

Modelización en cerdas reproductoras

Desde hace unos años se ha empezado a trabajar de manera intensa en definir una serie de modelos de predicción para el ganado porcino (France and Thornley (1984), Whittemore (1986), Baldwin (1995)). Aunque los modelos no dejan de ser per se unos sistemas de simulación y por tanto, no son un reflejo perfecto a la realidad sino una aproximación, para los nutricionistas representa una herramienta muy interesante para conocer cómo algunos procesos metabólicos afectan al desarrollo productivo de los animales, de manera que sirven también cómo base para toma de decisiones y optimización de recursos en las diferentes estrategias nutricionales.

Jaume Civis y Francesc Payola. Setna Nutrición

RESPECTO a las reproductoras, es muy importante conocer los requerimientos nutricionales en cada fase de su vida productiva, y contemplar además las diferentes variables que pueden modificar estas necesidades cómo son principalmente el peso vivo, la productividad y las condiciones ambientales, de manera que se consigue ajustar a las necesidades reales de los animales, a la vez que no se compromete la salud del medio ambiente. Mantener a las cerdas dentro de un estado corporal correcto asumiendo unas pérdidas adecuadas de espesor de grasa dorsal y músculo dorsal durante la lactación, contribuye a una mayor longevidad de las cerdas en la explotación. El porcentaje de nacidos muertos suele verse incrementado con cerdas que llegan con una condición corporal excesiva a parto y otros parámetros tales como la fertilidad o la prolificidad pueden verse ostensiblemente mejorados controlando la alimentación de la cerda.

El modelo para reproductoras desarrollado por Setna (Solver Sows) es una aplicación informática de modelización de la cerda reproductora diseñado en base a un modelo factorial y validado con diferentes genéticas y condiciones de producción. La dilatada experiencia del personal de Setna en la nutrición de la cerda reproductora ha permitido ajustar esta aplicación hasta conseguir obtener predicciones de comportamiento del metabolismo y de las necesidades de las cerdas muy fieles a la realidad.

Auditoría del estado corporal

La sistemática de trabajo de Setna implica un conocimiento previo de la situación en granja de los animales. De esta manera, se establece un punto de inicio con una primera auditoría evaluando la situación inicial de condición corporal de las cerdas y realizando un primer análisis. Para su realización, se utiliza ecógrafo VETKO-Plus, con capacidad de valoración del E.G.D. (Espesor de grasa dorsal a nivel de última costilla y a 6 cm de la línea media) y E.M.D. (Espesor de músculo

a nivel de última costilla y a 6 cm de la línea media). Para una granja igual ó superior a 1000 cerdas, este sería el muestreo recomendado:

- ✓ 10 cerdas de reposición al llegar a la granja.
- ✓ 10 cerdas de 1er. ciclo a cubrición.
- ✓ 10 cerdas de 1er. ciclo a parto.
- ✓ 10 cerdas de 2º ciclo a cubrición
- ✓ 25 multíparas a cubrición.
- ✓ 25 multíparas a parto.

A partir de aquí, se evalúan la evolución de EGD y EMD en cada ciclo de manera temporal (no biológica) y se considerarán medidas correctoras que puedan implementarse de manera inmediata.

A causa de las diferentes capacidades de deposición grasa y magra para las distintas líneas genéticas, se parte de varias tablas clasificatorias para catalogar el estado de condición corporal (según se muestra el siguiente cuadro):

ESPECIFICACIONES EN E.G.D. - E.M.D.

CERDA LW x LD

PARTO		CUBRICIÓN	
E.G.D.	E.M.D.	E.G.D.	E.M.D.
>28	>55	>24	>50
24-28	50-55	20-24	45-50
20-24	45-50	16-20	40-45
16-20	40-45	12-16	35-40
<16	<40	<12	<35

ESPECIFICACIONES EN E.G.D. - E.M.D.

CERDA DU x LD

PARTO		CUBRICIÓN	
E.G.D.	E.M.D.	E.G.D.	E.M.D.
>26	>55	>22	>50
22-26	50-55	18-22	45-50
19-22	45-50	16-18	40-45
15-19	40-45	12-16	35-40
<16	<40	<12	<35

A partir de estos datos, la estrategia nutricional se basa en recuperar el animal durante los primeras semanas de gestación de manera individual o por grupos según condición corporal para posteriormente en fases más avanzadas de gestación, aplicar una única curva para todo el lote.

Los consumos necesarios para cubrir las necesidades variarán en función de las condiciones encontradas a destete y del propósito que se quiera alcanzar en el siguiente parto, pero no debemos olvidar que toda variación del estado corporal va asociada a una variación del peso de los animales. En el diseño de curvas nutricionales es necesario contemplar ambos parámetros.

Modelización

Posteriormente a esta primera toma de contacto, nos centramos en los que es propiamente la modelización, empezando definiendo claramente tanto la granja cómo la cerda.

I. Caracterización de la granja:

En este apartado se definen características tan importantes como:

La productividad de la explotación

- ✓ Número de lechones nacidos por parto
- ✓ Peso al nacimiento
- ✓ Lechones destetados por cerda
- ✓ Peso al destete

Condiciones de alojamiento de las cerdas

- ✓ Actividad
- ✓ Condiciones térmicas

Condición corporal deseada

- ✓ A parto
- ✓ A destete

Otros puntos de interés

- ✓ Definición de ciclos anuales
- ✓ Duración de la lactación

II. Caracterización de la cerda:

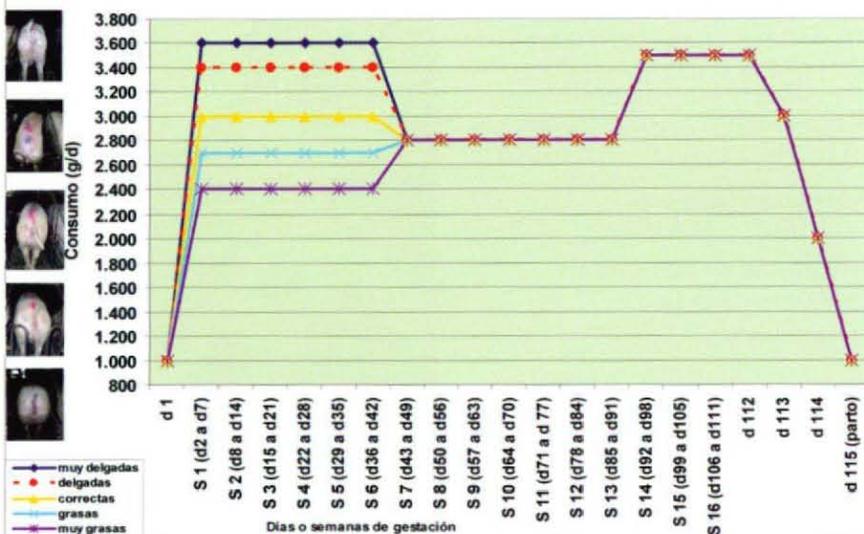
Conocer la curva de crecimiento de la cerda durante su vida productiva ayudará en el ajuste de los cálculos. Por ello, es de especial interés disponer de información del crecimiento de nuestras cerdas a través de los proveedores de la genética. En cualquier caso, se puede obtener la información a partir de un amplio muestreo de pesajes en la propia explotación.

El modelo para reproductoras de Setna es una aplicación informática de modelización de la cerda reproductora diseñado en base a un modelo factorial y validado con diferentes genéticas



SENA

CONSUMO DE LAS CERDAS MÚLTIPARAS EN GESTACIÓN



Modelización en gestación

Conocer cual es la situación inicial, el objetivo y el cálculo de necesidades de mantenimiento y gestación, permite diseñar curvas de alimentación a medida a partir del cálculo del consumo medio diario para cubrir las necesidades de las cerdas.

A pesar de las diferencias aparentes en peso de las cerdas en los distintos ciclos es bien conocido que en cerdas múltiples las mayores necesidades de crecimiento en los primeros ciclos son compensadas por las menores necesidades de mantenimiento.

Por ello y para hacer más aplicativos los cálculos a nivel práctico, se adopta un único resultado en el cálculo de los consumos para cerdas múltiples. De este modo solo las cerdas nulíparas se contemplan como grupo distinto del resto de los ciclos. Pero para llegar al punto de definir curvas de

alimentación en gestación, es preciso conocer previamente las características del pienso de gestación en cuanto a aportes energéticos y proteicos, estos últimos en forma de lisina digestible.

A partir de los consumos calculados con la modelización se pueden llegar a definir curvas de alimentación personalizadas en función de la estrategia nutricional que se quiera emplear.

Las necesidades en lisina de las cerdas deben tenerse en cuenta en el ajuste de las curvas de alimentación para evitar de incurrir en periodos de déficit proteico. Con los aportes de lisina de la dieta diseñada deberían cubrirse las necesidades de las cerdas durante las diferentes fases de gestación.

Modelización en lactación

La concepción de funcionamiento de sistemas de modelización en el periodo de lactación no difiere mucho de la expuesta en el periodo de gestación. A partir del cálculo de los consumos para cubrir las necesidades de la cerda tenemos la posibilidad de ajustar las curvas de alimentación en lactación.

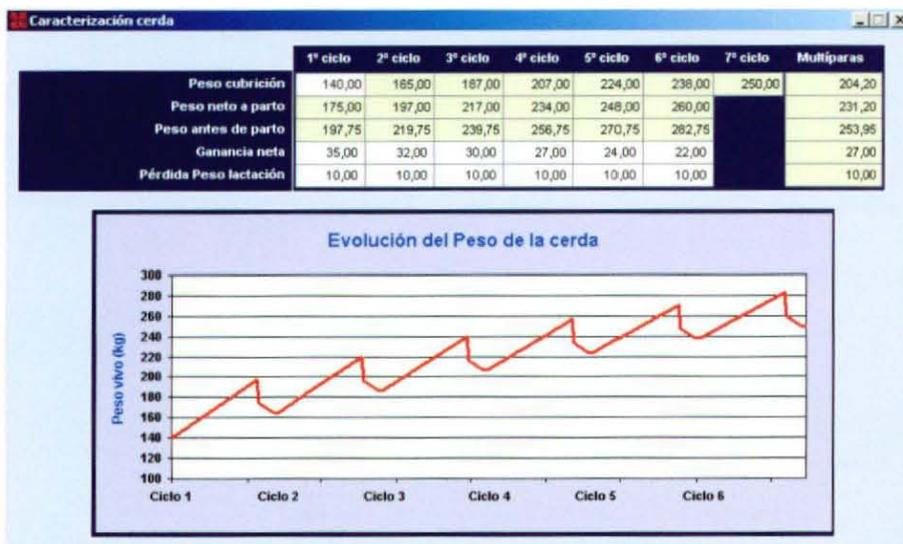
La definición de distintos periodos ajustando los consumos en cada uno de ellos hasta conseguir cubrir las necesidades calculadas permite diseñar unas curvas de lactación adecuadas para que las cerdas conserven una condición corporal correcta a destete.

Es en esta fase dónde es importante tener en cuenta los datos productivos de la explotación, ya que variaciones importantes en cualquiera de los parámetros pueden influir en un aumento de las necesidades de consumo. El cálculo de las necesidades de las cerdas en lactación se realizan considerando una movilización de tejidos grasos y magro óptima.

Una vez calculadas las curvas de consumo, se deben comprobar que no incurran en algún período crítico de ingestión energético o proteico que podrían limitar la productividad esperada.

Conclusiones

En evaluar los datos de las explotaciones observamos que una gran parte de las pérdidas en productividad se relacionan con un desajuste en los programas de alimentación debido a la gran heterogeneidad en la misma granja. Para agravar la situación, se ha observado una tendencia a líneas genéticas con un contenido graso menor y por tanto susceptible a mayores y más graves pérdidas de peso y de reservas corporales, principalmente en la fase más exigente que es la lactación. Aplicar estrategias de alimentación pueden ayudar de



manera determinante en maximizar la capacidad de ingesta en esta fase, a la vez que ayudar para un mejor siguiente ciclo y prolongar la longevidad media de la cerda.

Solver Sows es una herramienta para ayudar a optimizar de manera precisa la productividad de nuestra granja e implementar programas individuales o en grupos para conseguir una máxima homogeneidad de condiciones corporales que sea la más rentable para nuestra explotación.

Hay una tendencia a líneas genéticas con un contenido graso menor y por tanto susceptible a mayores y más graves pérdidas de peso y de reservas corporales, principalmente en la fase más exigente que es la lactación



A partir de los consumos calculados con la modelización se pueden llegar a definir curvas de alimentación personalizadas en función de la estrategia nutricional que se quiera emplear

	Primerizas	Múltiparas
DÍA 1	1,00	1,00
DÍA 2	1,50	1,50
DÍA 3	2,00	2,00
DÍA 4	2,50	2,50
DÍA 5	3,00	3,00
DÍA 6	4,00	4,00
DÍA 7	5,00	5,00
Periodo 2 hasta el día	14	
Periodo 3 hasta el día	21	
Periodo 4 hasta el día		
Periodo 5 hasta el día		
Periodo 6 hasta el día		

Consumo medio diario para cubrir las necesidades. (kg./Día)	5,30	5,73
Consumo medio diario calculado para cubrir las necesidades. (kg./Día)	5,31	5,73

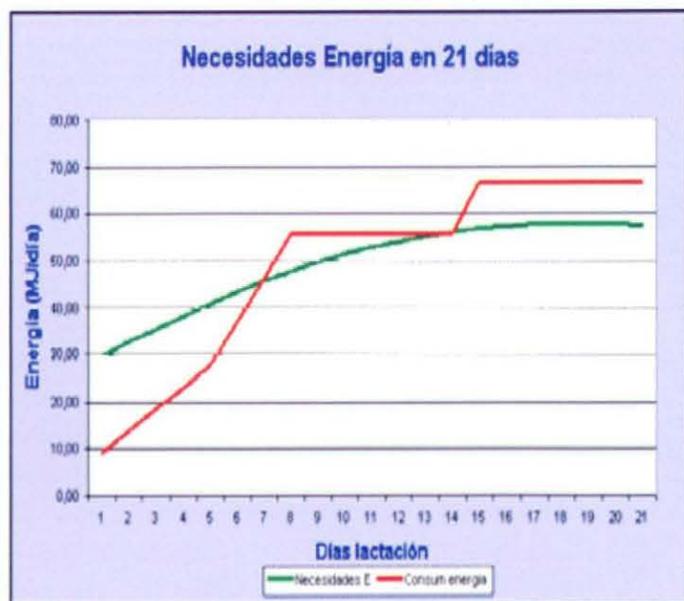
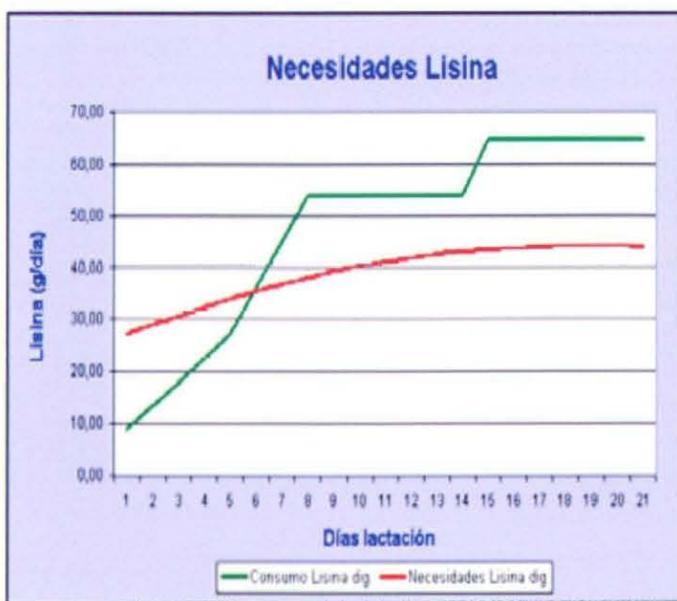
Una vez calculadas las curvas de consumo, se deben comprobar que no incurran en algún período crítico de ingestión energético o proteico que podrían limitar la productividad esperada

		Ciclo 1	Múltiparas
Periodo 1 hasta el día	45	2,20	2,60
Periodo 2 hasta el día	90	2,00	2,20
Periodo 3 hasta el día	110	2,80	3,20
Periodo 4 hasta el día			
Periodo 5 hasta el día			
Periodo 6 hasta el día			
Periodo 7 hasta el día			
Día 111	111	2,50	2,50
Día 112	112	2,50	2,50
Día 113	113	2,50	2,50
Día 114	114	1,50	1,50

Consumo Medio (Kg./día)	2,22	2,53
Consumo medio diario para cubrir las necesidades (Kg./día)	2,23	2,54

Bibliografía

- Dupas M., Briend C., 1997. Appréciation de l'état de truies : ultrasons contre appréciation visuelle. Porc magazine, 197, 132-133.
- J. Noblet, J. Y. Dourmad and M. Etienne. 1990. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. J. Anim Sci. 1990.68562-572
- J.Y. Dourmad, M. Étienne, J. Noblet. 2001. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. INRA Prod. Anim., 14 (1), 41-50
- J.-Y. Dourmad, M. Étienne. 1998. Étude des besoins en lysine et en thréonine de la truie en gestation. Journées Rech. Porcine en France, 30, 201-207.
- Jean-Yves Dourmad, Michel Étienne, Jean Noblet, Alain Valancogne, Serge Dubois, Jaap Van Milgen. 2005. InraPorc : un outil d'aide à la décision pour l'alimentation des truies reproductrices. Journées Recherche Porcine, 37, 299-306.
- Kim, S. W. 1999. Mammary gland growth and nutrient mobilization in lactating sows: A dynamic model to describe nutrient flow. Ph.D. Thesis. University of Illinois. Urbana.
- Kim, S. W., I. Osaka, W. L. Hurley, and R. A. Easter. 1999b. Mammary Gland Growth as Affected by Litter Size in Lactating Sows: Impact on Lysine Requirement. Journal of Animal Science 77:3316-3321.
- Whittemore C.T., Yang, 1989. Physical and chemical composition of the body of breeding sows with differing body subcutaneous fat depth at parturition, differing nutrition during lactation and differing litter size. Anim. Prod., 48, 203-212.



Influencia del uso de óxido de zinc y de fitasas en dietas bajas en fósforo para lechones

El uso de fitasas en los piensos para monogástricos es una práctica corriente debido a su efecto sobre la liberación del fósforo (P) fitico de las paredes celulares de las materias primas. Esto conlleva a un aumento de la digestibilidad del P-vegetal, permite reducir el aporte de P-inorgánico y en consecuencia, reducir la excreción de P (Kemmer et al., 1998).

R. Lizardo. IRTA Centro Mas de Bover

EN lechones, la incorporación de fitasas en los piensos permite mejorar en un 50% la retención y disminuir la excreción del 42% de P en las heces (Lei et al., 1993). No obstante, las fitasas no hidrolizan completamente el Pfitico y una fracción sustancial del P se mantiene indigestible. La molécula del fitato fácilmente se enlaza con los minerales divalentes (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} y Mg^{2+}), reduciendo su biodisponibilidad (Morris, 1986). El aumento del nivel de calcio (Ca) de la dieta disminuye la digestibilidad del P-fitico (Sandberg et al., 1993), reduce la absorción y la concentración plasmática del P (Lantzsche et al., 1995) y disminuye los resultados de crecimiento (Lei et al., 1993). Datos obtenidos in vitro, igualmente demuestran que el zinc es un fuerte inhibidor de la hidrólisis del P-fitico, debido a que al efectuar el enlace se produce un cambio de conformación de la molécula dejándola inaccesible para las fitasas (Champagne y Fisher, 1990; Maenz et al., 1999). Si este tipo de reacciones ocurre in vivo, entonces la actividad de las fitasas puede verse negativamente afectada en las dietas que incorporan niveles elevados de zinc. El requerimiento en zinc para lechones entre 5 y 10 kg es de 100 ppm (NRC, 1998) pero en EEUU, se usa rutinariamente a dosis farmacológicas (1500 a 3000 ppm) en los piensos para prevenir las diarreas (Poulsen, 1995) y promover el crecimiento (Hahn y Baker, 1993; Case y Carlson, 2002). No obstante, una cantidad sustancial de este zinc no es absorbida siendo directamente excretada en las heces. Para evitar el riesgo de contaminación medioambiental, la UE ha decidido limitar el uso del Zinc como aditivo en las dietas para porcino a 150 ppm (Commission Regulation EU n°1334/2003). Sin embargo, al-

gunos países de la UE, entre los cuales España, han acordado una moratoria autorizando el uso terapéutico de dosis farmacológicas de zinc en los piensos, para combatir las diarreas de los lechones en las 2 primeras semanas postdestete. A parte las consecuencias sobre la contaminación medioambiental que conlleva esta decisión, la presencia de una tal cantidad de iones Zn^{2+} deja suponer la posibilidad de interacciones múltiples con otros elementos (Ca, P, Cu, Mg, etc...) del pienso durante la digestión. La hidrólisis, la absorción y mismo el metabolismo podrían verse alterados, afectando a su vez la homeostasis del animal. Después que se haya generalizado el uso terapéutico del óxido de zinc (ZnO) y de haberse extendido la incorporación de fitasas en los piensos empezaron a observarse en granja una mayor frecuencia de cerdos que adoptan la posición de perro sentado, parálisis de los miembros posteriores, más defectos de aplomos, deformación del esqueleto (columna vertebral), rupturas óseas y considerables retrasos del crecimiento. Con el objetivo de intentar detectar el origen de estos problemas se ha diseñado el presente experimento, en el cual se pretende evaluar el uso de fitasas en combinación con dosis farmacológicas de óxido de zinc en

Los tratamientos experimentales corresponden a 4 piensos:

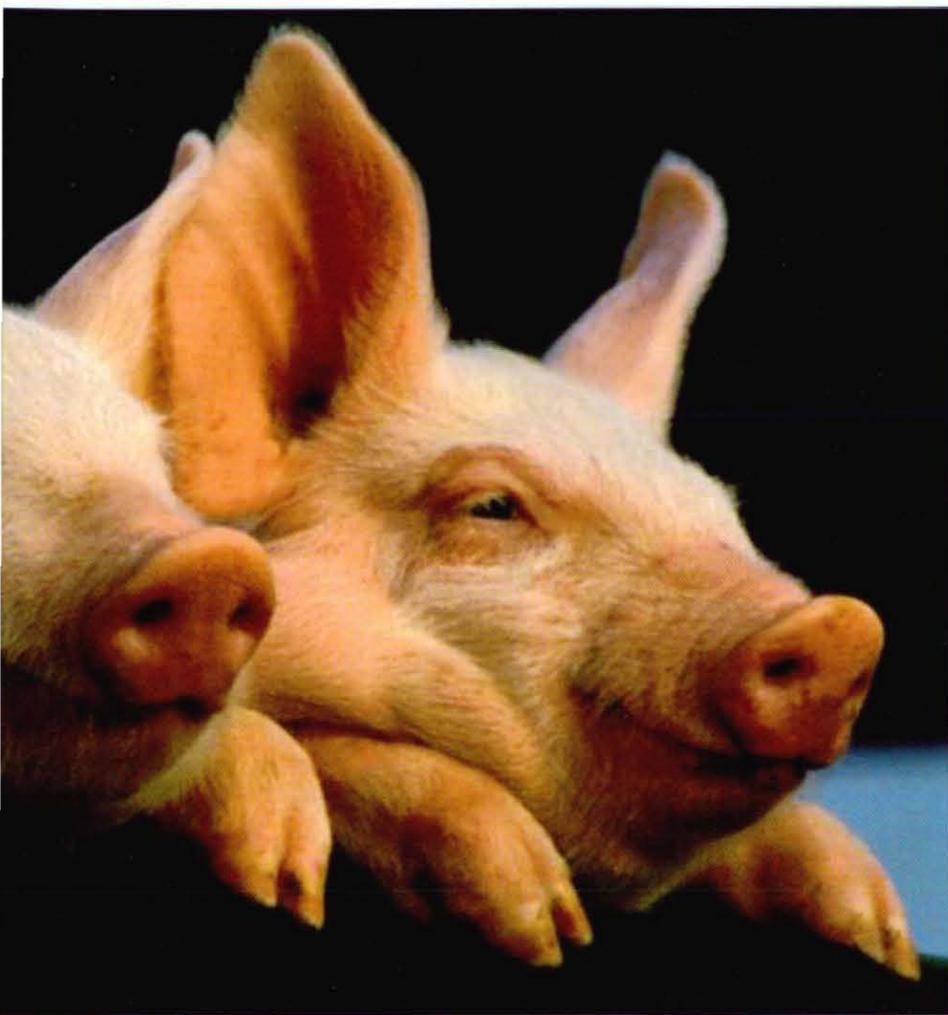
T1, pienso control con nivel de fósforo normal, sin fitasa añadida y con 3000ppm de ZnO;
T2, pienso bajo en fósforo, con 500 FTU/kg de fitasa añadidas y ZnO; **T3**



las dietas para lechones y sus efectos sobre los parámetros zootécnicos y la salud de los lechones en postdestete.

Material y métodos

Los tratamientos experimentales corresponden a 4 piensos: T1, pienso control con nivel de fósforo normal, sin fitasa añadida y con 3000ppm de ZnO; T2, pienso bajo en fósforo, con 500 FTU/kg de fitasa añadidas y ZnO; T3, idéntico a T2 pero sin ZnO; T4, idéntico a T2 pero sin la mezcla de vitaminas y oligoelementos (tabla 1). Estos han sido formulados para contener 4,3 g/kg de P digestible en T1 y 2,8 g/kg en los demás. Todos son medicados (100 ppm salinomocina, 100 ppm apramicina, 600 ppm amoxicilina) y contienen 13,8 MJ/kg EM y 12,4 g/kg de lisina digestible. Durante la fabricación, los piensos fueron granulados a baja temperatura para evitar destruir las fitasas y fue distribuido ad libitum a los lechones durante todo el ensayo. Ciento doce lechones machos castrados Duroc, destetados a los 18 días y pesando $4,56 \pm 0,69$ kg de peso vivo (PV) fueron utilizados. Los lechones



fueron distribuidos de acuerdo con su PV en 7 bloques y alojados en grupos de 4 por corral. El experimento duró 33 días durante los cuales, la temperatura de la sala fue bajando gradualmente desde 32 hasta 24°C. Los lechones fueron pesados al inicio, a los 14 y 33 días del ensayo, controlándose el consumo de pienso en igual período. Se recogieron muestras de sangre a 8 lechones al inicio y a 28 al final (7 por tratamiento) para determinar las concentraciones plasmáticas de Ca y P. Los datos fueron analizados según modelo de bloques completos al azar, utilizando el procedimiento GLM del programa SASTM. Las medias se compararon con un test de Student-Newman-Keuls y 2 análisis por contraste fueron efectuados para discriminar los efectos de la fitasa y del óxido de zinc, por separado.

Resultados y discusión

A pesar del peso vivo inicial haber sido idéntico entre tratamientos, a los 14 días ya se observan diferencias entre tratamientos y que se confirman al final (P<0,001). En cualquiera de los períodos, los lechones de los tratamientos T3 y T1 consumen más pienso, crecen más y presentaron un mejor índice de conversión que los de los tratamientos T2 y T4 (P<0,001). El promedio de la diferencia de PV al final del ensayo entre estos tratamientos es de 5,22 kg. El análisis de contraste para cualquiera de los períodos, indica un efecto negativo de la aplicación de las fitasas combinada a una reducción de los aportes de Ca y P en la dieta, así como de la incorporación de óxido de zinc. Con relación a la concentración inicial, la calcemia aumenta ligeramente al final del ensayo en los tratamientos T1 y T3, muy significativamente en el T2 y no se altera en el T4 (P<0,001) al final de la prueba. La fosfatemia final del T1 es similar a la inicial pero la de los demás tratamientos es significativamente menor (P<0,001). Estos resultados igualmente afectan el ratio Ca:P (P<0,001). Las comparaciones por contraste resultan ser significativas tanto para la incorporación de las fitasas como para el uso del óxido de zinc. En cerdos, la calcemia se mantiene relativamente constante desde el nacimiento hasta el sacrificio mientras que la fosfatemia aumenta del nacimiento hasta las 2 semanas y disminuye después (Ullrey et al., 1967). En función de los resultados de crecimiento, el experimento no permite discriminar cual es la fosfatemia o el ratio Ca:P normales. En presencia de ZnO, la reducción del aporte de Ca y P y la incorporación de fitasas provoca una reducción muy fuerte del P y un aumento del Ca

Tabla 1 Composición centesimal y análisis químico de los piensos experimentales

Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Fitasas	-	+	+	+
Zinc	+	+	-	+
Ingredientes(g/kg)				
Cereales y subproductos	617,0	627,9	627,9	627,9
Harinas proteicas (soja, patata)	220,0	209,6	209,6	209,6
Aminoácidos (LYS, MET, TRP, TRH)	12,3	10,9	10,9	10,9
Lactosuero dulce	80,0	80,0	80,0	80,0
Manteca	23,5	26,0	26,0	26,0
Otros	14,0	32,0	35,0	36,2
Fosfato bicálcico	22,1	2,8	2,8	2,8
Carbonato de calcio	6,1	3,7	3,7	3,7
Vitaminas y oligoelementos	4,0	4,0	4,0	-
Fitasa microbiana	-	0,1	0,1	0,1
Óxido de zinc 80%	3,0	3,0	-	3,0
Análisis químico				
Energía (MJ ME/kg)	13,78	13,82	13,82	13,82
Proteína bruta (g/kg)	184,0	183,3	185,2	186,1
Calcio (g/kg)	10,25	7,45	7,10	7,15
Fósforo (g/kg)	7,45	4,25	4,20	4,30
Zinc (g/kg)	2,47	2,75	0,27	2,55
Actividad fitasa (FTU/kg) ^b	122	403	539	403

^aotros: sal, sepiolita, acidificantes, edulcorante; ^bActividad medida después de la granulación; los valores correspondientes al pienso en harina son respectivamente: 125, 434, 541 y 433 FTU/kg.

plasmáticos. El zinc es un fuerte inhibidor de la hidrólisis del P-fítico, debido a que los iones Zn^{2+} presentan una afinidad bastante elevada por la molécula del fitato (Champagne y Fisher, 1990) y al producirse el enlace se genera un cambio de conformación que deja inaccesible para las fitasas, el complejo P-fitato-Zn recién formado (Maenz et al., 1999). La retirada del ZnO permite bajar la calcemia hasta su nivel normal y aumentar la fosfatemia pero esta última apenas se restablece parcialmente, lo que estará relacionado con el aporte reducido de P digestible del alimento. En la hipótesis que sean normales los valores observados con el tratamiento control (T1), los lechones alimentados con las dietas bajas en P digestible (0,28%) y con fitasas añadidas serían deficientes en fósforo. Ya de por sí, los requerimientos para el máximo crecimiento de los animales son normalmente más bajos que lo necesarios para el máximo desarrollo óseo (NRC, 1998). La evaluación visual de la estructura ósea no permite hacer detectar deficiencias durante el desarrollo, sobre todo en animales muy jóvenes (Cera y Mahan, 1988) pero una deficiencia en P (o en Ca) en postdestete puede tener un efecto en la fase de acabado o en futuras reproductoras. Aunque no se observen diferencias en los resultados productivos de los cerdos alimentados con un nivel sub-optimal de P, es frecuente que se observen y se produzcan rupturas óseas en matadero (Anselm, 2000). Una deficiencia en P en lechones jóvenes normalmente se traduce en raquitismo y cuando los síntomas clínicos se observan ya la recuperación es difícil y lo más efectivo, aunque caro, es eliminar el animal. Por tanto, parece ser juicioso que para los lechones se mantengan unos niveles de P digestible en los piensos elevados y utilizar las fitasas par animales de mayor edad. El uso de dosis farmacológicas de ZnO en condiciones similares a las del experimento y en que no sean frecuentes las diarreas no parece ser necesario ni siquiera como promotor del crecimiento. Los lechones alimentados con la dieta sin ZnO fueron los que presentaron la mejor ganancia de peso, en particular en las primeras semanas después del destete. Este resultado es contrario al de un extenso estudio realizado en EEUU (Hill et al., 2000) pero de alguna forma confirma los resultados de Schell y Kornegay (1996). Es importante recordar que todos los piensos están medicados con antibióticos y no se observaron las diarreas. En estudios recientes, el uso simultáneo de dietas bajas en P y de dosis farmacológicas de ZnO tampoco ha per-

Tabla 2 Influencia del nivel de fósforo, de la incorporación de fitasas y del óxido de zinc sobre los resultados zootécnicos y la concentración plasmática de Ca y P en lechones postdestete

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	RSD	P
Fitasas	-	+	+	+		
Zinc	+	+	-	+		
Resultados entre 0 y 14 días postdestete						
Peso vivo inicial (kg)	4,55	4,56	4,57	4,56	0,15	NS
Ganancia de peso (g/d)	180b	133c	207a	129c	41	***
Consumo de pienso (g/d)	206ab	185b	230a	180b	35	*
Índice de conversión	1,17b	1,45a	1,12b	1,47a	0,19	**
Resultados entre 15 y 33 días postdestete						
Ganancia de peso (g/d)	472a	209c	448a	254b	68	***
Consumo de pienso (g/d)	607a	340b	600a	343b	44	***
Índice de conversión	1,29b	1,64a	1,34b	1,35b	0,08	***
Peso vivo final (kg)	15,90a	10,32b	15,98a	11,10b	1,75	***
Concentración de minerales en la sangre a						
Calcio total (mg/L)	125,0b	139,6a	127,7b	115,7c	8,5	**
Fósforo inorgánico (mg/L)	80,0a	31,0c	50,6b	30,7c	5,7	***
Ratio Ca:P	1,57d	4,51a	2,57c	3,80b	0,38	***

*Los valores al inicio del experimento fueron respectivamente, 113.6 y 75.6 mg/L para el Ca y el P.

mitido incrementar la ganancia de peso o el contenido en cenizas de los huesos de los lechones recién destetados (Augsburger et al., 2004; Williams et al., 2005). La incorporación de fitasas permitió mejorar la ganancia de peso pero solo parcialmente comparado con los lechones suplementados con P-inorgánico. En ambos estudios se sugiere que los iones de Zn aportados en exceso quelatan el fitato, imposibilitando la hidrólisis del P-fítico por las fitasas. En conclusión, aunque la extensificación del uso de fitasas y la utilización de dosis farmacológicas de Zn en las dietas para lechones estén limitadas por diversas razones, a la hora de formular los piensos para porcino habrá que tener en consideración las posibles interacciones entre nutrientes y los efectos secundarios que puedan producirse.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anselm, 2000; Inorganic Feed Phosphates Sector, CEFIC.
- Augspurger et al., 2004; J. Anim. Sci., 82: 1732-1739.
- Case and Carlson, 2002; J. Anim. Sci., 80: 1917-1924.
- Cera y Mahan; 1988; J. Anim. Sci., 1598-1605.
- Champagne y Fisher, 1990; J. Inorg. Biochem. 38: 217-223.
- Commission Regulation UE N°1334/2003 of 25 July 2003.
- Hahn y Baker, 1993; J. Anim. Sci., 71: 3020-3024.
- Hill et al.; 2000. J. Anim. Sci., 78:1010-1016.
- Hill et al.; 2001. J. Anim. Sci., 79: 934-941.
- Kemme et al., 1998; Livest. Prod. Sci., 54: 33-44.
- Lantzsch et al., 1995. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 73: 19-26.
- Lei et al., 1993. J. Anim. Sci., 71:3359-3367.
- Maenz et al., 1999. Anim. Feed Sci. Technol. 81: 177-192.
- Morris; 1986. In: "Phytic acid chemistry and applications", E.D. Graf (eds.).
- The Pillsbury Company, Minneapolis, pp 57-76 NRC; 1998. The nutrient requirements of swine, 10th Ed., Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Poulsen, 1995. Acta Agric. Scand. Anim. Sci., 45: 159-167
- Sandberg et al.; 1993. J. Nutr., 123: 559-566
- Schel & Kornegay; 1996; J. Anim. Sci., 74:1584-1593.
- Ullrey et al., 1967. J. Anim. Sci., 26:1024-1029.