

COEFICIENTES Y ECUACIONES DE REGRESIÓN PARA EL AJUSTE DEL VALOR NUTRITIVO DE ALIMENTOS DE ELEVADA VARIABILIDAD

Carlos de Blas Beorlegui
Departamento de Producción Animal
Universidad Politécnica de Madrid

La información presentada en este trabajo tiene por objeto mejorar la precisión de la predicción del valor energético y proteico de aquellos ingredientes cuya composición analítica varía considerablemente entre las partidas que reciben las fábricas de pienso.

Las materias primas seleccionadas con este criterio entre las incluidas en las Tablas FEDNA (2010) han sido los subproductos de molinería del trigo (salvados, tercerillas y harinillas), las harinas de girasol, de soja, de alfalfa, de carne y de pescado. Todas ellas se encuentran valoradas en las Tablas FEDNA (2010) para diferentes categorías de composición analítica (nivel de almidón, fibra o proteína) en función de su rango de variabilidad analítica.

Para los casos de partidas cuya composición se encuentra fuera de las categorías definidas en Tablas se propone el uso de metodologías estadísticas de regresión para conseguir una mejor predicción de su valor nutritivo. Dada la elevada variabilidad de estas materias primas, la mayor parte de las ecuaciones obtenidas para los diferentes componentes del valor nutritivo compilados en las Tablas FEDNA resultaron ser significativas. En los casos donde no lo fueron (NS) se propone utilizar directamente el valor recogido en Tablas más similar al de la partida objeto de análisis.

Las variables independientes utilizadas en cada uno de los ingredientes se han seleccionado utilizando métodos de regresión stepwise (paso a paso). El modelo seleccionó una única variable por ingrediente: fibra bruta para subproductos de molinería del trigo y harinas de girasol y proteína bruta para el resto. La precisión de las ecuaciones no mejoró

por la inclusión de términos cuadráticos. Todos los valores de las ecuaciones están expresados utilizando las mismas unidades de las Tablas FEDNA, en base a materia fresca.

Los resultados de las ecuaciones pueden emplearse en la práctica de dos formas. En los cuadros adjuntos se resumen por un lado los valores de los coeficientes de regresión obtenidos en cada una de las ecuaciones. Esta información puede utilizarse para corregir las desviaciones de cada uno de los parámetros (en sentido positivo o negativo según el signo del coeficiente, y en las unidades utilizadas en las Tablas: Kcal/kg ó %), por cada unidad porcentual de incremento de la variable independiente correspondiente (% de fibra o proteína bruta según los casos). Para ello, podrían utilizarse como referencia los valores presentados en Tablas de la categoría más próxima a la partida objeto de valoración.

Por otra parte, se adjuntan igualmente las ecuaciones de regresión calculadas para cada parámetro de valoración nutritiva de cada uno de las materias primas estudiadas. Para facilitar su uso se ha desarrollado una aplicación informática que particulariza la ficha completa de valoración nutritiva de cada ingrediente introduciendo el dato analítico obtenido para la partida objeto de análisis y que está disponible on line (www.fundacionfedna.org).

COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA EL AJUSTE DE VALORES DE LAS TABLAS FEDNA-2010.

1. VALOR ENERGÉTICO RUMIANTES

ingrediente	predictor	EM-RUM kcal/kg	UFI	UFc	ENI kcal/kg	ENm kcal/kg	ENc kcal/kg
Salvado	FB	-93.4	-0.0346	-0.0408	-67.3	-69.1	-57.2
Girasol	FB	-49.9	-0.0259	-0.031	-34.6	-54.2	-40.0
Soja	PB	+27.4	+0.00548	+0.00548	+20.5	+21.9	+14.6
Alfalfa	PB	+42.7	+0.0142	+0.0174	+31.7	+37.5	+34.4
Carne	PB	+37.0	+0.0137	+0.0152	+26.0	+27.4	+22.9
Pescado	PB	+36.5	+0.0138	+0.0135	+27.4	+27.8	+21.2

**COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA EL AJUSTE DE VALORES DE LAS TABLAS FEDNA 2010,
2. VALOR ENERGÉTICO MONOGÁSTRICOS (kcal/kg)**

Ingrediente	Predictor	ED crecimiento porcino	EM crecimiento porcino	EN crecimiento porcino	EN cerdas	EMAn- pollos<21 d	EMAn- broilers y ponedoras	ED conejos	ED caballos
Salvado	FB	-117	-126	-120	-101	-193	-171	-130	-108
Girasol	FB	-55,0	-56,5	-35,3	-29,6	-51,8	-52,1	-78,5	-53,5
Soja	PB	+29,1	+12,8	+18,8	+12,2	+44,9	+36,2	+29,1	+20,2
Alfalfa	PB	+55,0	+51,4	+40,9	+39,7	+53,4	+56,7	+60,6	+57,4
Carne	PB	+41,2	+30,7	+12,3	+12,3	+24,4	+28,3	ND ¹	ND
Pescado	PB	+62,6	+45,9	+26,3	+26,3	+47,4	+44,0	ND	ND

¹ND: valores no determinados

**COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA EL AJUSTE DE VALORES DE LAS TABLAS FEDNA-2010,
3. DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE AMINOACIDOS PORCINO (% PB)**

Ingrediente	predictor	Lys	Met	Met+Cis	Thr	Trp	Ile	Val	Arg
Salvado	FB	-0,711	-1,092	-1,240	-1,092	-0,947	-1,449	-0,947	-1,092
Girasol	FB	-0,493	-0,290	-0,410	-0,455	-0,410	-0,449	-0,493	-0,290
Soja	PB	+0,675	+0,675	+0,675	+0,675	+0,675	+0,675	+0,675	+0,392
Alfalfa	PB	+2,123	+1,693	+1,854	+0,938	+0,532	+0,778	+0,754	+1,076
Carne	PB	+0,377	+0,377	+0,146	NS ¹	NS	NS	NS	NS
Pescado	PB	+0,266	+0,266	+0,266	+0,189	+0,298	+0,189	+0,189	+0,189

¹Ecuación de predicción no significativa

**COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA EL AJUSTE DE VALORES DE LAS TABLAS FEDNA 2010,
4. DIGESTIBILIDAD ILEAL ESTANDARIZADA AMINOACIDOS PORCINO (% PB)**

Ingredientes	Predictor	Lys	Met	Azuf	Thr	Trp	Ile	Val	Arg
Salvado	FB	-1,388	-1,210	-1,328	-1,742	-1,331	-1,624	-1,479	-0,872
Girasol	FB	-0,328	-0,410	-0,410	-0,322	-0,454	-0,328	-0,330	-0,533
Soja	PB	+0,675	+0,548	+0,704	+0,603	+0,704	+0,548	+0,704	NS
Alfalfa	PB	+1,739	+1,201	+1,201	+0,754	+0,509	+0,509	+0,531	+1,076
Carne	PB	+0,338	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Pescado	PB	+0,266	+0,266	+0,266	+0,079	+0,188	+0,079	+0,188	+0,079

**COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA EL AJUSTE DE VALORES DE LAS TABLAS FEDNA 2010,
5. DIGESTIBILIDAD fecal real AAs AVES (% PB)**

Ingredientes	predictor	Lys	Met	Azuf	Thr	Trp	Ile	Val	Arg
Salvado	FB	-1,361	-0,834	-1,361	-1,312	-1,307	-1,579	-1,551	-0,466
Girasol	FB	-0,491	-0,410	-0,410	-0,493	-0,410	-0,290	-0,328	-0,328
Soja	PB	+0,548	+0,704	+0,548	+0,649	NS	NS	+0,678	+0,620
Alfalfa	PB	+1,532	+1,447	+1,819	+0,502	+0,765	+0,732	+0,508	+1,162
Carne	PB	+0,313	+0,696	+0,383	+0,450	NS	NS	NS	NS
Pescado	PB	NS	NS	+0,266	+0,266	NS	NS	+0,234	+0,234

ECUACIONES DE REGRESIÓN TABLAS FEDNA 2010
para alimentos de elevada variabilidad analítica

1. - SALVADOS Y HARINILLAS DE TRIGO

Valor energético

EM rumiantes (Kcal/kg) = 3,206 – 93,4% FB

UFI/kg = 1,17 – 0,0346% FB

UFc/kg = 1,18 – 0,0408% FB

ENI rumiantes (kcal/kg) = 2,105 – 67,3% FB

ENm rumiantes (kcal/kg) = 2,234 – 69,1% FB

ENc rumiantes (kcal/kg) = 1,572 – 57,2% FB

EDc porcino (kcal/kg) = 3,625 – 117% FB

EMc porcino (kcal/kg) = 3,552 – 126% FB

ENc porcino (kcal/kg) = 2,793 – 120% FB

EN cerdas (kcal/kg) = 2,795 – 101% FB

EM pollitos (kcal/kg) = 3,249 – 193% FB

EM broilers/ponedoras (kcal/kg) = 3,439 – 171% FB

ED conejos (kcal/kg) = 3,515 – 130% FB

ED caballos (kcal/kg) = 3,597 – 108% FB

Degradabilidad PB rumiantes

PB degradable (%) = NS⁽¹⁾

PB indegradable (%) = NS

PB indegradable digestible (%) = NS

PDIA (%) = NS

PDIE (%) = NS

PDIN (%) = NS

Lys (% PDIE) = NS

Met (% PDIE) = NS

⁽¹⁾No significativa

DIA porcino (% PB)

lys = 75,7 – 0,711% FB

met = 85,5 – 1,09% FB

met + cys = 83,9 – 1,24% FB

thr = 71,5 – 1,09% FB

trp = 80,6 – 0,947% FB

ile = 82,8 – 1,45% FB

val = 79,6 – 0,947% FB

arg = 91,5 – 1,09% FB

DIS porcino (% PB)

lys = 86,2 – 1,39% FB

met = 90,5 – 1,21% FB

met + cys = 89,4 – 1,33% FB

thr = 86,1 – 1,74% FB

trp = 88,9 – 1,33% FB

ile = 91,1 – 1,62% FB

val = 88,2 – 1,48% FB

arg = 94,9 – 0,872% FB

DR aves (% PB)

lys = 85,3 – 1,36% FB

met = 90,5 – 0,834% FB

met + cys = 89,2 – 1,36% FB

thr = 82,1 – 1,31% FB

trp = 89,3 – 1,31% FB

ile = 89,4 – 1,58% FB

val = 87,5 – 1,55% FB

arg = 88,6 – 0,466% FB

2.- HARINAS DE GIRASOL**Valor energético**

EM rumiantes (kcal/kg) = 3,168 – 49,9% FB

UFI/kg = 1,28 – 0,0259% FB

UFc/kg = 1,08 – 0,031% FB

ENI rumiantes (kcal/kg) = 2,045 – 34,64% FB

ENm rumiantes (kcal/kg) = 2,493 – 54,23% FB

ENc rumiantes (kcal/kg) = 1,640 – 40,0% FB

EDc porcino (kcal/kg) = 3,705 – 55,0% FB

EMc porcino (kcal/kg) = 3,522 – 56,5% FB

ENc porcino (kcal/kg) = 2,079 – 35,3% FB

EN cerdas (kcal/kg) = 2,056 – 29,6% FB

EM pollitos (kcal/kg) = 2,463 – 51,8% FB

EM broilers/ponedoras (kcal/kg) = 2,683 – 52,1% FB

ED conejos (kcal/kg) = 4,044 – 78,4% FB

ED caballos (kcal/kg) = 3,711 – 53,5% FB

Degradabilidad PB rumiantes

PB degradable (%) = 47,4 – 1,023% FB

PB indegradable (%) = 11,1 – 0,173% FB

PB indegradable digestible (%) = 10,8 – 0,197% FB

PDIA (%) = 10,2 – 0,132% FB

PDIE (%) = 17,5 – 0,280% FB

PDIN (%) = 33,4 – 0,542% FB

Lys (% PDIE) = 6,21 – 0,0163% FB

Met (% PDIE) = 2,42 – 0,0163% FB

DIA porcino (% PB)

lys = 88,3 – 0,493% FB

met = 93,2 – 0,290% FB

met + cys = 91,6 – 0,410% FB

thr = 88,2 – 0,455% FB

trp = 89,6 – 0,410% FB

ile = 90,7 – 0,449% FB

val = 90,3 – 0,493% FB

arg = 97,2 – 0,290% FB

DIS porcino (% PB)

lys = 87,2 – 0,328% FB

met = 96,6 – 0,410% FB

met + cys = 93,6 – 0,410% FB

thr = 87,7 – 0,322% FB

trp = 92,2 – 0,454% FB

ile = 90,2 – 0,328% FB

val = 89,1 – 0,330% FB

arg = 104 – 0,533% FB

DR aves (% PB)

lys = 93,4 – 0,491% FB

met = 98,6 – 0,410% FB

met + cys = 91,6 – 0,410% FB

thr = 96,3 – 0,493% FB

trp = 95,6 – 0,410% FB

ile = 95,2 – 0,290% FB

val = 93,2 – 0,328% FB

arg = 100 – 0,328% FB

3.- HARINAS DE SOJA**Valor energético**

EM rumiantes (kcal/kg) = 1,604 + 27,4% PB

UFI/kg = 0,78 + 0,00548% PB

UFc/kg = 0,78 + 0,00548% PB

ENI rumiantes (kcal/kg) = 900 + 20,5% PB

ENm rumiantes (kcal/kg) = 953 + 21,9% PB

ENc rumiantes (kcal/kg) = 691 + 14,6% PB

EDc porcino (kcal/kg) = 2,002 + 29,1% PB

EMc porcino (kcal/kg) = 2,559 + 12,8% PB

ENc porcino (kcal/kg) = 1,120 + 18,8% PB

EN cerdas (kcal/kg) = 1,583 + 12,2% PB

EM pollitos (kcal/kg) = - 96,3 + 44,9% PB

EM broilers/ponedoras (kcal/kg) = 634 + 36,2% PB

ED conejos (kcal/kg) = 1,942 + 29,1% PB

ED caballos (kcal/kg) = 2,454 + 20,2% PB

Degradabilidad PB rumiantes

PB degradable (%) = 0,198 + 0,646% PB

PB indegradable (%) = - 0,137 + 0,353% PB

PB indegradable digestible (%) = - 0,260 + 0,338% PB

PDIA (%) = 8,75 + 0,171% PB

PDIE (%) = 13,3 + 0,187% PB

PDIN (%) = 17,5 + 0,327% PB

Lys (% PDIE) = NS

Met (% PDIE) = NS

DIA porcino (% PB)

lys = 57,3 + 0,675% PB

met = 57,3 + 0,675% PB

met + cys = 53,3 + 0,675% PB

thr = 52,3 + 0,675% PB

trp = 54,3 + 0,675% PB

ile = 55,3 + 0,675% PB

val = 54,3 + 0,675% PB

arg = 74,5 + 0,392% PB

DIS porcino (% PB)

lys = 58,3 + 0,675% PB

met = 65,1 + 0,548% PB

met + cys = 55,3 + 0,704% PB

thr = 58,3 + 0,603% PB

trp = 55,3 + 0,704% PB

ile = 63,1 + 0,548% PB

val = 55,3 + 0,704% PB

arg = NS

DR aves (% PB)

lys = 63,1 + 0,548% PB

met = 56,3 + 0,704% PB

met + cys = 60,1 + 0,548% PB

thr = 55,1 + 0,649% PB

trp = NS

ile = NS

val = 57,1 + 0,678% PB

arg = 67,0 + 0,519% PB

4.- HARINAS DE ALFALFA**Valor energético**

EM rumiantes (kcal/kg) = 1,079 + 42,7% PB

UFI/kg = 0,413 + 0,0142% PB

UFc/kg = 0,278 + 0,0174% PB

ENI rumiantes (kcal/kg) = 565 + 31,7% PB

ENm rumiantes (kcal/kg) = 553 + 37,5% PB

ENc rumiantes (kcal/kg) = 79,2 + 34,4% PB

EDc porcino (kcal/kg) = 855 + 55,0% PB

EMc porcino (kcal/kg) = 807 + 51,4% PB

ENc porcino (kcal/kg) = 176 + 40,9% PB

EN cerdas (kcal/kg) = 325 + 39,7% PB

EM pollitos (kcal/kg) = - 182 + 53,4% PB

EM broilers/ponedoras (kcal/kg) = - 87,8 + 56,7% PB

ED conejos (kcal/kg) = 723 + 60,6% PB

ED caballos (kcal/kg) = 880 + 57,4% PB

Degradabilidad PB rumiantes

PB degradable (%) = - 2,66 + 0,892% PB

PB indegradable (%) = NS

PB indegradable digestible NS(%) = NS

PDIA (%) = NS

PDIE (%) = NS

PDIN (%) = 0,376 + 0,578% PB

Lys (% PDIE) = NS

Met (% PDIE) = NS

DIA porcino (% PB)

lys = 16,6 + 2,12% PB

met = 39,8 + 1,69% PB

met + cys = 15,6 + 1,85% PB

thr = 39,0 + 0,938% PB

trp = 40,5 + 0,532% PB

ile = 48,2 + 0,778% PB

val = 44,8 + 0,754% PB

arg = 43,3 + 1,076% PB

DIS porcino (% PB)

lys = 27,6 + 1,74% PB

met = 51,4 + 1,20% PB

met + cys = 33,4 + 1,20% PB

thr = 48,8 + 0,755% PB

trp = 46,1 + 0,509% PB

ile = 57,1 + 0,509% PB

val = 53,5 + 0,531% PB

arg = 48,3 + 1,076% PB

DR aves (% PB)

lys = 31,0 + 1,53% PB

met = 46,1 + 1,45% PB

met + cys = 25,9 + 1,82% PB

thr = 51,5 + 0,503% PB

trp = NS

ile = NS

val = NS

arg = 40,3 + 1,16% PB

5.- HARINAS DE CARNE

Valor energético

EM rumiantes (kcal/kg) = 801 + 37,0% PB

UFI/kg = 0,308 + 0,0137% PB

UFc/kg = 0,234 + 0,0152% PB

ENI rumiantes (kcal/kg) = 391 + 26,0% PB

ENm rumiantes (kcal/kg) = 442 + 27,4% PB

ENc rumiantes (kcal/kg) = 68,0 + 22,9% PB

EDc porcino (kcal/kg) = 1,051 + 41,2% PB

EMc porcino (kcal/kg) = 1,250 + 30,7% PB

ENc porcino (kcal/kg) = 1,255 + 12,3% PB

EN cerdas (kcal/kg) = 1,255 + 12,3% PB

EM pollitos (kcal/kg) = 1,100 + 24,4% PB

EM broilers/ponedoras (kcal/kg) = 1,162 + 28,3% PB

ED conejos (kcal/kg) = ND⁽²⁾

ED caballos (kcal/kg) = ND

Degradabilidad PB rumiantes

PB degradable (%) = - 0,118 + 0,512% PB

PB indegradable (%) = 0,118 + 0,487% PB

PB indegradable digestible (%) = - 0,190 + 0,396% PB

PDIA (%) = 0,040 + 0,435% PB

PDIE (%) = 1,71 + 0,442% PB

PDIN (%) = 0,0052 + 0,698% PB

Lys (% PDIE) = 4,75 + 0,0223% PB

Met (% PDIE) = 0,561 + 0,0146% PB

⁽²⁾Datos de valor nutritivo no disponibles

DIA porcino (% PB)

lys = 54,2 + 0,377% PB

met = 56,2 + 0,377% PB

met + cys = 57,6 + 0,146% PB

thr = NS

trp = NS

ile = NS

val = NS

arg = NS

DIS porcino (% PB)

lys = 57,3 + 0,339% PB

met = NS

met + cys = NS

thr = NS

trp = NS

ile = NS

val = NS

arg = NS

DR aves (% PB)

lys = 60,4 + 0,313% PB

met = 41,6 + 0,696% PB

met + cys = 47,2 + 0,383% PB

thr = 52,0 + 0,460% PB

trp = NS

ile = NS

val = NS

arg = NS

6.- HARINAS DE PESCADO

Valor energético

EM rumiantes (kcal/kg) = 706 + 36,5% PB

UFI/kg = 0,249 + 0,0138% PB

UFc/kg = 0,277 + 0,0135% PB

ENI rumiantes (kcal/kg) = 226 + 27,4% PB

ENm rumiantes (kcal/kg) = 330 + 27,8% PB

ENc rumiantes (kcal/kg) = 90,9 + 21,2% PB

EDc porcino (kcal/kg) = - 216 + 62,6% PB

EMc porcino (kcal/kg) = 326 + 45,9% PB

ENc porcino (kcal/kg) = 354 + 26,3% PB

EN cerdas (kcal/kg) = 354 + 26,3% PB

EM pollitos (kcal/kg) = - 33,4 + 47,4% PB

EM broilers/ponedoras (kcal/kg) = 327 + 44,0% PB

ED conejos (kcal/kg) = ND

ED caballos (kcal/kg) = ND

Degradabilidad PB rumiantes

PB degradable (%) = 0,115 + 0,398% PB

PB indegradable (%) = - 0,115 + 0,602% PB

PB indegradable digestible (%) = - 0,057 + 0,511% PB

PDIA (%) = 3,01 + 0,522% PB

PDIE (%) = 5,37 + 0,511% PB

PDIN (%) = 4,26 + 0,670% PB

Lys (% PDIE) = 6,46 + 0,0189% PB

Met (% PDIE) = 1,81 + 0,00791% PB

DIA porcino (% PB)

lys = 72,3 + 0,266% PB

met = 71,3 + 0,266% PB

met + cys = 69,3 + 0,266% PB

thr = 74,6 + 0,189% PB

trp = 66,0 + 0,298% PB

ile = 77,6 + 0,189% PB

val = 76,6 + 0,189% PB

arg = 77,6 + 0,189% PB

DIS porcino (% PB)

lys = 73,3 + 0,266% PB

met = 72,3 + 0,266% PB

met + cys = 70,3 + 0,266% PB

thr = 83,2 + 0,079% PB

trp = 74,6 + 0,188% PB

ile = 85,2 + 0,079% PB

val = 77,6 + 0,188% PB

arg = 85,2 + 0,079% PB

DR aves (% PB)

lys = 77,9 + 0,156% PB

met = 80,9 + 0,157% PB

met + cys = 68,3 + 0,266% PB

thr = 69,3 + 0,266% PB

trp = 77,9 + 0,157% PB

ile = 79,9 + 0,157% PB

val = 72,6 + 0,234% PB

arg = 74,6 + 0,234% PB

FEDONA