



## AMINONIR® NRG

### Estimación del contenido energético de las materias primas y los piensos

La energía bruta (EB) es, por definición, el contenido energético bruto de un ingrediente. El animal transforma la EB en productos (carne, huevos) que contienen una determinada cantidad de energía. El proceso productivo no tiene una eficacia del 100 %, ya que se producen pérdidas en las diferentes etapas, desde la digestión hasta la obtención de los productos finales. El reparto de la energía del pienso en el animal puede ilustrarse como un "diagrama de equilibrio" que muestra las pérdidas de energía nutricional producidas al transformarse la energía (figura 1). La evaluación del contenido energético de la dieta suele basarse en la energía digestible (ED), la energía metabolizable (EM) o la energía neta (EN) en el caso de los cerdos y la energía metabolizable aparente (EMAn) en el de las aves de corral.

Los experimentos con animales para medir el contenido real de los ingredientes en la ED (mediante una muestra de heces), la EM (muestra de heces y orina), la EN (calorimetría indirecta) y la EMAn (muestra de heces y ácido úrico) requieren mucho tiempo y suponen un enorme esfuerzo. Con el fin de mejorar su aplicación práctica, se desarrollaron ecuaciones de predicción energética basadas en las correlaciones entre la composición proximal y la ED, la EM o la EN determinadas en los ingredientes de los piensos para cerdos (Noblet *et al.*, 1994) y entre la composición proximal y la EMAn en las aves de corral (WPSA, 1989).

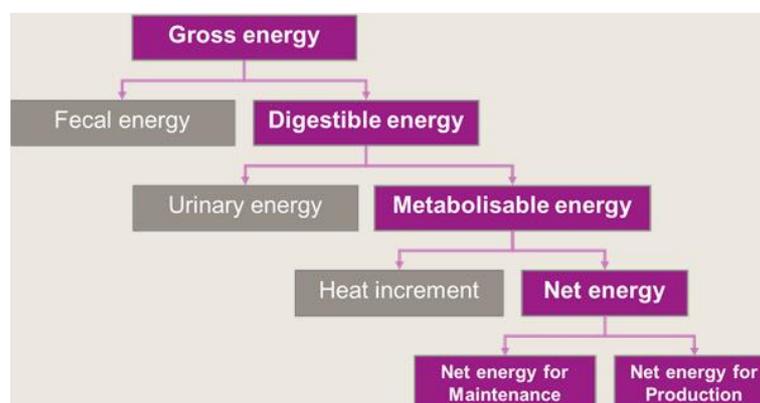


Figura 1: sistemas energéticos, diagrama de equilibrio

El contenido energético y las necesidades energéticas se calculan de forma diferente en cada país en función de los datos disponibles en cada uno, de los piensos utilizados habitualmente y de los costes y beneficios que supone la recogida de nuevos datos. Aunque cada vez más países usan sistemas de EN, se avanza lentamente y es probable que el sistema no se implante por completo hasta dentro de muchos años. Con frecuencia, las empresas adoptan el sistema de EN antes de que se convierta en el sistema usado a nivel nacional, ya que abarata los costes, especialmente en el caso de las empresas dedicadas a la producción porcina.

Los valores de AMINONIR® NRG están disponibles en los datos analíticos avanzados y se presentan en megajulios por kilogramo [MJ/kg]. Se aplicó el factor de conversión de kcal a MJ a las ecuaciones citadas por los autores siempre que fue necesario.

$$1 \text{ kcal} = 0,0041868 \text{ MJ}$$

### **Energía bruta (EB)**

La EB, o calor de combustión, es la energía liberada al quemar una muestra de pienso en exceso de oxígeno en el interior de una bomba calorimétrica. La cantidad de EB depende exclusivamente de la composición química del pienso, pero la composición química no puede predecir la eficacia en la transformación energética. En la EB no se tienen en cuenta las pérdidas de energía que se producen al ingerir, digerir y metabolizar el pienso. De hecho, 1 kg de almidón tiene aproximadamente el mismo contenido en energía bruta que 1 kg de paja, aunque los cerdos y las aves de corral no pueden usar la mayor parte de la energía de la paja debido a la falta de enzimas digestivas. Para calcular la EB se emplea la siguiente expresión:

$$\text{EB [MJ/kg DM]} = (4143 + (56 * \text{extracto etéreo [\%]} + (15 * \text{proteína bruta [\%]} - (44 * \text{cenizas brutas [\%]}))) * 0,0041868$$

Referencia: Ewan (1989)

### **Energía digestible (ED)**

La ED es la EB del pienso menos la EB de las heces. Este sistema energético tiene en cuenta la digestibilidad del alimento y proporciona una medida útil de la energía que el animal puede utilizar. La ventaja de la energía digestible es que es fácil de determinar. La desventaja es que no tiene en cuenta las pérdidas de energía excretada en la orina y en forma de gases combustibles y durante el metabolismo. Estas pérdidas varían en función del tipo de pienso.

### **Energía digestible para cerdos en crecimiento (ED\_CC)**

$$ED\_CC \text{ [MJ/kg MS]} = (4168 - (91 * \text{cenizas brutas [\% MS]}) + (19 * \text{proteína bruta [\% MS]}) + (39 * \text{extracto etéreo [\% DM]}) - (36 * \text{fibra detergente neutro [\% MS]}) * 0,0041868$$

Referencia: Noblet y Pérez (1993)

### **Energía digestible para cerdas (ED\_C)**

$$ED\_C \text{ [MJ/kg MS]} = ED\_C \text{ [MJ/kg MS]} * F1$$

F1 = factor específico del ingrediente

Los factores específicos de los ingredientes se basan en los valores energéticos publicados por el INRA (2004).

### **Energía metabolizable (EM)**

En el siguiente nivel se encuentra la EM, que se define como la ED menos la energía excretada en la orina y en forma de gases combustibles. Al tener en cuenta estas pérdidas, la EM proporciona una mejor estimación de la energía disponible para el animal. Esta corrige la ED teniendo en cuenta algunos de los efectos de la calidad y la cantidad de proteínas.

### **Energía metabolizable para cerdos en crecimiento (EM\_CC)**

$$EM\_CC \text{ [MJ/kg MS]} = ED\_CC \text{ [MJ/kg MS]} * F2$$

F2 = factor específico del ingrediente

Los factores específicos de los ingredientes se basan en los valores energéticos publicados por el INRA (2004). Si las tablas del INRA no contienen la información necesaria, los factores se basan en los valores energéticos publicados por el NRC (2012).

### **Energía metabolizable para cerdas (EM\_C)**

$$EM\_C \text{ [MJ/kg MS]} = ED\_C \text{ [MJ/kg MS]} * F3$$

F3 = factor específico del ingrediente

Los factores específicos de los ingredientes se basan en los valores energéticos publicados por el INRA (2004).

## Energía neta (EN)

La EN se define como la EM menos el incremento de calor, que es el calor producido (y, por tanto, la energía utilizada) durante la digestión del alimento, el metabolismo de los nutrientes y la excreción de los residuos. La energía disponible que queda tras estas pérdidas es la que realmente se usa para el mantenimiento y la producción; es decir, el crecimiento, la gestación y la lactancia. La EN es el único sistema que determina la energía que realmente usa el animal y, por lo tanto, la forma más precisa y adecuada que existe hasta la fecha para determinar el contenido energético de los alimentos. Sin embargo, es mucho más difícil de calcular y más compleja que la ED o la EM (Moehn *et al.*, 2005).

### Energía neta para cerdos en crecimiento (EN\_CC)

La energía neta para cerdos en crecimiento se calcula a partir de la media de dos ecuaciones ENg4 y ENg5 (Noblet *et al.*, 1994).

$$\text{ENg4 [MJ/kg MS]} = (0,703 * (\text{ED\_CC [kcal/kg MS]}) + (15,8 * \text{extracto etéreo [\% MS]}) + (4,7 * \text{almidón [\% MS]}) - (9,7 * \text{proteína bruta [\% MS]}) - (9,8 * \text{fibra bruta [\% MS]}) * 0,0041868$$

$$\text{ENg5 [MJ/kg MS]} = (0,70 * (\text{ED\_CC [kcal/kg MS]}) + (16,1 * \text{extracto etéreo [\% MS]}) + (4,8 * \text{almidón [\% MS]}) - (9,1 * \text{proteína bruta [\% MS]}) - (8,7 * \text{fibra detergente ácido [\% MS]}) * 0,0041868$$

### Energía neta para cerdas (EN\_C)

$$\text{EN\_C [MJ/kg MS]} = (0,703 * (\text{ED\_C [kcal/kg MS]}) + (15,8 * \text{extracto etéreo [\% MS]}) + (4,7 * \text{almidón [\% MS]}) - (9,7 * \text{proteína bruta [\% MS]}) - (9,8 * \text{fibra bruta [\% MS]}) * 0,0041868$$

Referencia: Noblet *et al.* (1994)

## Energía metabolizable aparente para aves de corral (EMAn)

La EMAn se refiere al valor corregido para la retención nula de nitrógeno.

En función de la materia prima o del pienso acabado se aplican diferentes ecuaciones para calcular

la EMAn, de acuerdo con la *Tabla europea de valores energéticos para piensos avícolas*, 3.ª edición (1989). La fórmula específica de cada materia prima se aplica a las recogidas en la siguiente tabla:

Materia prima	Factor de la materia seca	Factor de las cenizas brutas	Factor de la proteína bruta	Factor del extracto etéreo	Factor de la fibra bruta	Factor del extracto no nitrogenado	Factor del almidón	Factor de los azúcares
<b>Harina de repostería</b>			14,43	31,84		15,76		
<b>Cebada</b>	9,258	-9,258					6,81	
<b>Harina de sangre</b>			14,43	27,18				
<b>Maíz</b>			15,15	35,75		15,59		
<b>Gluten de maíz</b>			17,13	36,89		13,86		
<b>Harina de semilla de algodón</b>	8,898			19,72	-12,91			
<b>DDGS</b>	16,38	-16,38	-4,066		-26,7			
<b>Harina de plumas</b>			13,89	24,07				
<b>Harina de pescado</b>	15,01	-14,26		17,61				
<b>Altramuces</b>			16,59	33		1,559		
<b>Harina de carne y huesos</b>	14,2	-19,15		25,1				
<b>Leche en polvo</b>			17,13	32,62		7,968		
<b>Mijo</b>			15,15	29,12		15,94		
<b>Avena</b>	12,98	-12,98		48,82	-25,5			
<b>Harina de cacahuete</b>	12,42			25,5	-25,47			
<b>Guisantes</b>			15,51	31,06		13,34		
			12,98	31,06				
<b>Torta de presión de colza</b>			13,71	34,94		5,543		
<b>Harina de colza</b>			13,71	27,18		5,543		
<b>Colza sin procesar</b>			12,62	38,05		3,811		
<b>Harina de arroz</b>	19,54	-19,54	-29,1	17,97	-34,29			
<b>Salvado de arroz</b>	19,54	-19,54	-29,1	17,97	-34,29			
<b>Centeno</b>			10,82	12,42		12,99		
<b>Harina de sésamo</b>			16,23	11,65		3,811		
<b>Sorgo</b>			12,98	32,23		15,76		

<b>Soja triturada y torta de presión de soja</b>			15,69	29,51		6,236		
<b>Harina de semilla de girasol</b>	2626	-2626	10,62	26,2				
<b>Tapioca (Cassava)</b>	16,38	-16,38			-34,64			
<b>Triticale</b>			14,43	26,01		14,9		
<b>Trigo</b>			14,61	26,4		15,24		
<b>Salvado de trigo</b>	16,78	-16,78			-69,2			
<b>Suero de leche</b>			16,23	32,62		7,968		
<b>Levadura</b>			13,71	22,13		14,72		

$$\begin{aligned}
 \text{EMAn [MJ/Kg MS]} = & (\text{factor de la materia seca} * \text{materia seca} [\%]) \\
 & + \text{factor de las cenizas brutas} * \text{cenizas brutas} [\% \text{ MS}] \\
 & + \text{factor de la proteína bruta} * \text{proteína bruta} [\% \text{ MS}] \\
 & + \text{factor del extracto etéreo} * \text{extracto etéreo} [\% \text{ MS}] \\
 & + \text{factor de la fibra bruta} * \text{fibra bruta} [\% \text{ MS}] \\
 & + \text{factor del extracto no nitrogenado} * \text{extracto no nitrogenado} [\% \text{ MS}] \\
 & + \text{factor del almidón} * \text{almidón} [\% \text{ MS}] \\
 & + \text{factor de los azúcares} * 0,95 * \text{azúcares} [\% \text{ MS}] / 100
 \end{aligned}$$

MS [%] = 100, ya que todos los datos se emplean de acuerdo con la estandarización del 100 % de la materia seca.

Para más información, consulte el apartado "Estandarización de la materia seca".

Referencia: WPSA (1989)

Para la harina de coco (copra) se aplica la fórmula general, en la que se tiene en cuenta el extracto etéreo digestible, la proteína bruta digestible y el extracto no nitrogenado digestible; en ella se emplearon los factores de digestibilidad que se indican a continuación (CVB, 2012):

Materia prima	Condiciones	Factor de digestibilidad de la proteína bruta	Factor de digestibilidad del extracto etéreo	Factor de digestibilidad del extracto no nitrogenado
Harina de coco (copra)	EE <10 %	71	89	25
Harina de coco (copra)	EE >10 %	71	90	25

$$\begin{aligned} \text{AMEn [MJ/Kg MS]} &= (0,3883 * \text{DIG\_extracto etéreo} * \text{extracto etéreo [\% MS]} \\ &+ 0,1803 * \text{DIG\_proteína bruta} * \text{proteína bruta [\% MS]} \\ &+ 0,1732 * \text{DIG\_extracto no nitrogenado} * \text{extracto no nitrogenado [\% MS]}) / 100 \end{aligned}$$

Referencia: WPSA (1989)

Para las demás materias primas (por ejemplo, la harina de guar, de mostaza o de palmiste) y para los piensos acabados para aves de corral y gallinas ponedoras, se aplica la fórmula general basada en la PB, el EE, el almidón y los azúcares del análisis proximal:

$$\begin{aligned} \text{AMEn [MJ/Kg MS]} &= ((15,51 * \text{proteína bruta [\% MS]} \\ &+ (34,31 * \text{extracto etéreo [\% MS]}) \\ &+ (16,69 * \text{almidón [\% MS]}) \\ &+ (13,01 * 0,95 * \text{azúcares [\% MS]})) / 100 \end{aligned}$$

Referencia: WPSA (1989)

## Estandarización de la materia seca

En las publicaciones de Noblet los parámetros de entrada para todas las ecuaciones se calculan a partir de composiciones nutricionales basadas en valores estandarizados de la materia seca al 100 %.

Los valores que se muestran en los datos analíticos avanzados se basan en una base tal cual (tal como se suministra), en una materia seca estandarizada al 88 % (productos de origen vegetal) o al 91% (productos de origen animal).

La materia seca estandarizada en grasa bruta, la ED, la EM, la EN y la EMAn (al 88 % y al 91%, respectivamente) se calcula estandarizando primero la composición nutricional tal cual (de PB; extracto etéreo; cenizas; almidón; fibra detergente neutro, FND; fibra detergente ácido, FAD; FB) al 100% de la materia seca. A continuación, se aplican las fórmulas energéticas y, por último, los resultados se vuelven a estandarizar al 88 %, al 91 % o se basan en la materia seca tal cual.

## Valores atípicos

Los parámetros individuales usados en las fórmulas de cálculo podrían convertirse en valores atípicos. En los cálculos de AMINONIR® NRG podría ocurrir en los dos siguientes casos: cuando uno o más parámetros necesarios para el cálculo individual se consideran un valor atípico de la NIRS en la predicción básica de AMINONIR® Prox; en ese caso, se mostrará el término "outlier" (valor atípico) en vez de un valor energético. Cuando uno o más parámetros no están incluidos en la calibración de AMINONIR® Prox (por ejemplo, almidón, FAD, FND o FB, ya que su contenido en los productos de origen animal es del 0 %), el parámetro se consideraría del 0 %, se harían los cálculos y se determinarían los valores energéticos correspondientes.

## Referencias

- CVB, 2012. *CVB Feed Table 2011. Chemical Compositions and Nutritional Values of Feed Materials*. Product Board Animal Feed 2012.
- Ewan, R. C. (1989). "Predicting the Energy Utilization of Diets And Feed Ingredients By Pigs", páginas 271-274 en *Energy Metabolism, European Association of Animal Production Bulletin* No. 43, Y. van der Honing y W. H. Close, eds. Pudoc Wageningen, Países Bajos.
- Le Goff, G. y J. Noblet. 2001. "Comparative Total Tract Digestibility of Dietary Energy and Nutrients in Growing Pigs and Adult Sows". *Journal of Animal Science* 79:2418-2427.
- Noblet, J. y J. M. Perez (1993). "Prediction of Digestibility of Nutrients and Energy Values of Pig Diets from Chemical Analysis". *Journal of Animal Science* 71: 3389-3398.
- Noblet, J. y X. S. Shi (1993). "Comparative Digestibility of Energy and Nutrients in Growing Pigs Fed *Ad Libitum* and Adult Sows Fed at Maintenance". *Livestock Production Science* 34: 137-152.
- Noblet, J., H. Fortune, X. S. Shi y S. Dubois (1994). "Prediction of Net Energy Value of Feeds for Growing Pigs". *Journal of Animal Science* 72: 344-354.
- WPSA (1989). *The European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs*. Nutrition of the European Federation of Branches of the World's Poultry Science Association. Subcommittee Energy of the Working Group (Beekbergen, Países Bajos).
- Véase también: Payne, R. L. y R. T. Zijlstra (2007). *A Practical Guide for Implementing Net Energy into Commercial Swine Production*, AMINONews® 9 (3): 1-7.