

FORMULACIÓN DE PIENSOS PARA PORCINO DE CEBO: ¿PROGRAMACIÓN LINEAL O ESTOCÁSTICA?

Álvarez-Rodríguez¹, J., Latorre² M.A. y Villalba¹, D.

¹Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Lleida. jalvarez@prodan.udl.cat

²Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza.

INTRODUCCIÓN

La energía, los aminoácidos y el fósforo son los componentes más caros de las dietas porcinas (Stein *et al.*, 2016). Las posibilidades de abaratar la fórmula se ven restringidas por la necesidad de limitar la inclusión de la mayoría de ingredientes, que contienen factores antinutricionales o presentan problemas tecnológicos durante el proceso de fabricación. En formulación de piensos con optimización por programación lineal no se considera la variabilidad en la composición química de los ingredientes, ya que se asume que el valor nutritivo de los ingredientes es fijo. Este trabajo tiene como objetivo analizar la alternativa de formulación de piensos de cerdos de cebo, con optimización estocástica, para tener en cuenta la incertidumbre en los nutrientes aportados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se creó una base de datos de ingredientes (n=20) que incluía: cebada, maíz, trigo, gluten feed, salvado de trigo, pulpa de remolacha, cascarilla de soja, harina de pescado, harina de extracción de soja, soja integral, harina de extracción de colza, harina de extracción de girasol, grasa animal, aceite de soja, corrector vitamínico-mineral, carbonato cálcico, fosfato monocálcico, L-lisina 78%, DL-metionina 99% y L-treonina. Para tener en cuenta la variabilidad en su composición química, se utilizaron los datos de media y desviación estándar de los parámetros de valor nutritivo publicados por la Universidad de Illinois (Stein *et al.*, 2016 y http://nutrition.ansci.illinois.edu/feed_database.html). Se asumió que la composición de la grasa animal, los aminoácidos sintéticos y el corrector vitamínico-mineral no variaba, ya que no se dispuso de desviaciones estándar de las medias.

Se consideraron las necesidades de nutrientes recomendadas por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2013) para cerdos en crecimiento-cebo (20-60 kg, 60-100 kg y >100 kg de peso vivo (PV)), y los límites máximos de incorporación de ingredientes se tomaron de las mismas Tablas (<http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>). La dosis de corrector vitamínico-mineral fue del 0,4% y su coste 1200 €/Tm. Para la estimación del coste de los piensos, se han tomado precios orientativos medios de materias primas facilitados por asociaciones de fabricantes de piensos (Asociación Catalana de Fabricantes de Piensos, ASFAC) y empresas proveedoras de microingredientes (diciembre 2016), sin contabilizar los costes del transporte desde el proveedor hasta la fábrica de pienso.

Las fórmulas se resolvieron con métodos de optimización lineal (50% de probabilidad de acierto) y estocástica (60, 70 y 80%), considerando la minimización del coste del pienso como función objetivo, mediante el programa Winfeed® (Universidad de Cambridge, Reino Unido). Se restringieron los macro-ingredientes que formaban parte de la fórmula con menos de un 0,5%, por su dificultad de correcta dosificación, y se reformuló nuevamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cerdos de 20 a 60 kg PV (Tabla 1), la consideración de la variabilidad en la composición química de ingredientes supuso un incremento de la inclusión de cebada, harina de soja y haba de soja, mientras que acarreó una reducción marcada de la inclusión de trigo y harina de colza. El maíz, por su parte, mostró un comportamiento irregular, pero, en general, su nivel de inclusión ascendió al reducir el riesgo en la composición química de los ingredientes. En cerdos de >60 kg PV, el maíz representó siempre un 40% del total de la fórmula, independientemente del riesgo en su composición. En cerdos de 60 a 100 kg PV (Tabla 2), no se produjo una reducción lineal del nivel de inclusión de harina de colza, mientras la harina de girasol desapareció de la fórmula al reducir el riesgo de variabilidad en la composición química. En el caso de cerdos con >100 kg PV (Tabla 3), la solución por programación lineal incluyó el salvado de trigo, aunque éste desapareció de la fórmula en programación estocástica, en detrimento de los productos de la soja (harina de extracción y

haba de soja integral). El nivel de inclusión de harina de girasol, aceite de soja y minerales apenas se vio afectado por la variabilidad de la composición química de los ingredientes, aunque merece resaltar que la inclusión de fosfato monocálcico se incrementó para reducir el riesgo en los aportes de fósforo.

En todas las fases, la inclusión del riesgo en la composición química de ingredientes supuso un encarecimiento del pienso, que conllevó, paralelamente, un incremento del aporte de nutrientes (piensos más concentrados).

Para compensar una eventual variabilidad en el valor nutritivo de las materias primas, estos resultados corroboran que sería necesario aplicar cierto margen de seguridad en las necesidades nutricionales consideradas, así como incrementar los controles de calidad de ingredientes. Al principio del cebo (20-60 kg PV), las fórmulas estocásticas consideraron los productos de la soja y la cebada como reemplazo al trigo, al maíz, a la harina de colza y a la harina de girasol. Posteriormente (60-100 kg PV), la utilización de productos de la soja fue útil para considerar la variabilidad nutritiva, aunque al final del cebo (>100 kg PV) no fue necesario sustituir ni los cereales ni la harina de colza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Stein, H.H. *et al.*, 2016. Anim Feed Sci Tech 218: 33-69.
- FEDNA, 2013. Normas para la formulación de piensos. Necesidades para ganado porcino.

FEED FORMULATION IN GROWING-FINISHING PIGS: LINEAR OR STOCHASTIC PROGRAMMING?

ABSTRACT: This work analyzed the effects of applying a stochastic compared to linear programming when formulating diets for growing-finishing pigs. This approach increased the feed cost to overcome nutritive value uncertainty. Soybean co-products and canola meal mainly replaced wheat whereas maize and barley remained steady in the feed formulas.

Keywords: nutritive value, feeding, feed cost.

Tabla 1. Fórmulas de pienso para cerdos de 20-60 kg según requerimientos FEDNA (2013).

Ingredientes (%)	Estocástica ¹			Restricciones
	Lineal 50%	60%	70%	
Cebada 10,8% PB		13,8	24,1	
Maíz 8,1% PB	27,8	40	32,1	≤40
Trigo 14,0% PB	45	14,9	14,5	≤45
Harina de soja 48% PB	3	7,5	8	
Soja integral 37,4% PB	1,4	2,7	9	≤12
Harina de colza 00 37,3% PB	12	12	2,8	≤12
Harina de girasol 30% PB	6	5	5,2	≤6
Aceite de soja	1,97	1,42	1,16	≤2
CaCO ₃	1,49	1,4	1,43	
Fosfato monocálcico	0,44	0,47	0,71	
L-lisina 78%	0,43	0,30	0,33	
DL-metionina 99%		0,06	0,19	
L-treonina	0,07	0,05	0,08	
Corrector vitamínico-mineral	0,4	0,4	0,4	
Nutrientes				
EM (kcal/kg)	3231	3198	3218	≥3180
PB (%)	17,4	17,8	17,6	16,2-18
Extracto etéreo (%)	4,0	4,22	4,56	4-8
FND (%)	15,5	15,0	14,4	11-15,5
P total (%)	0,55	0,56	0,57	≥0,55
Lys total (%)	1,04	1,06	1,07	≥1,04
Met total (%)	0,33	0,40	0,51	≥0,32
Thr total (%)	0,68	0,76	0,71	≥0,68
Coste (€/Tm)	215,95	225,27	240,41	

¹El programa no encontró solución para optimización estocástica con 80% de probabilidad de acierto.

Tabla 2. Fórmulas para cerdos de 60-100 kg según requerimientos FEDNA (2013).

Ingredientes	Lineal		Estocástica		Restricciones
	50%	60%	70%	80%	
Cebada 10,8% PB		17,5	20,3	21,2	
Maíz 8,1% PB	40	40	40	40	≤40
Trigo 14,0% PB	35,9	17,9	14,2	12,7	≤45
Soja 48% PB		4,8	3,8	5,4	
Soja integral 37,4% PB			4,8	6,7	≤12
Harina de colza 00 37,3% PB	11,8	12	12	9,5	≤12
Harina de girasol 30% PB	7,6	3,4	0,7		≤6
Aceite de soja	1,91	1,66	1,43	1,55	≤2
CaCO ₃	1,53	1,48	1,42	1,38	
Fosfato monocálcico	0,42	0,51	0,59	0,72	
L-lisina 78%	0,4	0,29	0,25	0,23	
DL-metionina 99%		0,03	0,08	0,19	
L-treonina	0,04	0,03	0,03	0,03	
Corrector vitamínico-mineral	0,4	0,4	0,4	0,4	
Nutrientes					
EM (kcal/kg)	3212	3195	3224	3264	≥3175
PB (%)	15,4	15,8	16,0	16,3	14,8-17
Extracto etéreo (%)	4	4,2	4,5	4,9	4-8
FND (%)	15,5	14,9	14,4	13,8	11-15,5
P total (%)	0,53	0,54	0,55	0,56	≥0,53
Lys total (%)	0,9	0,91	0,92	0,94	≥0,9
Met total (%)	0,29	0,33	0,36	0,48	≥0,28
Thr total (%)	0,58	0,59	0,61	0,62	≥0,58
Coste (€/Tm)	203,59	212,27	221,53	233,84	

Tabla 3. Fórmulas para cerdos de >100 kg según requerimientos FEDNA (2013).

Ingredientes	Lineal		Estocástica		Restricciones
	50%	60%	70%	80%	
Cebada 10,8% PB	25,7	32,9	27,4	25,5	
Maíz 8,1% PB	40	40	40	40	≤40
Trigo 14,0% PB	11,3	6,2	10,8	12,2	≤45
Salvado de trigo 23% almidón	6,2				≤12
Soja 48% PB			0,9	0,6	
Soja integral 37,4% PB				3,3	≤12
Harina de colza 00 37,3% PB	7,9	11,3	12	12	≤12
Harina de girasol 30% PB	4,5	4,8	3,5	1,1	≤6
Aceite de soja	2	2	2	2	≤2
Grasa animal	0,3	0,5	0,9	0,8	≤4
CaCO ₃	1,13	1,22	1,52	1,46	
Fosfato monocálcico	0,27	0,38	0,43	0,53	
L-lisina 78%	0,31	0,26	0,25	0,22	
DL-metionina 99%				0,01	
L-treonina	0,04	0,02	0,02	0,03	
Corrector vitamínico-mineral	0,4	0,4	0,4	0,4	
Nutrientes					
EM (kcal/kg)	3150	3168	3210	3260	≥3150
PB (%)	13,2	13,5	14,0	14,2	13,2-15,1
Extracto etéreo (%)	5	5,2	5,5	5,8	4-8
FND (%)	16,5	16,0	15,4	14,7	11-16,5
P total (%)	0,49	0,50	0,51	0,52	≥0,49
Lys total (%)	0,75	0,76	0,77	0,79	≥0,75
Met total (%)	0,27	0,27	0,27	0,27	≥0,24
Thr total (%)	0,50	0,51	0,53	0,54	≥0,50
Coste (€/Tm)	197,72	200,9	206,7	215,56	