	1.50	1.35	1.15	0.95	0.75	0.60
Metionina total (%) e	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.16
Metionina + Cistina total (%) e	0.86	0.76	0.65	0.54	0.44	0.35
Triptofano total (%) e	0.27	0.24	0.21	0.17	0.14	0.11
Treonina total (%) e	0.98	0.86	0.74	0.61	0.51	0.41
MINERALES – VITAMINAS f						
Calcio (%) j	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45
Fósforo total (%) j	0.70	0.65	0.60	0.50	0.45	0.40
Fósforo disponible (%) j	0.55	0.40	0.32	0.23	0.19	0.15
Zinc (mg/kg alimento)	100	100	80	60	50	50
Vit. A (UI/kg)	2200	2200	1750	1300	1300	1300
Riboflavina (mg/kg)	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	2.00

³ NRC98. Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition. 1998. National Research Council. U.S.A. La presente Tabla es una adaptación de las tablas de requerimientos de nutrientes de los cerdos editadas por el NRC en 1998. (Traducción y adaptación: Ing. Agr. Alberto 1. Echevarría).

- a-** Proporción de sexos en el grupo: Relación 1:1 capones/cachorras. Cerdos con media a alta tasa de crecimiento en tejido magro (325 gr./día de tejido magro libre de grasa, entre 20-120 Kg. de peso vivo).
- b-** Se asume que la E. M. representa el 96 % de la E. D. En dietas maíz-harina de Soja, con estos niveles de proteína, la E. M. es el 94-96 % de la E. D.
- c-** Los niveles de Proteína Cruda se refieren a dietas maíz-harina de soja. En dietas de cerdos de 3-5 kg, de peso conteniendo plasma o productos lácteos deshidratados el nivel de P.C. será 2-3 % menor de lo especificado.
- d-** Los requerimientos totales de aminoácidos se basan en el siguiente tipo de dietas: Cerdos de 3-5 kg.: maíz-harina de soja con 5 % de plasma desecado y 25-50 % de productos lácteos desecados. Cerdos de 5-10 kg: Maíz-harina de soja, con 5-25 % de productos lácteos desecados. Cerdos de 10 -120 Kg de peso: maíz-harina de soja.
- e-** Los porcentajes de lisina total para cerdos de 3-20 Kg, son estimaciones a partir de datos empíricos. Los otros aminoácidos, para cerdos de 3-20 Kg., se basan en la proporción aminoácidos-lisina (sobre digestibilidad verdadera), con la salvedad de que hay muy pocos datos empíricos para avalar estas proporciones. Los requerimientos de aminoácidos para cerdos de 20-120 Kg, han sido estimados a partir de un modelo de crecimiento.
- f-** En esta Tabla se presentan solo algunos minerales y vitaminas. Las tablas originales de NRC 98 presentan un amplio listado de minerales y vitaminas. Los requerimientos de ciertos minerales y vitaminas pueden ser ligeramente superiores para cerdos con alto crecimiento en tejido magro (> 325gr./día de magro).
- j-** Los porcentajes de calcio, fósforo y fósforo disponible deben incrementarse en un porcentaje de 0,05 a 0, 10, para padrillos en crecimiento y cachorras de reemplazo entre 50-120 kg, de peso vivo.

Cuadro 4 b: Requerimientos diarios de nutrientes de cerdos en crecimiento alimentados ad libitum (alimento con el 90 % de materia seca).

	Peso vivo (kg)					
	3 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - 80	80 - 120
Peso promedio	4	7.5	15	35	65	100
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400	3400	3400	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265	3265	3265	3265	3265
Ingesta esimada de E.D. (kcal/día)	855	1690	3400	6305	8760	10450
Ingesta esimada de E.M. (kcal/día)	820	1620	3265	6050	8410	10030
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	0.250	0.500	1000	1855	2575	3075
Proteína bruta (%) c	26.00	23.70	20.90	18.00	15.50	13.20
AMINOACIDOS TOTALES (g/día) d						
Lisina total e	3.8	6.7	11.5	17.5	19.7	18.5
Metionina total e	1.0	1.8	3.0	4.6	5.1	4.8
Metionina + Cistina total e	2.2	3.8	6.5	9.9	11.3	10.8
Tryptofano total e	0.7	1.2	2.1	3.2	3.6	3.4
Treonina total e	2.5	4.3	7.4	11.3	13.0	12.6
MINERALES - VITAMINAS f						
Calcio (g/día) j	2.25	4.00	7.00	11.13	12.88	13.84
Fósforo total (g/día) j	1.75	3.25	6.00	9.28	11.59	12.30
Fósforo disponible (g/día) j	1.38	2.00	3.20	4.27	4.89	4.61
Zinc (mg/kg alimento)	25.00	50.00	80.00	111.30	129.75	153.75
Vit. A (UI/kg)	550	1100	1750	2412	3348	3998
Riboflavina (mg/kg)	4.00	1.75	3.00	4.64	5.15	6.15

- a-** Proporción de sexos en el grupo: Relación 1:1 capones/cachorras. Cerdos con media a alta tasa de crecimiento en tejido magro (325 gr./día de tejido magro libre de grasa, entre 20-120 Kg. de peso vivo).
- b-** Se asume que la E. M. representa el 96 % de la E. D. En dietas Maiz-Harina de Soja, con estos niveles de proteína, la E. M. es el 94-96 % de la E. D.

c- Los niveles de Proteína Cruda se refieren a dietas maíz-harina de soja. En dietas de cerdos de 3-5 kg de peso conteniendo plasma o productos lácteos deshidratados el nivel de P-C- será 2-3 % menor de lo especificado.

d- Los requerimientos totales de aminoácidos se basan en el siguiente tipo de dietas: Cerdos de 3-5 kg: maíz-harina de soja con 5 % de plasma desecado y 25-50 % de productos lácteos desecados. Cerdos de 5-10 kg.: maíz-harina de soja, con 5-25 % de productos lácteos desecados. Cerdos de 10-120 Kg de peso: maíz-harina de soja.

e- Las estimaciones de requerimientos diarios de lisina total para cerdos de 3-20 Kg. son calculadas multiplicando los porcentajes de la Tabla 1 (estimados a partir de datos empíricos) por el consumo diario de alimento estimado. Los otros aminoácidos, para cerdos de 3-20 Kg., se basan en la proporción aminoácidos-lisina (sobre digestibilidad verdadera), con la salvedad de que hay muy pocos datos empíricos para avalar estas proporciones. Los requerimientos de aminoácidos para cerdos de 20-120 Kg han sido estimados a partir de un modelo de crecimiento.

f- En esta Tabla se presentan solo algunos minerales y vitaminas. Las tablas originales de NRC 98 presentan un amplio listado de minerales y vitaminas. Los requerimientos de ciertos minerales y vitaminas pueden ser ligeramente superiores para cerdos con alto crecimiento en tejido magro (> 325 gr./día de magro).

j- Las cantidades diarias de calcio, fósforo y fósforo disponible son ligeramente mayores para padrillos en crecimiento y cachorras de reemplazo entre 50-120 kg, de peso vivo.

Cuadro 4 c: Requerimientos de energía y de aminoácidos de cerdas en gestación en porcentajes o cantidades por kilogramo de alimento. (alimento con 90% de ateria seca)

	Peso Vivo al servicio (kg)					
	125	150	175	200	200	200
	Ganancia de peso en la gestación (kg) a					
	55	45	40	35	30	35
	Tamaño de camada esperado					
	11	12	12	12	12	14
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400	3400	3400	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265	3265	3265	3265	3265
Ingesta esimada de E.D. (kcal/día)	6660	6265	6405	6535	6115	6275
Ingesta esimada de E.M. (kcal/día)	6395	6015	6150	6275	5870	6025
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	1.96	1.84	1.88	1.92	1.80	1.85
Proteína bruta (%) c	12.9	12.8	12.4	12.0	12.1	12.4
AMINOÁCIDOS c						
Lisina total (%)	0.58	0.57	0.54	0.52	0.52	0.54
Metionina total (%)	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14
Metionina + Cistina total (%)	0.37	0.38	0.37	0.36	0.36	0.37
Triptofano total (%)	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11
Treonina total (%)	0.44	0.45	0.44	0.43	0.44	0.45

a- La ganancia de peso incluye los tejidos maternos y los productos de la concepción

b- Se asume que la E.M. es el 96% de la E.D.

c- La Proteína Bruta y los requerimientos de aminoácidos totales se basan en una dieta maíz-harina de soja.

Cuadro 4 d: Requerimientos de algunos minerales y vitaminas para cerdas en gestación y lactantes. Valores expresados en porcentaje o cantidades por kilogramo de alimento (90% de materia seca).

	Gestación	Lactación
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265
Ingesta esimada de E.D. (kcal/día)	6290	17850
Ingesta esimada de E.M. (kcal/día) b	6040	17135
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	1.85	5.25
MINERALES (% o cantidades/kg de dieta)		
Calcio (%)	0.75	0.75
Fósforo total (%)	0.60	0.60
Fósforo disponible (%)	0.35	0.35
Zinc (mg/kg de dieta)	50	50
VITAMINAS		
Vitamina A (U.I./kg de dieta)	4000	2000
Vitamina D3 (U.I./kg de dieta)	200	200
Vitamina E (U.I./kg alimento)	44	44
Niacina disponible (mg/kg dieta) c	10	10
Riboflavina (mg/kg de dieta)	3.75	3.75
Vitamina B12 (µgr/kg)	15	15
Colina (gr/kg)	1.25	1.30

a- Los requerimientos se basan en un consumo diario de alimento de 1.85 kg y de 5.25 kg para gestación y lactación respectivamente. Si se consumen menores cantidades por día, los porcentajes de nutrientes deben ser incrementados.

b- Se asume que la E.M. es el 96% de la E.D.

c- La niacina en el maíz, sorgo, trigo y cebada no está disponible. Lo mismo ocurre en los subproductos de estos cereales, a menos que tengan un proceso de fermentación o de moliendo húmeda.

Cuadro 4 e: Requerimientos diarios de energía y de aminoácidos de cerdas en gestación (alimento con 90% de materia seca)

	Peso Vivo al servicio (kg)					
	125	150	175	200	200	200
	Ganancia de peso en la gestación (kg) a					
	55	45	40	35	30	35
	Tamaño de camada esperado					
	11	12	12	12	12	14
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400	3400	3400	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265	3265	3265	3265	3265
Ingesta esimada de E.D. (kcal/día)	6660	6265	6405	6535	6115	6275
Ingesta esimada de E.M. (kcal/día)	6395	6015	6150	6275	5870	6025
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	1.96	1.84	1.88	1.92	1.80	1.85
Proteína bruta (%) c	12.9	12.8	12.4	12.0	12.1	12.4
AMINOÁCIDOS c						
Lisina total (g/día)	11.4	10.6	10.3	9.9	9.4	10.0
Metionina total (g/día)	2.9	2.7	2.6	2.6	2.4	2.6
Metionina + Cistina total (g/día)	7.3	7.0	6.9	6.8	6.5	6.9
Triptofano total (g/día)	2.2	2.0	2.0	1.9	1.8	2.0
Treonina total (g/día)	8.6	8.3	8.3	8.2	7.8	8.3

a- La ganancia de peso incluye los tejidos maternos y los productos de la concepción

b- Se asume que la E.M. es el 96% de la E.D.

c- La Proteína Bruta y los requerimientos de aminoácidos totales se basan en una dieta maíz-harina de soja.

Cuadro 4 f: Requerimientos diarios de algunos minerales y vitaminas para cerdas en gestación y lactantes (90% de materia seca).

	Gestación	Lactación
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265
Ingesta esimada de E.D. (kcal/día)	6290	17850
Ingesta esimada de E.M. (kcal/día) b	6040	17135
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	1.85	5.25
MINERALES (% o cantidades/kg de dieta)		
Calcio (g/día)	13.9	38.4
Fósforo total (g/día)	11.1	31.5
Fósforo disponible (g/día)	6.5	18.4
Zinc (mg/día)	93	263
VITAMINAS		
Vitamina A (U.L/kg de dieta)	7400	10500
Vitamina D3 (U.L/kg de dieta)	370	1050
Vitamina E (U.L/kg alimento)	81	231
Niacina disponible (mg/kg dieta)	19	53
Riboflavina (mg/kg de dieta)	6.9	19.7
Vitamina B12 (µgr/kg)	28	79
Colina (gr/kg)	2.3	5.3

a- Los requerimientos se basan en un consumo diario de alimento de 1.85 kg y de 5.25 kg para gestación y lactación respectivamente. Si se consumen menores cantidades por día, los porcentajes de nutrientes deben ser incrementados.

b- Se asume que la E.M. es el 96% de la E.D.

c- La niacina en el maíz, sorgo, trigo y cebada no está disponible. Lo mismo ocurre en los subproductos de estos cereales, a menos que tengan un proceso de fermentación o de moliendo húmeda.

Cuadro 4 g: Requerimientos de energía y de aminoácidos de cerdas en lactancia. Valores expresados en porcentajes o cantidades por kilogramo de alimento (alimento con 90% de materia seca).

	Peso de las cerdas post-parto (kg)					
	175	175	175	175	175	175
Cambio de peso esperado en la lactación (kg) a						
	0	0	0	-10	-10	-10
Ganancia diaria de peso en los lechones (g/día) a						
	150	200	250	150	200	250
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400	3400	3400	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265	3265	3265	3265	3265
Ingesta esimada de E.D. (kcal/día)	14645	18205	21765	12120	15680	19240
Ingesta esimada de E.M. (kcal/día)	14060	17475	20895	11635	15055	18470
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	4.31	5.35	6.40	3.56	4.61	5.66
Proteína bruta (%) c	16.3	17.5	18.4	17.2	18.5	19.2
AMINOACIDOS c						
Lisina total (%)	0.82	0.91	0.97	0.89	0.97	1.03
Metionina total (%)	0.21	0.23	0.24	0.22	0.24	0.26
Metionina + Cistina total (%)	0.40	0.44	0.46	0.44	0.47	0.49
Triptofano total (%)	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19
Treonina total (%)	0.54	0.58	0.61	0.58	0.63	0.65

a- Se asumen 10 lechones por camada y un promedio de lactación de 21 días.

b- Se asume que la E.M. es el 96% de la E.D. En dietas maíz-harina de soja, con estos contenidos de proteína la E.M. está en el 95-96% de la E.D.

c- Los requerimientos de Proteína Bruta y de aminoácidos totales se basan en una dieta maíz-harina de soja.

Cuadro 4 h: Requerimientos diarios de energía y de aminoácidos de cerdas en lactación (alimento con 90% de materia seca)

	Peso de las cerdas post-parto (kg)					
	175	175	175	175	175	175
	Cambio de peso esperado en la lactación (kg) a					
	0	0	0	-10	-10	-10
	Ganancia diaria de peso en los lechones (g/día) a					
	150	200	250	150	200	250
E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400	3400	3400	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg) b	3265	3265	3265	3265	3265	3265
Ingesta estimada de E.D. (kcal/día)	14645	18205	21765	12120	15680	19240
Ingesta estimada de E.M. (kcal/día)	14060	17475	20895	11635	15055	18470
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	4.31	5.35	6.40	3.56	4.61	5.66
Proteína bruta (%) c	16.3	17.5	18.4	17.2	18.5	19.2
AMINOACIDOS c						
Lisina total (g/día)	35.3	48.6	61.9	31.6	44.9	58.2
Metionina total (g/día)	8.8	12.2	15.6	7.9	11.3	14.6
Metionina + Cistina total (g/día)	17.3	23.4	29.4	15.7	21.7	27.8
Triptofano total (g/día)	6.3	8.6	11.0	5.9	8.2	10.6
Treonina total (g/día)	23.0	31.1	39.1	20.8	28.8	36.9

a- Se asumen 10 lechones por camada y un promedio de lactación de 21 días.

b- Se asume que la E.M. es el 96% de la E.D. En dietas maíz-harina de soja, con estos contenidos de proteína la E.M. está en el 95-96% de la E.D.

c- Los requerimientos de Proteína Bruta y de aminoácidos totales se basan en una dieta maíz-harina de soja.

Cuadro 4 i: Requerimientos de algunos aminoácidos, minerales y vitaminas para padrillos sexualmente activos (90% de materia seca).

E.D. de la Dieta (kcal/kg)	3400	3400
E.M. de la Dieta (kcal/kg)	3265	3265
Ingesta estimada de E.D. (kcal/día)	6800	6800
Ingesta estimada de E.M. (kcal/día)	6530	6530
Ingesta estimada de alimento (kg/día)	2.00	2.00
Proteína bruta (%) b	13.0	13.0
	Requerimientos	
	% o Cantidad /kg dieta	Cantidades/día
AMINOACIDOS (sobre base total)		
Lisina total	0.60 %	12.0 g/día
Metionina	0.16 %	3.2 g/día
Metionina + Cistina	0.42 %	8.4 g/día
Triptofano	0.12 %	2.4 g/día
Treonina	0.50 %	10.0 g/día
MINERALES		
Calcio	0.75 %	15.0 g/día
Fósforo total	0.60 %	12.0 g/día
Fósforo disponible	0.35 %	7.0 g/día
Zinc	50 mg/kg	100 mg/día
VITAMINAS		
Vitamina A	4000 U.I./kg	8000 U.I./día
Vitamina D3	200 U.I./kg	400 U.I./día
Vitamina E	44 U.I./kg	88 U.I./kg
Niacina disponible c	10 mg/kg	20 mg/día
Riboflavina	3.75 mg/kg	7.5 mg/día
Colina	1.25 g/kg	2.5 g/día
Vitamina B12	15 µg/kg	30.0 µg/día

a- Los requerimientos están basados en un consumo de 2,0 kg de alimento por día. Puede ser necesario ajustar el consumo de alimento de acuerdo al peso del padrillo y a la ganancia de peso deseada.

b- Se asume una dieta en base a maíz-harina de soja. Se estableció el requerimiento de lisina en 0.60% (12.0 g/día). Los otros aminoácidos fueron calculados, sobre una base total, usando proporciones con la lisina, como se realizó con la gestación.

c- La niacina en el maíz, sorgo, trigo y cebada no está disponible. Lo mismo ocurre en los subproductos de estos cereales, a menos que tengan un proceso de fermentación o de molienda húmeda.

Actualmente se dispone de otras frentes de recomendaciones nutricionales tal es el caso de los requerimientos de la escuela francesa. Al igual que las escuelas anteriores que trabajaron con grupos de expertos, los franceses las elaboraron a partir del aporte de investigadores del Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1984).

Principales funciones de los nutrientes requeridos por los cerdos y alimentos convencionales que los aportan

El cerdo a través del alimento incorpora distintos nutrientes, los cuales cumplen diferentes funciones:

1.- Hidratos de Carbono:

- a) precursores de las grasas
- b) estructura para otros nutrientes
- c) principal frente de energía.

2.- Lípidos:

- a) frente energética.
- b) estructura para otros nutrientes.
- c) frente de ácidos grasos esenciales (Ac, linoleico y linolénico).

Para los hidratos de carbono y las grasas, las principales fuentes alimenticias son los cereales: maíz, sorgo, cebada, trigo y las grasas, siendo además muy apetecibles y digeribles por parte del cerdo.

3.- Proteínas:

- a) estructuras básicas: colágeno, elastina, queratina.
- b) metabolitos: enzimas (procesos digestivos, degradativos y de síntesis), hormonas, anticuerpos inmunitarios y transmisión hereditaria.
- c) frente de energía (después de la desaminación las estructuras de carbono en exceso pasan como tal al cuerpo del animal y van a formar parte de la grasa dorsal).
- d) producción de proteína tisular (músculo -carne magra-).
- e) crecimiento fetal y producción de leche.

Las fuentes de proteínas vegetales más importantes son las harinas de soja, de girasol, de canola, de alfalfa y el afrechillo de trigo.

Las fuentes de proteínas animal son las harinas carne y huesos, de pescado, la leche en polvo, el suero de queso, el plasma, la harina de sangre spray y el huevo.

Sin embargo el animal no necesita proteínas "per se" sino aminoácidos; de los 20 aminoácidos que existen hay 9 que se consideran esenciales:

- 1.- Lisina
- 2.- Metionina + Cistina
- 3.- Treonina
- 4.- Triptofano.
- 5.- Isoleucina.
- 6.- Leucina
- 7.- Histidina
- 8.- Fenilalanina + Tirosina
- 9.- Valina.

El cerdo necesita los 20 aminoácidos, pero estos nueve "esencialmente" deben ofrecerse en el alimento debido a que el animal por si solo o a partir de otros nutrientes no los puede sintetizar. A los once aminoácidos no esenciales el animal los puede sintetizar a partir de Hidratos de Carbono y otros nutrientes. Sin embargo, de estos AA también deben considerarse su aporte, fundamentalmente por su relación con la integridad de las mucosas intestinales, la respuesta inmune y el mantenimiento.

Cistina y Tirosina son considerados aminoácidos semi-esenciales ya que pueden ser sintetizados por el cerdo a partir de metionina y fenilalanina respectivamente. Por consiguiente, los requerimientos de aminoácidos incluyen la suma de metionina + cistina (aminoácidos azufrados) y fenilalanina + tirosina (aminoácidos aromáticos), respectivamente.

Arginina debe considerarse también semi-esencial. La arginina es sintetizada en el ciclo de la urea cuando esta es producida por exceso de nitrógeno. Como lo muestra la revisión realizada por Boisen (1997) la arginina está en exceso en todas las dietas comúnmente usadas en cerdos.

Asimismo este aminoácido es precursor del óxido nítrico y junto a la metionina participa en la ruta metabólica de síntesis de las poliaminas.

De los 9 aminoácidos esenciales, hay algunos que son limitantes y su explicación está dada por la ley del mínimo, ellos son: Lisina, Triptofano, Metionina y en algunos casos también Treonina. Generalmente estos aminoácidos están en el nivel requerido o más comúnmente se encuentran en déficit cuando se formulan dietas en base a maíz y harina de soja. El más limitante de todos, en este caso, es la Lisina, siguiéndole el Triptofano y luego la Metionina.

En determinadas ocasiones algunos AA no esenciales pueden ser considerados esenciales, debidos a una baja capacidad de síntesis endógena o unos mayores requerimientos para un óptimo estado del animal. Por ejemplo, en los lechones la arginina y la prolina pueden considerarse esenciales debido a su baja capacidad de síntesis (Mateos y Medel, 2003).

Por otro lado, ciertos AA no esenciales, a pesar de poderse sintetizar, tienen importancia metabólica aparte de ser constituyentes de la proteína. La glutamina-glutámico es el AA libre más abundante en el organismo, es utilizado como fuente energética para los enterocitos y en la síntesis de los nucleótidos (junto con el Asp y Gly). Se han observado efectos beneficiosos en estados de daño de la mucosa intestinal. También pueden ser necesarios en situaciones de activación del sistema inmune con alta multiplicación celular. Asimismo el glutamato es precursor de la síntesis del neurotransmisor GABA. También es el AA más importante en las rutas metabólicas de neosíntesis de otros aminoácidos no esenciales (Mateos y Medel, 2003).

De acuerdo a Mateos y Medel (2003), diferentes autores han estudiado la relación óptima en AA esenciales sobre la proteína total de la dieta en diferentes especies, las principales conclusiones son:

- Es bastante similar en las distintas especies estudiadas, encontrándose los valores medios entre el 55-60% para la producción e inferiores a 15-25% para el mantenimiento.
- Aumenta al disminuir el contenido en proteína de la dieta.
- Existe un amplio rango de variación de la relación cerca del nivel óptimo a partir del cual apenas se aprecian cambios productivos.
- Tanto niveles excesivamente altos como bajos de la relación, tienen efectos perjudiciales sobre la producción.
- A pesar de poder ser sintetizados los AA no esenciales a partir de la proteína de la dieta, es preferible aportarlos en proporciones cercanas a los requerimientos.

4.- Minerales:

- a) formación y manutención del esqueleto.
- b) constitución de núcleo-proteínas.
- c) transporte de oxígeno.
- d) participación de reacciones químicas tisulares.
- e) balance de los fluidos (presión osmótica y excreción)
o regulación del balance ácido-base.
- g) activadores de sistemas enzimáticos.

El calcio y el fósforo son importantes para el desarrollo del esqueleto pero también tienen su presencia en los tejidos blandos (vital importancia). Una deficiencia de ambos o una mala relación producirán una defectuosa mineralización, pero además producirá una reducción en el crecimiento y/o en la función reproductora.

Las fuentes más comunes de minerales son inorgánicas (se extraen de la naturaleza).

El calcio, fósforo y magnesio se encuentran en los huesos (harina de carne y hueso, ceniza de hueso, harina de hueso) o en los fosfatos bi, mono o tricalcicos.

Las principales fuentes de calcio son el carbonato de calcio y la conchilla de ostras, ambos se deben suministrar molidos finos para que los pueda utilizar el cerdo.

El fósforo se encuentra en los cereales en forma de fitatos, que son mal utilizados por el cerdo. Se considera que la disponibilidad del fósforo en los cereales es del 20 al 30 %.

Los microminerales (hierro, zinc, manganeso, yodo y selenio) y el resto de los macronutrientes (sodio, cloro y potasio) se aportan a través de una mezcla balanceada (núcleo) o en forma aislada a través de sales puras (por ejemplo: óxido de Zinc, cloruro de sodio).

La fuente de cloro y sodio es la sal (cloruro de sodio), siendo importante su incorporación para el normal crecimiento.

5.- Vitaminas:

- a) formación de huesos.
- b) manutención de epitelios.
- c) visión.
- e) metabolismo de carbohidratos.
o proceso de crecimiento.
- g) estructura muscular.
- h) manutención de la reproducción.
- i) otros.

Cada vez son más necesarias debido a la fabricación de alimentos cada vez más simples, con pocos ingredientes y al tipo de explotación intensiva con mayores exigencias.

Se clasifican en Liposubles (A-D-E-K) y en Hidrosobles (las del grupo B, Nicotínico, Fólico, Pantoténico, Biotina y Colina). Las primeras se expresan en Unidades Internacionales y las segundas en miligramos (mg).

La estabilidad de las vitaminas (algunas son más inestables que otras) es afectada por los siguientes factores: calor, humedad, oxidación, temperatura, luz, pH,

minerales y electrolitos, por lo que los núcleos vitamínicos tienen una gran importancia en cuanto a su calidad y características de estabilidad.

Algunas vitaminas pueden ser producidas en el organismo, pero se deben agregar a las dietas para obtener resultados óptimos de rendimiento.

En la práctica no se tienen en cuenta los niveles de vitaminas aportados por los cereales. Por lo tanto, se incorporan a través de los núcleos correctores.

Las fuentes de vitaminas y minerales pueden ser el compuesto puro o compuestos comerciales denominados núcleos o suplemento vitamínico-mineral.

6.- Energía (hidratos de carbono y lípidos):

- a) actividad metabólica mínima (mantenimiento).
- b) deposición de tejido graso (engorde).
- c) síntesis de nuevos tejidos (crecimiento y gestación).

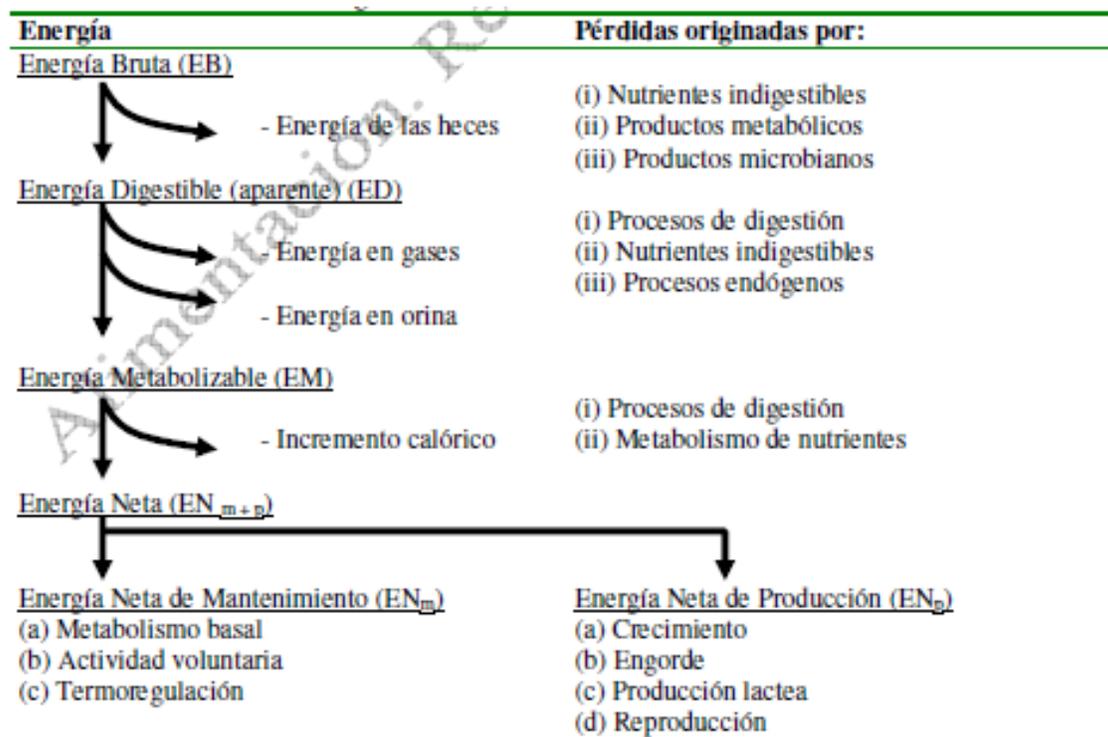
La energía de los alimentos que ingresa al cerdo es conocida como **Energía Bruta** (EB). Cuando esta energía entra al organismo parte se elimina por materia fecal y parte queda a disposición del organismo para ser absorbida, a esta se la llama **Energía Digestible** (ED). Parte de la energía digestible se elimina por orina (muy poco por gases) y la energía resultante es la **Energía Metabolizable** (EM). Parte del calor de la energía metabolizable se pierde en los procesos metabólicos, siendo la resultante la **Energía Neta** (EN).

Para establecer las necesidades de los cerdos la expresión de la energía más utilizada es la de Energía Metabolizable y se expresa en Kilocalorías de EM por kilo de alimento (Kcal/kg). A esta relación se la conoce como densidad energética del alimento.

Otra medida menos usada es el Megajoules (MJ), el cual es equivalente a 239 kcal de ED o a 230 Kcal de EM.

A partir de la energía bruta (EB) que recibe el cerdo en el alimento, el 80 % queda como energía digestible (ED), es decir que el 20 % se pierde en heces (nutrientes indigestibles del metabolismo del animal y microbiano). El 3% de la ED se pierde por orina mientras que la energía perdida por gases en monogástricos es muy baja, alrededor del 1%. Con las pérdidas que se producen entre la orina y los gases queda el 76% de la EB o el 96,5% de la ED, dando como resultado la energía metabolizable (EM). Parte de la EM se pierde como incremento calórico y queda la energía neta (EN), que se destina al mantenimiento (ENm) y a la producción (ENp) (Cuadro 5).

Cuadro 5: Partición de la energía.



Otro elemento vital para el cerdo es el agua, que cumple las siguientes funciones:

7.- Agua:

a) transporte de nutrientes:

Ejemplo de esta función está dado en el caso de la alimentación del lechón.

Si se pretende que un lechón comience a comer alimentos sólidos desde temprana edad, habría que ofrecerle agua, además de la leche.

b) regulación de la temperatura.

c) medio para las reacciones químicas.

d) lubricación.

e) producción de leche.

f) otras.

Probablemente sea el agua el más esencial y el más barato de todos los nutrientes.

El agua procede de la humedad de los alimentos, del metabolismo interno y fundamentalmente del **agua de bebida**.

La eliminación se produce por evaporación desde los pulmones, en la excreción por orina y heces y en secreciones como la leche.

Fallas en el suministro o en la calidad del agua tienen una gran influencia sobre el rendimiento y la salud de los cerdos.

Los factores que afectan las funciones del agua son:

- a) tipo de ración (cuando la ración es más seca el animal necesita más agua).
- b) estado fisiológico del animal (la categoría que más necesita es la lactancia, una cerda lactante en pleno verano puede requerir hasta 40 litros diarios).
- c) temperatura y humedad relativa.
- d) diarrea o problemas renales (deshidratación).
- e) manejo general.

El agua debe ser de calidad y ofrecida a voluntad, fresca y limpia.

La calidad debe ser controlada periódicamente (1 o 2 veces al año) tanto química como bacteriológicamente.

Alteraciones en su composición química produce disminución del consumo, diarreas, baja de las defensas y predisposición a problemas sanitarios, intoxicaciones, etc., pero fundamentalmente **bajos rendimientos productivos**.

Los excesos de Sulfatos producen efectos laxantes, baja ganancia diaria de peso, mala conversión alimenticia, nerviosismo, rigidez de articulaciones, etc.

Los Nitratos obstaculizan la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre al reducir la hemoglobina a metahemoglobina.

Alteraciones en su calidad microbiológica produce problemas sanitarios, ya que el agua, en este caso, es vehículo de bacterias como E. Coli, Salmoneras, Estreptococos, etc.

El alimento debe ser:

**Palatable
Económico.**

**Altamente digestible
Libre de sustancias antinutricionales y tóxicas**

Agua de calidad: a voluntad, fresca y limpia.

Factores que pueden alterar los requerimientos estimados

De acuerdo a Vieites (1997) existen once factores que pueden afectar los requerimientos estimados:

- 1.- Nivel de respuesta deseado.
- 2.- Condiciones de estrés.
- 3.- Interacción entre nutrientes.
- 4.- Disponibilidad de los nutrientes en los alimentos.
- 5.- Criterio empleado para fijar el nivel de requerimientos.
- 6.- Alimentos empleados para determinar el nivel de requerimientos.
- 7.- Medioambiente.
- 8.- Flora intestinal.
- 9.- Antimetabolitos y enzimas.
- 10-- Variaciones individuales.
- 11.- Enfermedades subclínicas.

1.- Nivel de respuesta deseado:

En los cuadros no sólo figuran los requerimientos para cada categoría de animales, sino que además se establece la ganancia diaria de peso que se puede lograr, el consumo de alimentos esperado, la eficiencia de conversión alimenticia, etc. Todo esto, lógicamente, si se cubren tales requerimientos, por ejemplo: si con un alimento determinado se pretende alcanzar una ganancia de peso o una eficiencia de conversión distinta a las publicadas en estas tablas no se va a lograr el objetivo con los mismos requerimientos, ya que cada requerimiento indicado en esta está calculado para una determinada ganancia diaria de peso.

2.- Condiciones de estrés:

Frente a situaciones de estrés aumentan los requerimientos, fundamentalmente de energía, por ejemplo: si se mezclan categorías de animales de distinto peso, se alterará el requerimiento de los mismos, como consecuencia de un estrés social, alejándose del valor estimado en las tablas.

3.- Interacción entre nutrientes:

No están especificadas en las tablas de requerimientos las interacciones entre nutrientes. Un ejemplo de interacción lo representa la relación del Calcio con el Zinc (Ca/Zn): el animal puede estar recibiendo el Zinc necesario, pero si paralelamente se le está entregando un alimento muy rico en calcio (que provoca un exceso de Calcio) se afectará el metabolismo del Zinc, disminuyendo su absorción (por un efecto antagónico) y se puede manifestar una enfermedad denominada paraqueratosis que produce manchas en la piel.

Otro ejemplo de interacciones es la que se producen entre aminoácidos.

Las dietas comunes ofrecidas a los cerdos son naturalmente desequilibradas en aminoácidos ya que para cubrir los requerimientos de los más limitantes se ofrecen en exceso el resto de los aminoácidos esenciales. Entre estos se encuentran: leucina, isoleucina y valina (AA ramificados); fenilalanina y tirosina (AA aromáticos) y arginina.

En este desequilibrio el exceso de proteína o de AA neutros (en este caso los AA ramificados) en relación al triptofano⁴ produce una disminución en la concentración de serotoninas a nivel cerebral (hipotálamo). La competencia entre los aminoácidos ramificados y el triptofano por los sitios de absorción (pasaje a través de las membranas-barrera intestinal o hematoencefálica-) es perjudicial para el más limitante de ellos, generalmente el triptofano. En otras palabras, un aporte en exceso de AA neutros en relación al triptofano (desequilibrio de AA) podría ser el origen de una disminución en la liberación de serotoninas, en los centros reguladores del apetito, por debajo del umbral necesario para mantener el consumo en su nivel óptimo. Este umbral es más bajo en las hembras que en los machos castrados, ellas son más exigentes en AA que los castrados.

Como consecuencia de esta competencia se reduce el consumo de alimento, por lo tanto es fundamental no elevar el nivel de estos aminoácidos, que ya cubren los requerimientos estimados, empleando aminoácidos sintéticos para alcanzar los requerimientos de los más limitantes. Además, en este caso de aumentar el consumo con la incorporación de aminoácidos sintéticos, existen otras ventajas tales como el aumento de la eficiencia, menos contaminación ambiental, etc.

Además de existir la interacción entre los aminoácidos, la baja proporción de alguno de ellos en la dieta produce determinados efectos no contemplados en las tablas de requerimientos. Por ejemplo: si la dieta posee niveles subóptimos de Lisina, el cerdo va a comer más para tratar de cubrir esa deficiencia (aumenta el consumo de alimento por unidad de peso metabólico, es decir en relación al mantenimiento). Un caso similar ocurre con la Treonina (Henry, 1995).

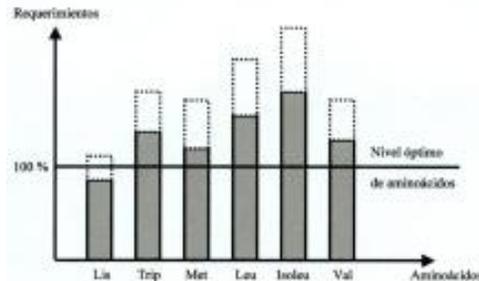
Ejemplo:

Si un animal necesita 5g de Lisina por día, y se le entrega una dieta que contiene 1% de Lisina, o sea 10g de Lisina por kilogramo de alimento, con 0,5kg de alimento el animal cubre el requerimiento diario de Lisina. Si en cambio, la dieta tuviera 0,8% de Lisina, el animal cubriría los 5 g diarios de Lisina consumiendo más de 0,625Kg de alimento, pero la eficiencia se empeora porque con este mayor consumo la ganancia de tejido magro es la misma.

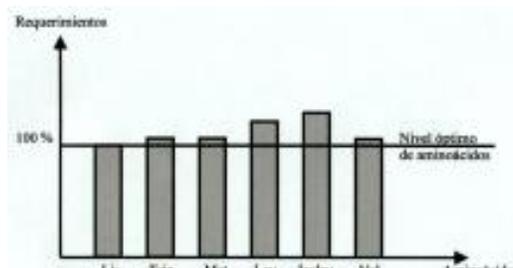
⁴ El triptofano es un aminoácido particularmente activo en el plano metabólico, especialmente debido a que es un precursor de la serotonina (5-hidroxitriptamina: 5-HT), la que está implicada en la regulación del consumo voluntario (apetito) a nivel cerebral, juntamente con otros neurotransmisores.

¿Qué ocurre al formular la dieta en base a proteína bruta (PB)?

Ejemplo: Ante una deficiencia en Lisina, ¿cómo se formula la dieta, basada en proteína bruta~ para cubrir los requerimientos de este aminoácido?



Se trata de llegar al óptimo de lisina suministrando más suplemento proteico (por ejemplo: harina de soja) en la ración, lo que incrementa el aporte de los demás AA (barra punteada), ya que el suplemento (en este caso, harina de soja) no sólo posee lisina. Muchos de estos AA ya estaban en exceso. De esta manera hay pérdida de eficiencia, ya que este exceso de aminoácidos debe ser desaminado y eliminado vía orina lo que por otro lado contribuye a la contaminación ambiental. Además, la energía que genera este proceso metabólico, dependiendo de ciertas condiciones, puede transformarse en grasa. Esa ineficiencia se puede controlar o manejar a través del uso de aminoácidos sintéticos, es decir si la Lisina es el AA limitante, no se justifica adicionar más suplemento proteico (por ejemplo: harina de soja o harina de carne) para aumentar este aminoácido. Se puede corregir dicha deficiencia administrando solamente Lisina bajo la forma de Lisina sintética (superior al 95% de lisina). De esta manera se puede lograr una proteína mejor balanceada en aminoácidos (proteína ideal):



El concepto de *Proteína Ideal* se refiere a un balance óptimo de aminoácidos (AA) de la dieta.

La *Proteína Digestible* es la que ingresa al torrente circulatorio a través de los aminoácidos.

El *Valor Biológico* de una proteína esta dado por la riqueza en los aminoácidos esenciales. Por eso no solo se debe tener en cuenta el nivel proteico de una materia prima, sino el contenido de aminoácidos como la Lisina, que es el más limitante para el cerdo.

4.-Disponibilidad de los nutrientes en los alimentos:

Los animales empleados en las experiencias conducentes a elaborar las tablas de requerimientos nutricionales recibieron la misma dieta base. Para la obtención de los requerimientos el comité estadounidense (NRC) empleó animales que consumieron una dieta (ofrecida en forma de harina) en base a maíz y harina de soja, en cambio los animales utilizados para la elaboración de las tablas del ARC consumieron una dieta (también ofrecida en forma de harina) en base a cebada y harina de pescado. Estos alimentos (cereales y harinas vegetales o animales) poseen una digestibilidad que varía entre 70 y 90%. En consecuencia, si los "alimentos base" a emplear en la formulación de la dieta son distintos a los empleados en las experiencias sobre las que se estimaron los requerimientos, estos tendrán que ser ajustados. Este ajuste se deberá hacer en base a la disponibilidad (digestibilidad), fundamentalmente, de su proteína y aminoácidos. Por ejemplo: si se emplea en la formulación afrechillo de trigo su proteína posee una digestibilidad de 70% mientras que la digestibilidad de la Treonina 55% (cuadro 6a). Por lo tanto en este caso deberá ajustarse el valor de este AA por su aporte real y esto se logra afectando el aporte de treonina que hace el afrechillo de trigo por su digestibilidad ($0.50\% \times 0.55 = 0.275\%$). Es decir el aporte de treonina que debe tenerse en cuenta para el caso de emplear afrechillo de trigo en la formulación de la dieta es de 0.275%. El mismo razonamiento vale para alimentos ricos en proteínas (cuadro 6b).

Cuadro 6: Digestibilidad ideal de la proteína, lisina, triptofano y treonina en alimentos para porcinos seleccionados (Vieites, 1997). -a) Cereales, b) concentrados proteicos.

a)

Granos y subproductos	Nutrientes			
	Proteína	Lisina	Triptofano	Treonina
Maíz	82	77	70	77
Sorgo	81	75	78	78
Cebada	75	73	73	69
Sémola de avena	84	82	81	78
Trigo	82	76	81	73
Harinilla de trigo	70	74	70	55
Gluten de maíz	51	40	32	46

b)

Concentrados protéicos	Nutrientes			
	Proteína	Lisina	Triptofano	Treonina
Harina de soja 40.0%	78	86	81	76
“ “ “ 40.5%	80	85	80	76
“ de sangre	87	92	89	87
“ de canola	69	73	71	66
“ de algodón	72	56	72	61
“ de pescado	78	84	72	82
“ de carne y hueso	65	66	54	54
“ de maní	73	66	74	61
“ de girasol	73	78	76	70
Leche descremada	86	94	---	---

5.- *Criterio empleado para fijar el nivel de requerimientos:*

Los requerimientos están expresados en función de la ganancia de peso, la conversión alimenticia, el consumo de alimentos y la calidad de las canales. Es así que, por ejemplo para el comité de expertos estadounidense (NRC), los animales durante la etapa de recría necesitan 16% de proteína, 0,70% de Lisina y 3,4 Mcal de ED. Para el grupo inglés (ARC) estos mismos animales requieren: 15,6% de proteína, 1,1% de Lisina y 3,1 Mcal de ED.

En estos valores se observa la diferencia en la relación Lisina/ Energía de las distintas escuelas. Evidentemente los criterios para fijar el nivel de requerimientos son distintos. En este ejemplo, el NRC emplea como criterio la ganancia de peso y la conversión alimenticia; en cambio los europeos priorizan la calidad de carne, por eso privilegian la proteína y la Lisina sobre la energía.

6.- *Alimentos empleados para determinar el nivel de los requerimientos:*

Como se mencionó anteriormente, como para el cálculo de los requerimientos se emplearon animales que consumían una dieta en base a cereales y concentrados proteicos, si los alimentos a utilizar difieren de estos, deberá ajustarse el consumo. Por ejemplo: en el caso de trabajar con suero de queso, las tablas de requerimientos se ven limitadas en su aplicación, el consumo de Materia Seca (kg.) puede lograrse pero el volumen de líquido consumido puede ser una limitante. Lo mismo sucede con los alimentos muy fibrosos que también alteran los requerimientos estimados al disminuir la digestibilidad de los otros alimentos.

7.- *Medio ambiente:*

Los requerimientos fueron estimados bajo condiciones de termoneutralidad, pero en general los animales rara vez se encuentran en estas condiciones.

Las temperaturas alejadas de la zona de confort empeoran la eficiencia de los animales (temperaturas bajas hacen aumentar el consumo de alimento para

mantener el nivel de crecimiento y temperaturas elevadas provocan una reducción del consumo voluntario). Este problema deberá abordarse con un enfoque sistémico.

En el cuadro 7 están los resultados de la simulación de la interacción entre la temperatura ambiente y los requerimientos energéticos: el descenso de temperatura ambiente de 20°C a 10 °C, en animales alojados sobre un piso seco, sin cama de paja, aumenta la temperatura crítica inferior lo que puede representar, para esta categoría, un aumento en los requerimientos energéticos equivalentes al consumo de 0,5 kg de maíz por día (3.700 kg - 3,175 kg = 0.525 kg).

Cuadro 7: Relación entre el cambio de temperatura ambiente y los requerimientos energéticos en animales de 50 a 100 kg

Temperatura ambiente	Cama de paja	Energía Mcal/día	Equivalente en kg de maíz
20	NO	10.162	3.175
10	NO	11.840	3.700
10	SI	11.210	3500

Las alternativas para resolver el problema son varias: por un lado, elevar la temperatura del edificio o de los reparos. Otra solución sería agregar cama de paja, esta (preferentemente al aserrín y a la paja de cebada) hace descender la temperatura crítica inferior en 3 o 4°C (los animales toleran más frío) aumentando el confort y reduciendo el costo energético en valores equivalente a 0,2 kg de maíz. En última instancia la decisión de cómo resolver el problema dependerá de la relación costo/beneficio. Sin embargo, siempre el análisis debe hacerse considerando el sistema en su conjunto ya que por lo general, como en este caso, el problema no es nutricional, térmico o de materiales, es una deficiencia del sistema.

8.- Flora intestinal:

Todo cambio en la dieta produce alteraciones en la flora intestinal. Por lo tanto, todo cambio en la alimentación (por cambio de categoría o por cambio en la relación de precios) deberá ser justificado y en la posible ser gradual.

Un ejemplo extremo lo constituye la alimentación con suero de queso en animales acostumbrados a consumir alimentos fibrosos: en este caso se produce un cambio intestinal muy grande en la flora, desciende la cantidad de microorganismos celulolíticos y aumentan lactobacillus.

Para evitar consecuencias severas y pérdidas de eficiencia se deben someter a los animales, en estos casos, a un período de acostumbramiento a la nueva dieta.

9.- Antimetabolitos y enzimas:

Los alimentos contienen antimetabolitos y enzimas (esto depende, entre otros factores, del alimento en sí y de su almacenaje). Esto no está calculado en tablas.

10.- Variaciones individuales:

En toda población hay individuos que se destacan (algunos están por encima y otros están por debajo del promedio general). Los animales se integran y forman grupos, el cerdo es un animal social y fija rangos de jerarquía. Los animales más agresivos tienden a consumir más y como consecuencia de esto crecen más rápido. También existen diferencias individuales en otros parámetros productivos, en los reproductivos y en la composición corporal.

11.- Enfermedades subclínicas:

Hay enfermedades subclínicas (no producen síntomas visibles) que van a alterar los requerimientos, las más conocidas son la parasitosis, neumonía, etc.

Por último se debe destacar que, los requerimientos nutricionales van cambiando y evolucionado permanentemente por los avances genéticos, donde los animales cada vez producen más y consumen menos (Labala, 2008).

Bibliografía

Agricultural Research Council (ARC). The nutrient requirements of pigs. C.A.D., Farnham Royal, Slough, England, 1981. 307 p.

Boisen, S. Ideal protein- and its suitability to characterize protein quality in pig feeds. A review. Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Sci. 1997: 47 31-38

Campagna, D.; Galli, J-R.; Fernandez, H-H.; Galleano, A. CRECERdOS-1. Simulación del crecimiento en cerdos desde los 20 a los 90 kg de peso vivo, 1992. Memorias 11 Congreso Nacional de Producción Porcina. Rosario.

Henry, Y. Ultimos avances y perspectivas en la nutrición energética y proteica del cerdo. INRA, Station du Recherche Porcins, 1995. Saint-Gilles, Francia.

Labala, J. Curso de Nutrición y Alimentación del Ganado Porcino. Marcos Juárez, 17 de octubre de 2008.

Mateos, G.; Medel, P. 2003. www.3tres3.com. Consideraciones adicionales sobre los aminoácidos: digestibilidad in-vitro y los otros aa no esenciales

Mougham, P-J-; Smith, W.C. Principles of pig nutrition en: Tavemer, M.R. y Bunkin, A.C. Pig production. Elsevier. 1996. 141-167.

National Research Council (NRC). Nutrient Requirement of Swine. National Academy Press. Washington D.C. USA, 1988. 93 p.

National Research Council (NRC). Nutrient Requirement of Swine. National Academy Press. Washington D.C. USA, 1988. 209 p.

Spiner, N.; Caminotti, S.; Brunori, J.; Legasa, A.; García, P.; Bertozzi, J.; Illanes, R.; Dellevedova, H.; Schuk, C.; Ballesteros, M. Comportamiento de la soja integral desactivada como fuente proteica en raciones de cerdos y su efecto sobre la composición de la deposición de grasa. INTA Marcos Juárez. Circular N° 274. MEPROCER N° 15, 1995. 5 p.

Vieites, C.M. Producción porcina - estrategias para una actividad sustentable. Ed. Hemisferio Sur. Argentina, 1997. 506 p.