

## REQUERIMIENTOS ALIMENTICIOS ADAPTADOS AL PORCINO MODERNO Y CALIDAD DE CARNE

**Marotta E, Lagreca L, Tamburini V.**

Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad Nacional de La Plata

### Introducción

Los profesionales involucrados en la cadena porcina han desarrollado un trabajo eficaz respondiendo a las demandas del mercado consumidor que exigen del cerdo moderno una cada vez mayor productividad de carne cada vez más magra. En los últimos 35 años la ganancia por día de peso en el periodo de engorde se vio aumentada en 350 g. con una disminución del índice de conversión de 0,300 Kg de alimento/Kg de peso vivo ganado, todo ello acompañado con un aumento del porcentaje de músculo de 15 puntos.

Esta evolución de las performances productivas proseguirán pero a un ritmo mas lento debido al riesgo de deterioración de la calidad de carne como consecuencia de la intensidad del crecimiento muscular. Todas estas transformaciones se traducen al nivel de la alimentación por cambios importantes en los requerimientos nutricionales del cerdo para satisfacer ese elevado nivel de producción.

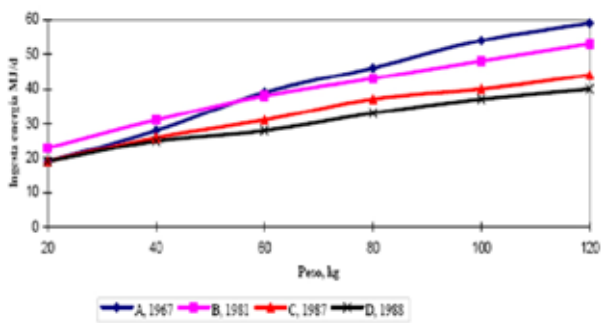
Una de las dificultades más importantes con las que tiene que enfrentarse el nutricionista en la elaboración de dietas para ganado porcino es la determinación precisa de los requerimientos de los animales y el ajuste de las características de la dieta para satisfacer esas necesidades.

Entre las razones que explican esta afirmación podemos citar la variabilidad genética que existe entre diferentes líneas o estirpes, la dificultad para conseguir por parte de las empresas de genética ciertos datos relacionados con las características productivas de los cerdos (como por ejemplo la capacidad de ingestión y el límite máximo de deposición proteica en función del peso), y todo esto unido a la necesidad de cumplir con unos determinados objetivos en el producto terminado (como son el peso de canal, porcentaje de grasa y de músculo, nivel de grasa infiltrada).

La selección genética del ganado porcino durante los últimos años, dirigida hacia la obtención de animales con una elevada capacidad de crecimiento del tejido muscular, un estado de engrasamiento reducido y una elevada eficacia de transformación del alimento en carne, ha conducido a que los genotipos modernos, al mismo tiempo que tienen un elevado potencial de crecimiento magro, tengan un apetito reducido, como puede observarse en la Figura 1 en donde la ingesta voluntaria a los 100 Kg de peso vivo pasó en 20 años de 55 (13,2 Mcal) a 35 Mj/día (8,4 Mcal).

Para utilizar eficientemente la energía como nutriente en las dietas para este tipo de animales, uno de los aspectos clave a tener en cuenta es la relación que existe entre el consumo de energía y la deposición proteica determinada por el genotipo del animal, y que consiste en que a medida que el cerdo aumenta su consumo de una dieta equilibrada (en la que el contenido en proteína y aminoácidos no es limitante para el crecimiento), la deposición de proteína aumenta linealmente con cada incremento en la ingesta de energía hasta que se alcanza un límite o meseta que representa la capacidad máxima de deposición proteica. pasado ese límite el aumento de peso se deberá exclusivamente a una deposición de grasa Figura 2.

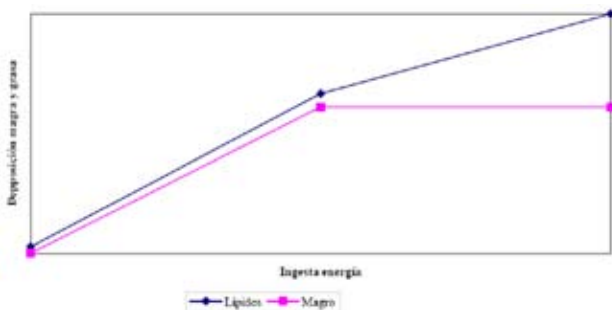
Figura 1: Evolución del consumo voluntario del cerdo en engorde



## Alimentación del cerdo en la etapa de crecimiento-terminación

El estudio de los procesos mediante los cuales el animal degrada, incorpora y utiliza las sustancias que componen los alimentos y excreta los elementos no aprovechados, se denomina nutrición y los componentes externos necesarios se denominan nutrientes; los cuales se clasifican en proteínas, lípidos, glúcidos, minerales y vitaminas. Ellos para su absorción a través de la mucosa del aparato digestivo, deben ser previamente degradados en compuestos simples, los que luego serán utilizados por el organismo animal, denominándose este proceso digestión.

Figura 2. Crecimiento magro y graso, en respuesta a la ingesta energética (dieta equilibrada).



La carencia más común de presentarse en la práctica de la alimentación del porcino es generalmente la de proteína y más específicamente de aminoácidos. Esto es debido a su alto requerimiento y a que la mayoría de los cereales la poseen en poca cantidad.

## Energía

La cantidad de energía de un alimento se denomina energía bruta o calor de combustión, su determinación se realiza con una bomba calorimétrica, pero este valor obtenido tiene un pobre valor práctico

en la formulación de dietas para el animal, ya que parte de esa energía contenida en el alimento y que es consumida, no es aprovechada por el cerdo; casi la mitad de ese potencial energético es excretado por diferentes vías (heces, orina, gases, calor) durante los distintos procesos metabólicos.

En la figura 3, se puede observar el esquema de partición de la energía y en donde se van estableciendo los coeficientes de utilización de la energía sobre la base de las distintas pérdidas que se producen en un cerdo en crecimiento, alimentado con una dieta basal tipo. (Muñoz y col 1998)

## Energía Digestible

En general puede decirse que el coeficiente de utilización digestiva de la energía (CUDE) varía entre el 70 al 80%, siendo para las grasas y glúcidos solubles (almidón y azúcares) de un 95% y de 65% para las proteínas.

Sin embargo los valores de ED, EM y EN varían en base a la composición química de los alimentos y a factores relacionados con el animal como es la edad y genotipo. El ejemplo de un caso extremo lo tenemos con el coeficiente de utilización digestiva de la paja de trigo y del almidón de maíz que son de cero y 100% respectivamente. En general los valores medios de los principales alimentos empleados en el porcino son de 70 a 90%. Esto está relacionado con la cantidad y estructura de los glúcidos membranarios.

En la práctica la variación más importante está dada por la edad de los animales, hecho que se hace más notorio con alimentos fibrosos, en general puede decirse que el CUDE aumenta en animales de 40 a 100Kg de 0,30 a 0,45 puntos por cada 10 Kg de incremento de peso, para dietas con un 4% y 6% de CB respectivamente

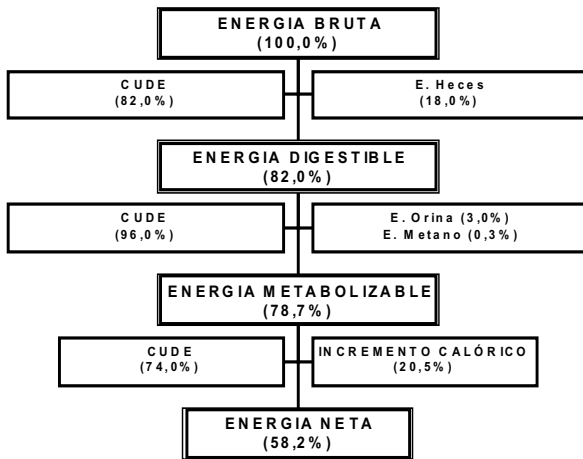
La ED de un alimento puede medirse directamente, manteniendo a animales experimentales en jaulas de digestibilidad que permiten recoger y medir las excretas (materia fecal) del animal. Sobre la base de este método han sido hechas tablas en donde figuran una gran variedad de materias primas pasibles de ser empleadas como alimentos en la producción porcina.

Igualmente han sido confeccionadas ecuaciones de predicción en base a la composición química de las dietas y de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes, de acuerdo a la edad y etapa fisiológica.

## Energía Metabolizable

Si a los valores de DE le restamos las pér-

Figura 3: Esquema de partición de la energía



didadas de energía por gases (fermentaciones) y por la orina obtendremos el valor de EM. Las pérdidas por metano aumentan con la edad y van del 0,5% al 0,8% para cerdos de 45Kg a 150Kg. La energía excretada en la orina está en relación al nitrógeno urinario eliminado el que variará de acuerdo al equilibrio de los aminoácidos esenciales y al tenor de proteína de la dieta, se calcula que por cada gramo de sustancias nitrogenadas de origen alimentario excretado se pierde 0,717 kcal. En general la EM representa el 96% de la ED.

### Energía Neta

La energía neta puede ser calculada restando del valor de EM de un alimento la cantidad de calor perdido por los procesos de ingestión, digestión y utilización metabólica (extracalor), pero normalmente se la calcula mediante la aplicación de un coeficiente (k) que representa la eficacia de la utilización metabólica de la energía. La EN corresponde en general al 74 % de la EM.

Sin embargo como el animal emplea la energía consumida para cubrir sus requerimientos de mantenimiento y formación de tejidos (músculo y grasa) en el caso del cerdo de cebo hay variación en la eficiencia de la utilización de la EM en EN según el destino, siendo del 80% para mantenimiento, 75% para la ganancia de peso, 80% para la deposición lipídica y de 60% para la formación de músculo (tejido magro). En conclusión la EN representa solamente el 58,2 % de la EB de un alimento.

### Empleo de la energía

Para el crecimiento la energía neta disponible por el animal es primero empleada en la formación de tejido muscular de acuerdo al potencial genético

y relacionada al grado de equilibrio en aminoácidos de la proteína del alimento. La energía excedente es depositada como tejido adiposo.

La fibra cruda disminuye la digestibilidad energética y la utilización de la EM, dependiendo su magnitud no solo de la cantidad presente sino que también del origen de la misma. Con fibra proveniente de cereales, salvado y torta de soja un incremento de 1% de FB provoca un descenso de 3,5% en el CUDE y de 0,7% en la eficacia de utilización de la EM.

Energía de mantenimiento es la necesaria para asegurar las funciones metabólicas del cerdo y representa alrededor del 40% de los requerimientos totales. La misma se expresa en relación al peso del animal elevado a la potencia 0,60 (peso metabólico) y está estimada que es de 250 Kcal (1,05 MJ) EM por  $\text{Peso}^{0,60}$ , para animales (entre 20 a 100kg.) de líneas seleccionadas magras y alta velocidad de crecimiento y mantenidos a una temperatura de 22°C, por lo que un animal de 50 Kg (peso metabólico de 10,456 kg) tiene un requerimiento de mantenimiento de 2614 Kcal. /EM/ día. Para los animales no mejorados su requerimiento de mantenimiento es de 209 Kcal. EM / día por  $\text{Peso}^{0,60}$ .

Así mismo los requerimientos de los machos enteros son más elevados que el de los castrados, siendo el de las hembras intermedio.

Después del peso la temperatura ambiente es el factor más importante que influye sobre los requerimientos de mantenimiento. Se estima que por cada grado centígrado en que la temperatura desciende por debajo de 23 °C las necesidades diarias de mantenimiento se incrementan en 3,7 Kcal/ EM / Kg  $^{0,75}$ .

El costo energético del crecimiento está ligado a las características de la formación de tejidos ya que la necesidad de energía depende de la cantidad de músculo y grasa depositada. Esto se debe a la variación en la cantidad de energía que el animal necesita para formar 1g de músculo o de grasa. Para depositar 1 g de proteínas el animal necesita 9,5 Kcal /EM, y para depositar 1g de lípidos 11,95 Kcal /EM. Por lo tanto como el músculo posee alrededor de un 22 % de PB y 6 % de lípidos entonces para formar 1 g de músculo necesitará 2,8 Kcal/ EM y para formar 1 g de grasa compuesta por un 80% de lípidos y 5% de proteínas requerirá 9,7 Kcal/EM, como se explica a continuación.

Por lo tanto para formar grasa el animal necesitará 3,5 veces más energía que para formar tejido magro.

El depósito de proteínas en el animal en crecimiento varía poco y representa del 15 al 18 %

(valor promedio 16 %) de la ganancia de peso por día es decir que por cada 1000 g de aumento de peso 160 g corresponde a proteína y por cada 1 g de proteína depositada el animal tiene un aumento de peso de 4,4 g, mientras que por un 1 g de lípidos le corresponde 1 g de aumento de peso.

En base a todo lo anteriormente citado en el Cuadro N° 1 se discriminan los requerimientos que presenta un animal de 50 Kg de peso vivo que presenta una ganancia de peso de 700 g/día.

Costo metabólico formación de tejidos magro y graso.

Tejido Magro	22 % Proteína	$0,22 \times 9,5 =$	2,09 Kcal EM
	6 % Lípidos	$0,06 \times 11,5 =$	0,69 Kcal EM
			2,78 Kcal EM
Tejido Graso	80 % Lípidos	$0,80 \times 11,5 =$	9,2 Kcal EM
	5% de Proteína	$0,05 \times 9,5 =$	0,47 Kcal EM
			9,67

Por lo tanto un animal de 50 Kg de peso que tenga una velocidad de crecimiento de 700 g/ día tendrá un requerimiento de 6253 Kcal. ED/día (6003 kcalEM 4442 Kcal EN) para efectuar estas conversiones se tomó en cuenta que la EM representa el 96% de la DE y la EN representa el 74% de la EM., y el 71% de la DE.

$$DE \times 0,71 = EN$$

$$EM \times 0,74 = EN$$

Si analizamos el caso del Cuadro N° 1 del punto de vista de la síntesis proteica y lipídica vemos que:

493 g de tejido magro con 22 % de proteínas (P) = 99 g de P

207 g de tejido graso con 80% de lípidos (L) = 165 g de L

Energía retenida bajo la forma de:

1 g de P = 5,7 Kcal.

1g de L = 9,5 Kcal.

Por lo tanto:

$99 \times 5,7 = 564,3$  Kcal bajo la forma de P

$165,6 \times 9,5 = 1573,2$  bajo la forma de L

Total de energía fijada en el cuerpo  $564,3 + 1573,2 = 2137,5$  Kcal.

Si el consumo promedio de alimento a los 50 - 60 Kg es de 2,08 Kg por día de una dieta con 3050 Kcal / EM / kg: el total de EM consumida es de 6344 Kcal / día, si le restamos la retenida (2137,5 Kcal) y la que el animal destinó para mantenimiento (2615 Kcal) obtenemos las pérdidas por incremento térmico (IT) que es de 1591,5 Kcal. EM. El IT representa el 25% del total de la EM consumida por lo cual la eficacia de utilización de la misma es del 75% (figura n° 3) (Muñoz y col 1998).

La ganancia de peso de un animal dependerá de la cantidad de energía ingerida y de la proporción de músculo y grasa depositada. Frente a un mismo nivel energético los animales que presentan la mayor velocidad de crecimiento son los que depositan una mayor cantidad de proteínas

La formación de tejido magro está relacionada con la:

**Edad:** el máximo se logre entre los 30 y 90 Kg de peso

**Sexo:** hay notorias diferencias entre los sexos, las que se empiezan a notar a partir de los 40 Kg El macho entero es el que presenta la mayor velocidad de formación de magro, el castrado el de menor y la hembra es intermedia. Superando el primero a las hembras en un 10% y a los castrados en un 20%.

**Genotipo:** las líneas de cerdos magra responden frente a un incremento de la ingesta energética con una mayor síntesis proteica.

**Alimentación:** los cerdos ante una alimentación no adecuada responden con una menor formación de músculo. Si el consumo se reduce antes de los 50 kg el animal disminuirá su ganancia de peso en un 8%, su formación de grasa en un 21% y de magro en 25%. En el intervalo de peso mencionado la capacidad potencial de crecimiento se halla por encima del nivel de consumo de alimento. Mientras que en los animales no mejorados, y a partir de los 50 kg, la capacidad de formación de magro se encuentra por debajo del límite máximo de apetito.

**Proteína:** los animales seleccionados por mayores masas musculares responden con una mayor formación de magro y una menor cantidad de grasa

Cuadro N° 1: Requerimiento discriminado para una ganancia de 700g/día

Mantenimiento (m)	50 kg. <sup>0,60</sup> = 10,46 kg.	
EMm/d Kcal	250 x kg. <sup>0,60</sup> 10,46x250	EM Kcal 2615
Producción		
Formación de tejido magro	$700 \times 0,16 \times 4,4 = 493$ g	
Formación de grasa	$700 - 493 = 207$ g	
Costo energético de la ganancia de peso		
del tejido magro	$493 \times 2,8$	EM Kcal 1380
del tejido graso	$207 \times 9,7$	Emkcal 2008

Costo energético total = Energía de mantenimiento+ Energía de producción.

Costo Total Kcal. EM = 2615 + 3388= 6003

ante niveles crecientes de proteína y/ aminoácidos

Los requerimientos van variando con la edad (peso) de los animales, debiéndose realizar cambios continuos en la formulación de las dietas a los efectos de responder a esas necesidades.

## Proteínas

La carencia más común de presentarse en la práctica de la alimentación del porcino es generalmente la de proteína y más específicamente de aminoácidos. Esto es debido a su alto requerimiento y a que la mayoría de los cereales empleados en su alimentación la poseen en poca cantidad. La degradación digestiva de las proteínas produce la liberación de los aminoácidos (AA) que la componen, los cuales son absorbidos y transportados al hígado por vía sanguínea. Una parte de los mismos son empleados en la resíntesis de proteína en el hígado, mientras que el resto es transportado hacia cada tejido para producir tanto proteínas corporales (tejido muscular, parte de órganos y piel), como formar parte de la estructura química de hormonas y enzimas.

Cuando se produce, en los animales un aporte insuficiente de proteínas y/o aminoácidos esenciales se provoca una disminución de la velocidad de crecimiento, por una menor formación de tejido muscular, aunque se mantenga o incremente la deposición de lípidos (dependerá del nivel energético), teniendo esto como consecuencia un mayor engrasamiento, con un deterioro de la calidad de las canales.

Las necesidades en proteína y aminoácidos, son proporcionalmente más elevadas en el animal joven, disminuyendo paulatinamente a medida que aumenta en edad.

La formación de proteína por parte del animal a partir de los aminoácidos absorbidos es un proceso que requiere un gasto de energía y entre el 30 al 50% de la energía utilizada por el cerdo de cebo es empleada en la formación del músculo. Numerosos factores actúan sobre los requerimientos cualitativos y cuantitativos de las sustancias nitrogenadas, durante esta etapa, siendo los principales el tipo genético, la edad y el sexo de los animales.

Se denomina aminoácidos esenciales aquellos que no son sintetizados en el organismo o si lo hacen es a una velocidad menor a la requerida para un óptimo crecimiento; por lo cual deben ser indefectiblemente aportados por el alimento. (Cuadro N° 2) Estos aminoácidos deben estar presentes simultáneamente en una determinada cantidad y proporción en el organismo para que se produzca la máxima síntesis proteica.

Las proteínas alimenticias varían en cuanto

a la cantidad y tipo de aminoácidos que la componen.

Un AA es limitante cuando la cantidad en la que está presente en el alimento interfiere el aprovechamiento de los otros, aunque estén en cantidades suficientes

Numerosos investigadores buscaron la composición cualitativa y cuantitativa ideal en aminoácidos de una proteína que necesita el cerdo con el fin de maximizar el nivel de crecimiento y la eficiencia alimenticia.

## Proteína "ideal"

La "proteína ideal", puede definirse como aquella en la que todos los AA que la componen actúan como limitantes, o dicho de otra manera es una proteína inmejorable por más que se le añada cualquier aminoácido y únicamente con la adición de todos los aminoácidos simultáneamente se podrá mejorar la retención de nitrógeno por parte del animal.

Cuadro N° 2 Aminoácidos esenciales para el cerdo

Arginina
Histidina
Isoleucina
Leucina
Lisina
Metionina + cistina
Fenilalanina + tirosina
Treonina
Triptofano
Valina

Cada aminoácido esencial es requerido en una determinada proporción, que varía según la etapa fisiológica. La lisina debido a su escasa participación en los procesos metabólicos y a que es en general el aminoácido limitante en la mayoría de los cereales, es empleada como referencia (otorgándole un valor de 100) para expresar las proporciones en que deben estar presentes los demás aminoácidos. Por lo tanto las necesidades de la misma deben ser determinados primero y los requisitos de los otros aminoácidos indispensables deben ser calculados sobre la base del patrón de aminoácidos propuesto como proteína ideal.

La composición de la proteína ideal fue determinada para animales de 30 a 55 Kg por Wang y Fuller en 1987, para 20 a 100 Kg por Chung y Baker 1992, Henry 1993 y NRC 1998, pero en general sus valores no difieren excesivamente entre sí (Muñoz y col 1998) (Cuadro N° 3).

## Digestibilidad

Los requerimientos proteicos pueden ser

Cuadro N° 3: Proporción de aminoácidos en la proteína ideal según diferentes autores

Autor y año	Lewis 1992	Henry 1993	Chung y Baker 1992		Wang y Fuller 1987	NRC 1998
Peso cerdos (Kg.)	45 a 105	25 a 100	5 a 20	20 a 50	50 a 100	20 a 100
Lisina	100	100	100	100	100	100
Treonina	63	65	65	67	70	65
Triptofano	19	18	18	19	20	18
Metionina+ Cistina	59	60	60	65	70	60
Isoleucina	--	60	60	60	60	60
Leucina	--	100	100	100	100	100
Valina	--	70	68	68	68	70
Histidina	--	32	32	32	32	30
Arginina	--	45	42	--	--	45
Fenilalanina + Tirosina	--	100	95		95	100

expresados como porcentaje de proteína bruta o digestible en la dieta o como cantidad en gramos consumida por día por animal; pero en la práctica para formular las raciones es necesario emplear valores que se refieren a la digestibilidad de los aminoácidos, para ello debemos diferenciar entre el concepto de digestibilidad y disponibilidad y así mismo entre digestibilidad ileal y total (fecal).

Digestibilidad es como se dijo anteriormente la proporción de nutrientes, en este caso aminoácidos, que desaparecen del tracto gastrointestinal o sea atraviesan la pared intestinal y están presentes en la sangre portal. La digestibilidad ileal es la proporción que es absorbida antes de su llegada a nivel del íleon terminal y la digestibilidad total es la que se determina como la diferencia entre lo consumido y lo excretado a nivel de las heces. Esto se hace por el hecho de que las proteínas y otros componentes hidrogenados que llegan a nivel del intestino grueso son descompuestos por la acción de microorganismos en productos como amoníaco, dióxido de carbono y aminas, que son sustancias no aprovechables por el animal e incluso cuando están presentes en gran cantidad inhiben el crecimiento.

Entonces un término mucho más preciso para valorar los aminoácidos es el de digestibilidad ileal, dado que se asume que los aminoácidos que se absorben antes del íleon terminal lo hacen bajo una forma aprovechable por el animal para la síntesis proteica.

La digestibilidad ileal es tomada a nivel del íleon terminal bajo condiciones experimentales con uso de fístulas o anastomosis íleo-rectal. Los valores obtenidos a este nivel son más precisos por el hecho de que hasta este punto del aparato digestivo los alimentos y en especial las proteínas y aminoácidos solo han sufrido la acción de las enzimas digestivas específicas unido además que en este segmento del tracto gastrointestinal ocurre la mayor absorción de los aminoácidos

A su vez debemos distinguir entre digestibilidad aparente y verdadera. La aparente no tiene en

cuenta los aminoácidos de origen endógeno provenientes de células descamantes, restos de enzimas, etc., mientras que la verdadera sí. Sin embargo éste último valor no es usado en la práctica debido a la dificultad de evaluarla en el animal.

La digestibilidad fecal de la proteína e ileal de los aminoácidos, de la cebada, trigo, maíz y sorgo (principales granos utilizados), es de 80 y 70 % respectivamente

Disponibilidad: Son los nutrientes (aminoácidos) que no solo fueron absorbidos sino que están disponibles para que puedan ser utilizados por las distintas funciones metabólicas, (síntesis de tejido muscular). La disponibilidad puede variar ampliamente del 50 al 95%. por diversas causas, como un defectuoso tratamiento del alimento. La proteína ideal varía según se destine a mantenimiento o al crecimiento y también con la edad de los animales (Henry 1993).

## Relación entre la Proteína y los aminoácidos con la energía

Las necesidades de proteína y energía son indisociables, estando en consecuencia relacionadas entre sí, pudiéndose expresar sus requerimientos por la cantidad en gramos de PB y aminoácidos por cada 1000 Kcal de ED del alimento. Se puede calcular una relación lisina total/ EN, multiplicando el valor obtenido por 1,41 Cuadro N° 4.

En animales de 12 a 25 kg de peso vivo se estima un mínimo de 4,6 g de lisina / 1000 kcal EN y en animales de mayor ritmo de crecimiento 5,0g / 1000 kcal EN) Gaudré, y col 2007.

## Necesidades

La fijación de proteínas es de alrededor de un 16% (por cada 1000 g de aumento de peso 160g son de proteínas) para un animal de tipo magro y de 15% para uno no mejorado. Un macho entero del tipo hipermusculado puede llegar a tener hasta un 17% y un castrado 15% y 14% si es de tipo graso.

Cuadro N° 4 Relación recomendada entre la energía con la proteína y con los aminoácidos esenciales

Relación g /1,0Mcal ED	Peso Vivo (Kg)	
	25 a 60	60 hasta faena
Proteína bruta	55	45
Lisina	3,0	2,6
Treonina	1,9	1,5
Triptofano	0,55	0,45

Como la digestibilidad promedio de la lisina es de un 83 % y su rendimiento de fijación de un 60 %, el cerdo solamente retiene para la síntesis proteica el 50 % del total ingerido. Así mismo este aminoácido representa el 7 % del total de proteína fijada. Con estos valores podemos calcular la cantidad de lisina total que requiere un animal de 70 Kg que tenga un aumento de peso por día de 850g. Observándose que son necesarios alrededor de 22g de lisina por cada Kg de aumento de peso. (Cuadro N°5).

Las necesidades varían entre los sexos, teniendo los animales machos enteros el mayor requerimiento seguido por las hembras y en menor medida por los machos castrados.

El genotipo también influye dado que los animales mejorados por crecimiento del tejido magro presentan los mayores requerimientos y son capaces de responder con el máximo crecimiento ante el mayor consumo proteico. Animales no mejorados no varían su velocidad de crecimiento ni composición tisular ante una mayor ingesta proteica.

En los últimos años con el fin de disminuir la contaminación ambiental debida a una cantidad excesiva de Nitrógeno excretado por los animales se han ensayado de disminuir el tenor proteico global de las dietas habiéndose obtenido durante las etapas de crecimiento resultados apreciables con hasta un 13 % de PB a condición de que exista un aporte óptimo de aminoácidos esenciales.

Por el contrario cuando se supera el umbral máximo de respuesta a la elevación del nivel proteico se produce un efecto contrario debido a que el exceso debe ser eliminado del organismo lo que se realiza por desaminación, pero este proceso requiere energía, por lo tanto disminuye la velocidad de crecimiento y la eficiencia alimenticia. Además cuando la

lisina, el triptofano y la metionina están en exceso en la sangre circulante se producen fenómenos de toxicidad con consecuencia sobre la productividad, esto se ve agravado cuando son de origen de síntesis.

Con consumos de energía superiores a la que permite el máximo crecimiento de tejido magro, toda la energía extra que retiene el animal se acumula en forma de grasa, dando como resultado un crecimiento muy rápido del depósito graso del animal y un grave empeoramiento del índice de conversión, debido a que la eficiencia con que se utiliza la energía para crecer en tejido adiposo, es menor que cuando ese crecimiento se realiza en base a músculo, como ya se dijo anteriormente.

Por lo tanto es imperioso suministrar a los cerdos en engorde una dieta equilibrada a los efectos de lograr un óptimo nivel de crecimiento y calidad de carne adecuada.

## Importancia de la alimentación en la contaminación ambiental

Una forma importante de disminuir la contaminación ambiental es la reducción de las pérdidas nitrogenadas de los cerdos por un mejor conocimiento y uso de la alimentación de los mismos durante las diferentes etapas de producción.

Solo el 20 a 40% del nitrógeno de la dieta es retenido por el cerdo, por lo tanto dos tercios del nitrógeno consumido es excretado por las heces y orina. En muchas regiones del mundo y en Europa principalmente esto atenta al objetivo de un máximo de deposición de 170 Kg /hectárea agrícola útil de nitrógeno/año, pero mas del 25% de estas perdidas pueden ser atribuidas a un defecto en la cantidad y calidad de la proteína dietética.

Un correcto balance de aminoácidos y dietas que cubran los requerimientos durante las distintas edades en el periodo de crecimiento terminación permiten disminuir el aporte proteico sin afectar el crecimiento con una reducción del nitrógeno excretado.

La disminución de la proteína de la dieta reduce el costo energético asociado a la desaminación del exceso de aminoácidos, como consecuencia de

Cuadro N°5 Ejemplo para calcular la cantidad de lisina (g/día) necesaria para un animal con una ganancia diaria de peso de 850g

Proteínas depositadas (g)		850 x 16%	136,00
Lisina retenida (g)		136 x 7%	9,52
Necesidades Lisina (g)	Digestible	9,52 ÷ 0,6	15,87
	total	15,87 ÷ 0,83	19,12

ello es posible obtener una reducción notoria de la excreción de nitrógeno (Cuadro N°) (Rademacher 2005).

Para producir un cerdo de 108 Kg son necesarios 8,7 Kg de nitrógeno (esto incluye el consumo de los reproductores) de estos 8,7 Kg consumidos, solo 2,9 Kg son retenidos para la producción de carne, 5,8 Kg son excretados (orina y heces) de los cuales 2,8 Kg permanecen con el estiércol y 3,0 Kg se volatilizan en forma de amoníaco (1,5 Kg en los galpones y el resto durante su almacenamiento) (Marotta y Lagreca 2006).

La excreta de 5,8 Kg de nitrógeno se realiza en un 78% durante la etapa de engorde, 4% de lechón y 18% por los reproductores y esa eliminación se efectúa de 15 al 20 % por heces y 40 al 45 % por orina (60 a 70 % del total ingerido). Los cerdos que se alimentan con una dieta equilibrada en aminoácidos pero baja en proteína consumen menos agua y el volumen de orina y subsecuentemente la excreción de amoníaco se reduce en 10 a 12 % por cada 1% de decremento de proteína en la dieta.

El cerdo necesita la presencia simultánea en cantidad suficiente de 10 aminoácidos que son considerados esenciales para un óptimo crecimiento y

productividad y que son los siguientes: Fenilalanina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Treonina, Triptofano, Valina y Arginina (este último hasta animales de 20 Kg de peso) (Whittemore y col 2001). Cuando uno de esos aminoácidos está presente en la dieta en una cantidad menor a la requerida, se denomina aminoácido limitante y por lo tanto limita las performances posibles de obtener.

El empleo en la formulación de dietas contemplando el balance óptimo de aminoácidos esenciales entre sí permite reducir la excreción de nitrógeno en un 40 % Cuadro n° 7 (Henry 1996).

El tener en cuenta estos conceptos en la formulación de dietas nos permite emplear una menor cantidad de proteína total.

Es necesario recordar que de toda la proteína del alimento:

- No toda está biodisponible
- No todos los aminoácidos son absorbidos
- No todos los aminoácidos absorbidos son metabólicamente disponibles.

Otro punto importante a considerar es que durante el periodo de engorde la temperatura óptima es de 24 a 25 °C (confinado piso de viguetas) y que por cada 1 °C de aumento entre 20 y 25 °C se produce

Cuadro N°6: Efecto de la reducción del nitrógeno dietético, en cerdos en terminación, sobre las performances y la excreción de amoníaco.

Dietas	Proteína bruta de la dieta (PB)			Significación
	alta	media	baja	
PB (%)	16,5	14,5	12,5	
EN (Kcal.)	2242	2242	2242	
Lisina dig ileon %	71	71	71	
Performances				
Peso inicial (kg.)	54,8	54,9	54,8	NS
Peso final (kg.)	105,6	107,3	105,7	NS
ADP (g)	793	819	795	NS
IC kg. /kg.	2,98	2,86	2,94	NS
Emisión de amoníaco por excretas (g/día/cerdo)	9,44	6,94	4,79	P <0,001
Relativo %	100	73	51	

EN: Energía neta

ADP: Aumento diario de peso

Cuadro N°7.Reducción del Nitrógeno (N) excretado en cerdos en engorde empleando un balance ideal de aminoácidos en la dieta

Proteína	Balance consumo excreción				
	Lisina/proteína	N Ingerido	N retenido	N Excretado	N E / % N I
Convencional <sup>1</sup>	0,048-0,05	100	33	67	67
ideal	0,065-0,068	73	33	40	55
Reducción	-	- 27%		- 40%	

<sup>1</sup> Dieta usual sin poli suplementación con aminoácidos de síntesis, con el solo uso posible de lisina.

una economía de 1,2 a 1,4 Kg de alimento por cerdo de 100 Kg de peso vivo y esto provoca una reducción del nitrógeno excretado del 1,5 %.

Por lo tanto mediante una adecuada estrategia nutricional (alimentación multifase), Pomar (1999), estimó que en función del número de fases adicionales la excreción de nitrógeno en cerdos de engorde (20-100 kg) puede reducirse, entre un 20 y un 42 % respecto a la alimentación estándar con dos fases. y el uso de aminoácidos sintéticos, que están presentes en el mercado, (lisina, metionina, Triptofano y treonina), puede disminuirse la cantidad de proteína de la dieta sin afectar la productividad, pero con una reducción apreciable del nitrógeno excretado, disminuyendo la contaminación ambiental producido por los nitratos y nitritos.

Recordando que:

Solo el 20-30 % de las proteínas de la dieta es retenido por los cerdos.

El exceso de proteínas aumenta la excreción de nitrógeno.

Las dietas ajustadas bajan esta excreción.

Se puede reducir la excreción más del 35 %.

La emisión de amoniaco puede reducirse hasta un 10-12,5 % por cada 1% de baja de PB de la dieta.

Con dietas bajas en proteínas se consume menos agua, por lo tanto hay menos orina y menos emisión de amoniaco en un 10-12% por cada 1% de disminución de la PB de la dieta.

Con el uso de lisina, metionina, treonina y triptofano se optimiza el balance de aminoácidos pudiéndose disminuir el contenido proteico dietario y reducir la excreción de nitrógeno, con un menor costo energético para la desaminación.

Por último, si bien en nuestro país todavía estamos muy lejos de la gravedad que adquiere en otras regiones del mundo la contaminación ambiental debida a la excreción de nitrógeno por el cerdo, en el año 2008 esta especie eliminó al medio ambiente argentino casi 14.500.000 Kg de nitrógeno (Marotta y Lagreca 2006).

## Alimentación y calidad de carne

El nivel de alimentación de los animales juega un papel importante en la terneza de la carne. Animales alimentados *ad libitum* producen carne de mayor terneza y jugosidad que los animales en alimentación restringida.

Existen varias explicaciones posibles. Por un lado, los animales alimentados *ad libitum* tienen un mayor ritmo de crecimiento que, hipotéticamente, podría conllevar un sistema proteolítico más activo y

este sistema mantendría su actividad *postmortem*. Al mismo tiempo, una mayor velocidad de crecimiento representa animales de menor edad a igualdad de peso al sacrificio, y por tanto, menor porcentaje de tejido conjuntivo en carne.

Por otro lado, la alimentación *ad limitum* resulta en un mayor porcentaje de grasa intramuscular que contribuye positivamente a la terneza de la carne. Sin embargo, cuando se comparan diferentes planos de alimentación: *ad libitum*, 80 y 90 % *ad libitum* de dietas con diferente contenido energético se observa que, a igualdad de porcentaje de grasa intramuscular, la carne de animales alimentados *ad limitum* presenta una mayor terneza. Por tanto, el efecto del nivel de alimentación es superior al de la grasa intramuscular. Así pues, la alimentación de los animales *ad libitum* tiene una influencia claramente positiva sobre la calidad cárnica.

Para cerdos de un tipo genético dado el tejido magro que podrá sintetizar y deponer estará en relación al balance de nutrientes de la dieta, principalmente la densidad energética y las relaciones energía proteína y energía aminoácidos de la misma.

## Bibliografía

1. Gaudré D, Le Bellego L, Granier R, Ermandorena V, Quiniou N. 2007- Incidence zootechnique de la teneur en lysine digestible par unité d'énergie nette de l'aliment distribué entre 12 et 25 kg de poids vif, Journées de la Recherche Porcine, 39, 103-110.
2. Henry Y. 1993. Alimentation du porc pour la production de viande maigre: évolutions récentes et perspectives., INRA Prod. Anim., 6,(1),31-45
3. Henry Y. 1996. Feeding strategies for pollution control in pig production, Proceedings of the 14th Congress of the IPVS, Bologna, Italy, 7-10 July
4. Marotta E, Lagreca L. 2006. Alimentación del cerdo y su relación con la problemática de los nitratos y nitritos, 2do Foro FANUS, Nitratos y nitritos en la alimentación humana, 22 de Septiembre, Bolsa de Cereales, Buenos Aires.
5. NRC. 1998. Nutrient Requirements of swine (10th . ED.) National Academy Press, Washington, DC.
6. Muñoz Luna A, Marotta E, Lagreca, L. -1998- Capitulo 17 Manejo de la alimentación de los lechones y el cebo, en Porcinotecnia Práctica y Rentable: Muñoz, Marotta, Lagreca, Rouco, ISBN 84-7989-094-0, Ediciones Luzán5, Madrid, España.
7. Pomar C. 1999. Alimentar mejor a los cerdos para reducir el impacto medio ambiental. Jornadas técnicas: Factores que afectan la eficiencia productiva y la calidad en porcino. Vic, 1 de Junio de 1999.
8. Whittemore CT, Green DM, Knap PW. - 2001- Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: protein, Animal Science, 73, 363-373