

NECESIDADES DE MINERALES EN CERDOS SELECCIONADOS POR UN ALTO CONTENIDO EN MAGRO Y CERDAS DE ALTA PRODUCTIVIDAD

D. Mahan

Professor of Animal Sciences. The Ohio State University.
Columbus, Ohio, USA 43210

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Cerdos en crecimiento-cebo

Quizá el mayor cambio que se ha producido en los cerdos actuales ha sido la selección de líneas genéticas con una mayor cantidad de músculo y hueso y menor de grasa. El desarrollo del tejido magro en cerdos seleccionados por una rápida ganancia de magro no es paralelo a otros componentes corporales, ni tampoco al de cerdos de menor crecimiento magro. Aunque la formación de tejido magro ocurre a lo largo de todo el ciclo de crecimiento, los músculos de mayor valor comercial (es decir, lomo y jamón) continúan desarrollándose a mayor velocidad y durante más tiempo en animales de alto potencial de ganancia de magro, mientras que estos músculos tienden a reducir su desarrollo en las líneas genéticas de bajo potencial (Wiseman et al., 2006b).

Como consecuencia de la mayor formación de tejidos corporales durante el mismo periodo de tiempo, o en periodos de tiempo más cortos, el contenido corporal en minerales y, por tanto, las necesidades de minerales en la dieta pueden diferir de las normas actuales. Estas recomendaciones fueron establecidas con líneas genéticas de menor capacidad de crecimiento (NRC, 1998). En consecuencia, las necesidades en minerales esenciales recomendadas por los comités del NRC no se han modificado durante las tres últimas décadas (NRC, 1973, 1979, 1988, 1998), excepto para el Se.

Resultados obtenidos en nuestro Departamento (Wiseman et al., 2006a, b) han demostrado que una línea genética de alto potencial magro tenía un mayor contenido en tejido magro y óseo, particularmente a los 100 y 125 kg de peso que una línea genética de bajo contenido en magro. Además, nuestro estudio demostraba que el fémur de la línea genética de alto contenido en magro tenía una mayor matriz orgánica y una menor concentración en cenizas, lo que implica que este tipo de animales puede ser fisiológicamente menos maduro a un peso determinado que los cerdos de menor contenido en magro.

Wiseman et al. (2006c) demostraron una deposición creciente de la mayor parte de los minerales en la línea de alta retención de magro al aumentar el peso de los animales. Dos excepciones a esta regla fueron el Ca y el P, ya que la línea de bajo contenido en magro tenía una mayor cantidad de Ca corporal y una cantidad similar de P. En este trabajo se examinará el contenido en minerales de los cerdos en crecimiento, el efecto de la línea genética y sus causas, y se presentarán ecuaciones de regresión para estimar el contenido en minerales de varias líneas genéticas e, indirectamente, sus necesidades en minerales.

1.2.- Reproducción

Con la introducción de nuevas líneas maternas de cerdas capaces de producir camadas de mayor tamaño y de mayor peso al nacimiento, y de producir una mayor cantidad de leche, las necesidades de nutrientes aumentan considerablemente. La tasa de renovación de reproductoras en muchas granjas de cerdas alcanza valores entre el 30 y 45%, y puede esperarse que aumente en cerdas de mayor productividad, con mayores exigencias nutritivas. Las razones para desechar cerdas reproductoras pueden clasificarse en la duración del anoestro, baja fertilidad, baja prolificidad y problemas de pies y patas. Los problemas de anoestro y fertilidad han sido asociados generalmente con una pobre condición corporal de las cerdas y un bajo consumo de pienso durante la lactación y han sido por tanto atribuidos a un déficit de energía y proteína, mientras que los problemas de esqueleto se han asociado con un déficit de Ca y P en la dieta. El Ca y el P, junto con varios microminerales, están involucrados en la formación del esqueleto, así como con otras funciones biológicas que afectan al anoestro, la tasa de fertilidad, el tamaño de camada y los problemas de pies y patas.

El efecto de desequilibrios en el contenido en minerales sobre la tasa de renovación de las cerdas reproductoras no se conoce. Parece claro que la cerda no puede cubrir sus necesidades biológicas de nutrientes, y en particular de minerales, usando las recomendaciones formuladas en las pasadas décadas. Un informe reciente ha demostrado que las reservas de minerales de las cerdas se agotan prácticamente después del tercer ciclo reproductivo, y que las cerdas altamente productivas sufren una mayor pérdida corporal de macro y microminerales que las cerdas de menor productividad (Mahan y Newton, 1995).

Para contrarrestar el aumento de las necesidades biológicas de minerales de las líneas de cerdas de alta productividad, la industria de piensos, los especialistas universitarios y los veterinarios recomiendan generalmente suministrar piensos enriquecidos tanto en macro como en microminerales, así como en otros nutrientes, tanto durante la gestación como durante la lactación. Aunque esta práctica puede considerarse lógica, no está basada en resultados experimentales sino en observaciones de campo. En nuestro Departamento hemos investigado cuándo aumentan las necesidades minerales de las cerdas, el efecto de enriquecer los piensos en microminerales orgánicos e inorgánicos, y hemos examinado el estatus mineral de cerdas de alta productividad a lo largo de su vida reproductiva.

2.- CAMBIOS EN EL CONTENIDO EN MINERALES PARA LAS LÍNEAS GENÉTICAS ACTUALES DE GANADO PORCINO

2.1.- Cerdos en crecimiento-cebo

El contenido total en minerales de cerdos pertenecientes a dos líneas genéticas de distinto potencial de crecimiento en magro resultó ser muy similar en cinco niveles de peso comprendidos entre 20 y 125 kg (cuadro 1). Sin embargo, la composición corporal en minerales de ambas líneas difería sustancialmente.

Cuadro 1.- Contenido total en minerales en cerdos en crecimiento-cebo de dos líneas genéticas a varios intervalos de peso (Wiseman et al., 2006b).

Peso vivo, kg	Baja en magro (280 g MLG/d)	Alta en magro (375 g MLG/d)	ESM
	Total minerales, kg		
20	0,45	0,49	0,01*
45	0,88	0,90	0,03
75	1,47	1,43	0,04
100	1,93	2,04	0,05
125	2,63	2,62	0,05

* P < 0,01; MLG = magro libre de grasa;

Los resultados del cuadro 2 demuestran que a cada intervalo de pesos, el contenido en Ca era superior en la línea de menor crecimiento magro. Aunque las diferencias no alcanzaron niveles significativos en cada periodo particular, el efecto global fue significativo (P < 0,01). En contraste, la cantidad de P fue similar en ambas líneas genéticas en todos los intervalos de peso (cuadro 2). Cuando se evaluó la composición de los huesos (cuadro 3), se observó que el contenido en cenizas fue superior en la línea de

bajo contenido en magro ($P < 0,01$). Sin embargo, la matriz orgánica (contenido y proporción) fue más baja ($P < 0,01$). Dado que el Ca se retiene mayoritariamente en el hueso respecto al tejido muscular, la respuesta observada en las líneas menos magras podría explicarse por un mayor contenido total en Ca corporal en la línea de bajo potencial de crecimiento magro. Puesto que el P es también retenido en el hueso en cristales de hidroxiapatita junto con el Ca, ambos elementos deberían incorporarse conjuntamente según una relación fija. En consecuencia, el aumento de la relación Ca:P en el total corporal que se muestra en el cuadro 2 refleja diferencias en el crecimiento magro. El contenido corporal de Ca y la relación Ca:P aumentaron con el peso corporal, especialmente después de los 75 kg de peso. Esto sugiere que la mineralización del hueso ocurrió más rápidamente en la línea de bajo crecimiento magro a los pesos más elevados, lo que también indica que la línea de rápido crecimiento magro podría ser fisiológicamente menos madura en el desarrollo del hueso al mismo peso corporal que la línea de crecimiento lento.

Cuadro 2.- Contenido total en Ca y P en cerdos en crecimiento-cebo de dos líneas genéticas a varios intervalos de peso (Wiseman et al., 2006c)

Peso vivo, kg	Baja en magro (280 g MLG /d)	Alta en magro (375 g MLG /d)	ESM
	Contenido en calcio, g		
20	111,6	108,8	8,1
45	216,9	203,8	6,5
75	367,2	351,9	14,3
100	529,4	514,1	26,6
125	723,2	692,2	41,8
Contenido en fósforo, g			
20	79,2	78,9	5,0
45	155,4	155,9	3,4
75	245,4	243,8	6,8
100	343,4	347,4	12,4
125	455,6	456,3	18,7
Relación Ca:P			
20	1,46	1,38	0,03
45	1,39	1,30	0,02**
75	1,49	1,44	0,01*
100	1,53	1,47	0,01**
125	1,58	1,50	0,02**

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Cuadro 3.- Comparación de la composición del hueso en dos líneas genéticas (Wiseman et al., 2006)

Femur	Baja en magro (280 g MLG /d)	Alta en magro (375 g MLG /d)	ESM
Hueso libre de grasa			
Cenizas, g	66,7	64,4	1,07
Matriz orgánica, g	52,9	53,6	0,75
Cenizas, %	55,0	53,9	0,3**
Matriz orgánica, %	45,0	46,1	0,3**

** P < 0,01

El peso del lomo y el jamón aumentaron más y a mayor velocidad en la línea de alto contenido en magro, particularmente después de los 75 kg de peso (figura 1). Cuando se evaluó el contenido total en minerales de estos dos grupos de músculos se observó que las concentraciones de Ca (figura 2) y P (figura 3) fueron mayores en los músculos más pesados del lomo y del jamón de la línea de mayor potencial magro. El efecto neto fue un aumento del contenido en Ca y P del músculo y una disminución en el contenido en Ca y P del hueso en la línea de mayor potencial genético. La combinación de ambos efectos resultó en una concentración total similar de P entre ambas líneas genéticas. Aunque la distribución del Ca y P entre los diferentes componentes corporales difiere ampliamente por las diferencias en el crecimiento magro, cuando los datos se expresan sobre peso de tejido fresco los contenidos minerales son idénticos (cuadro 4). Esto sugiere que la retención de Ca y P en el músculo está ampliamente regulada genéticamente mediante mecanismos relacionados con el desarrollo corporal.

Figura 1.- Peso del lomo y del jamón en cerdos en fase de acabado a varios intervalos de peso.

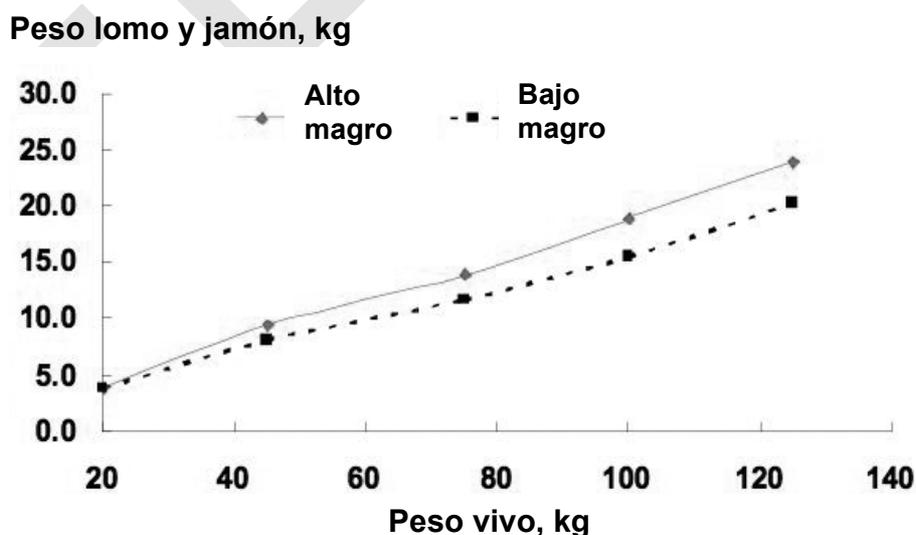


Figura 2.- Contenido total de Ca en lomo y jamón de cerdos en fase de acabado a varios intervalos de peso.

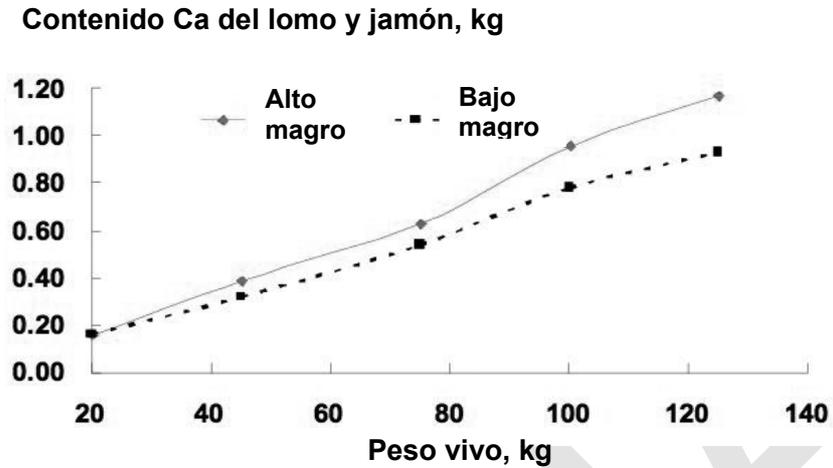


Figura 3.- Contenido total de P en lomo y jamón de cerdos en fase de acabado a varios intervalos de peso.

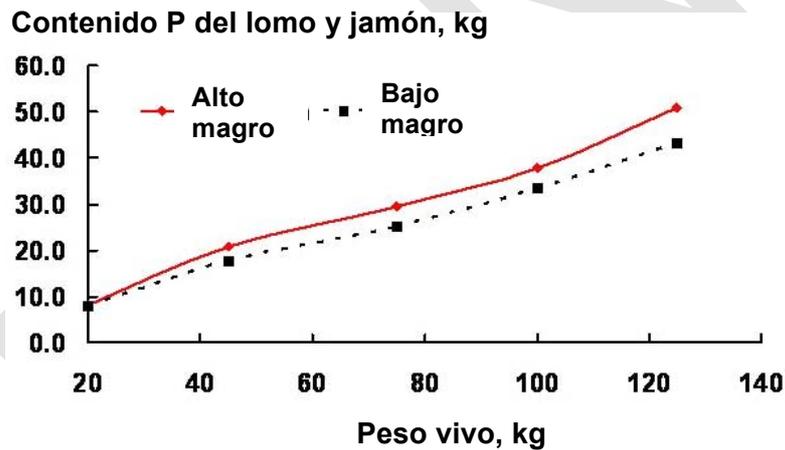
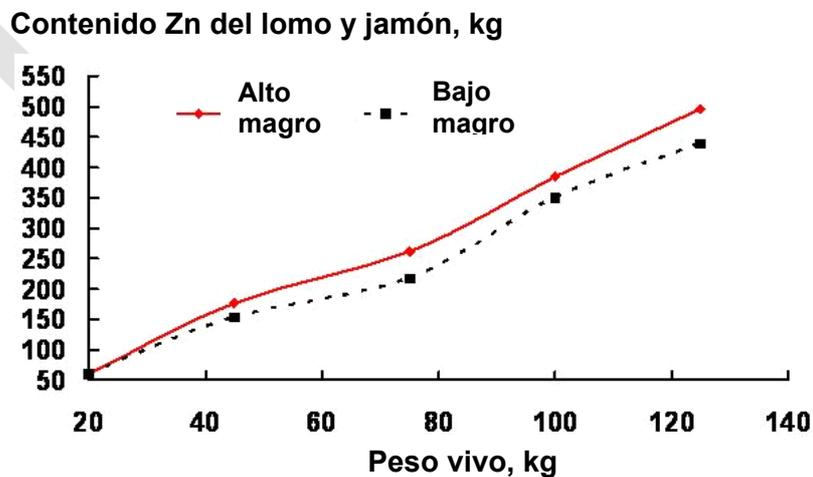


Figura 4.- Contenido total de Zn en lomo y jamón de cerdos en fase de acabado a varios intervalos de peso.



El contenido total en microminerales fue superior en la línea de alto potencial genético, pero además las diferencias fueron mayores al aumentar el peso corporal. Todos los microminerales siguieron la misma tendencia que el Zn (figura 4). De nuevo, cuando las concentraciones de Zn se expresaron sobre peso de tejido fresco, los contenidos en Zn fueron similares (cuadro 4). Estos resultados indican que las necesidades minerales de los cerdos actuales son mayores que los de cerdos de menor potencial de crecimiento magro. Las necesidades de Ca de los cerdos de elevado crecimiento magro son aparentemente mayores a los pesos más altos, lo que es particularmente importante en el caso de las cerdas primíparas. Un inadecuado nivel de reservas de Ca puede pues ocurrir en los tejidos óseos a menos que se suministren piensos con concentraciones suficientes de Ca durante el periodo de desarrollo.

Cuadro 4.- Concentración relativa de algunos minerales en el lomo de dos líneas genéticas de cerdos (Wiseman et al., 2006d).

Mineral	Baja en magro	Alta en magro	ESM
	(280 g MLG/d)	(375 g MLG/d)	
g/kg lomo			
Ca	0,05	0,05	0,001
P	2,19	2,16	0,02
K	3,79	3,74	0,02
Cu	0,74	0,71	0,02
Fe	9,13	9,53	0,49
Se	0,12	0,12	0,002

Las ecuaciones de regresión en el cuadro 5 fueron desarrolladas para los minerales esenciales de dos líneas genéticas y pueden usarse, al menos de manera indirecta para determinar las necesidades en minerales de los cerdos en crecimiento.

Cuadro 5.- Ecuaciones de regresión de la retención de minerales para líneas de alto y bajo potencial de crecimiento magro en el intervalo entre 20 y 125 kg de peso (Wiseman et al., 2006c).

Mineral	Línea genética	Regresión ^a	Mejor ecuación ^b
<i>Macrominerales, g</i>			
Ca	Alto magro	Cuadrática	$Y = 38.60 + 2.273*W + 0.02363*W^2$
	Bajo magro	Cuadrática	$Y = 29.08 + 2.914*W + 0.02082*W^2$
P	Alto magro	Cuadrática	$Y = 19.28 + 2.274*W + 0.009542*W^2$
	Bajo magro	Cuadrática	$Y = 15.27 + 2.493*W + 0.007959*W^2$
K	Alto magro	Lineal	$Y = 2.380 + 1.896*W$
	Bajo magro	Lineal	$Y = 7.798 + 1.623*W$
Na	Alto magro	Lineal	$Y = 6.788 + 0.5638*W$
	Bajo magro	Lineal	$Y = 6.724 + 0.5475*W$
Cl	Alto magro	Cúbica	$Y = 1.399 + 0.9795*W - 0.005597*W^2 + 0.00002317*W^3$
	Bajo magro	Cúbica	$Y = 3.985 + 0.7975*W - 0.003373*W^2 + 0.00001446*W^3$

Cuadro 5.- (continuación)

Mineral	Línea genética	Regresión ^a	Mejor ecuación ^b
<i>Macrominerales, g</i>			
Mg	Alto magro	Lineal	$Y = -0.3193 + 0.2103*W$
	Bajo magro	Lineal	$Y = 0.2481 + 0.1942*W$
S	Alto magro	Lineal	$Y = -0.6047 + 1.214*W$
	Bajo magro	Lineal	$Y = 2.515 + 1.0449*W$
<i>Microminerales, mg</i>			
Al	Alto magro	Cuártica	$Y = -469.03 + 46.99*W - 1.220*W^2 + 0.01319*W^3 - 0.00004712*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = -445.97 + 46.72*W - 1.236*W^2 + 0.01354*W^3 - 0.00004880*W^4$
B	Alto magro	Lineal	$Y = -2.560 + 2.928*W$
	Bajo magro	Lineal	$Y = 0.4291 + 2.637*W$
Cr	Alto magro	Cuártica	$Y = -39.73 + 3.9805*W - 0.09909*W^2 + 0.001035*W^3 - 0.000003523*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = -50.028 + 4.8898*W - 0.1248*W^2 + 0.001330*W^3 - 0.000004709*W^4$
Cu	Alto magro	Cúbica	$Y = -27.58 + 3.140*W - 0.04875*W^2 + 0.0002797*W^3$
	Bajo magro	Cúbica	$Y = -22.21 + 2.768*W - 0.04263*W^2 + 0.0002451*W^3$
Fe	Alto magro	Cuártica	$Y = -1939.95 + 180.19*W - 4.3657*W^2 + 0.04529*W^3 - 0.0001594*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = -1595.79 + 154.3033*W - 3.798*W^2 + 0.04071*W^3 - 0.0001472*W^4$
Mn	Alto magro	Cuártica	$Y = -27.53 + 2.618*W - 0.06358*W^2 + 0.0006509*W^3 - 0.000002274*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = -21.99 + 2.182*W - 0.05257*W^2 + 0.0005369*W^3 - 0.000001873*W^4$
Se	Alto magro	Cuártica	$Y = -6.859 + 0.6615*W - 0.01449*W^2 + 0.0001414*W^3 - 0.0000004635*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = -3.386 + 0.3969*W - 0.008200*W^2 + 0.00007928*W^3 - 0.0000002531*W^4$
Zn	Alto magro	Cuártica	$Y = -627.2 + 64.67*W - 1.219*W^2 + 0.01190*W^3 - 0.00003857*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = -545.5 + 60.69*W - 1.238*W^2 + 0.01291*W^3 - 0.00004429*W^4$
<i>Relación</i>			
Ca:P	Alto magro	Cuártica	$Y = 2.385 - 0.7594*W + 0.1737*W^2 - 0.1546*W^3 + 0.0004777*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = 1.9405 - 0.04229*W + 0.001014*W^2 - 0.000009232*W^3 + 0.00000002908*W^4$
Na:Cl	Alto magro	Cuártica	$Y = 1.126 - 0.01490*W + 0.0003438*W^2 - 0.000003164*W^3 + 0.00000001020*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = 0.3844 + 0.4414*W - 0.001125*W^2 + 0.00001117*W^3 - 0.00000003759*W^4$
K:Na	Alto magro	Cuadrática	$Y = 1.857 + 0.02286*W - 0.0001057*W^2$
	Bajo magro	Cuadrática	$Y = 1.932 + 0.01897*W - 0.0001020*W^2$
P:K	Alto magro	Cuártica	$Y = 3.701 - 0.1436*W + 0.003174*W^2 - 0.00002784*W^3 + 0.0000000856*W^4$
	Bajo magro	Cuártica	$Y = 3.3397 - 0.1152*W + 0.002635*W^2 - 0.00002338*W^3 + 0.00000007250*W^4$

^aLas respuestas son significativas ($P < 0,01$) en el nivel de regresión indicado.

^bW = peso vivo corporal, kg

2.2.- Reproducción

2.2.1.- Macrominerales

El Ca y el P son los dos principales minerales asociados con la estructura de las patas y con su integridad. Las investigaciones realizadas por Nimmo et al. (1981) demostraron que el porcentaje de cerdas que eran incapaces de mantener sus reservas durante el primer parto aumentaba cuando recibían los niveles de Ca y P recomendados por el NRC (1973) durante el periodo de desarrollo y el periodo reproductivo. Otros trabajos han mostrado que cerdas de mayores niveles de productividad tienen mayores niveles de desmineralización durante su vida reproductiva (Maxson y Mahan, 1986). El conjunto de estos resultados sugiere que durante los periodos de desarrollo y reproductivo hay unas elevadas necesidades de Ca y de P. Ambos minerales pueden movilizarse del tejido óseo cuando las necesidades de lactación son elevadas. Otros trabajos de Mahan y Fetter (1982) demostraron que el tejido esponjoso del hueso fue el principal reservorio desde donde estos minerales son liberados, pero posteriormente se produce una mineralización en la zona cortical. La parálisis posterior o 'síndrome de la cerda caída' es común en muchas reproductoras, y se observa generalmente durante el final de la gestación y el principio de la lactación. Esto sugiere que cuando las necesidades fetales son altas, o cuando la producción de leche aumenta, las necesidades de minerales para estas funciones fisiológicas no son cubiertas de forma simple por la dieta, particularmente cuando se usan los niveles recomendados en la actualidad.

Recientemente hemos llevado a cabo un experimento para evaluar la retención fetal de minerales, desde los 45 días después de la cubrición hasta el final de la gestación (Mahan, datos no publicados). Los resultados sugieren que el contenido total minerales de los fetos se dobla aproximadamente cada 15-20 días de gestación, pero que más del 50% del crecimiento del contenido total de minerales ocurre durante las dos últimas semanas de gestación (figura 5). Aunque este gráfico refleja el contenido total en minerales de la camada, cuando se analiza el aumento de los diferentes minerales se observa que tanto el contenido en Ca como el de P se doblan durante las dos últimas semanas de gestación (figura 6). Esto explica que el periodo final de la gestación resulte crítico desde el punto de vista del proceso de desmineralización del hueso, y que los efectos sean mayores en cerdas de elevada prolificidad o de alta capacidad de producción de leche.

El calostro tiene un bajo contenido en Ca, pero éste aumenta a medida que la lactación progresa (figura 7). El bajo nivel de Ca en el parto puede explicarse por el bajo nivel de reservas de la cerda después del final de la gestación, periodo en el que transfiere grandes cantidades de Ca para el crecimiento de los fetos. Durante la lactación aumenta el consumo de alimento y, al eliminarse las necesidades de gestación, la secreción de leche se convierte en la exigencia primaria de Ca. Por tanto, la concentración de Ca en la leche

aumenta (figura 7). Parece existir, no obstante, un efecto del tamaño de la camada sobre la composición de la leche. Cuando las cerdas alimentan 8 vs 11 lechones por camada, la cantidad de Ca en la leche de las cerdas más prolíficas fue más bajo ($P < 0,05$). La misma tendencia se observó para la concentración de P en la leche (figura 8).

Como resultado de lo anterior, la retención total de Ca y P en las camadas al destete (11 ó 21 días) fue mayor en las camadas más numerosas (figuras 9 y 10). Cuando estos valores se expresan por lechón individual, no hubo diferencias ni el contenido en Ca ni en el de P, lo que sugiere que la progenie fue inmune a cambios en el estatus mineral de la erda. Puede concluirse que el contenido en minerales de los lechones parece estar bajo control genético, y que los aportes maternos de Ca y P no sólo proceden de la dieta sino también de las reservas de estos minerales en los tejidos.

Figura 5.- Contenido total de minerales en camadas desde los 45 días *postcoitum* al nacimiento.

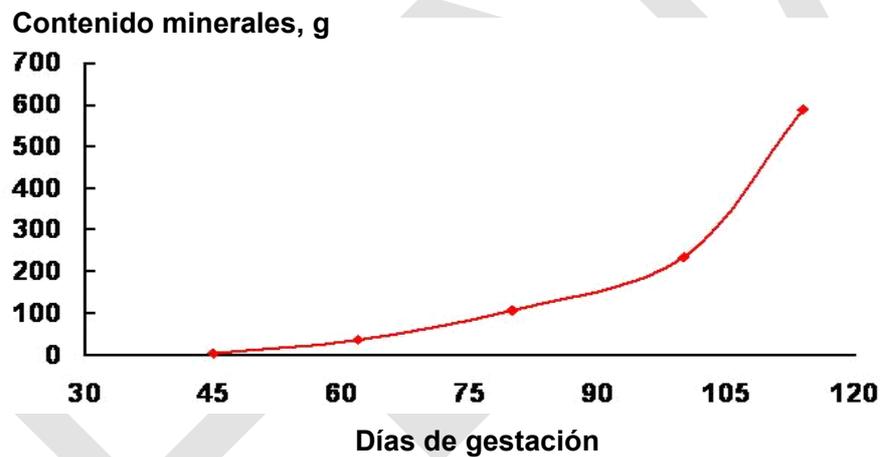


Figura 6.- Contenido total de Ca y P en camadas desde los 45 días postcoitum al nacimiento.

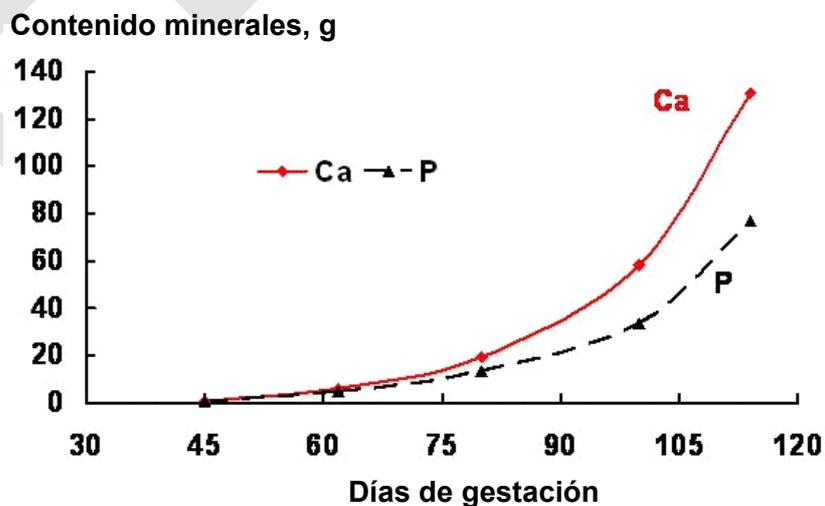


Figura 7.- Contenido de Ca del calostro y de la leche al nacimiento, 11 y 21 días postparto de cerdas alimentando camadas de dos tamaños.

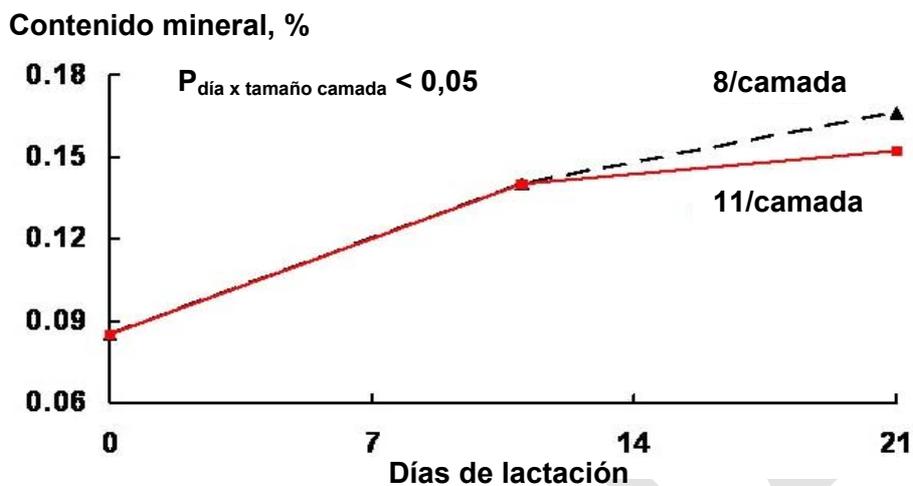


Figura 8.- Contenido de P del calostro y de la leche al nacimiento, 11 y 21 días postparto de cerdas alimentando camadas de dos tamaños.

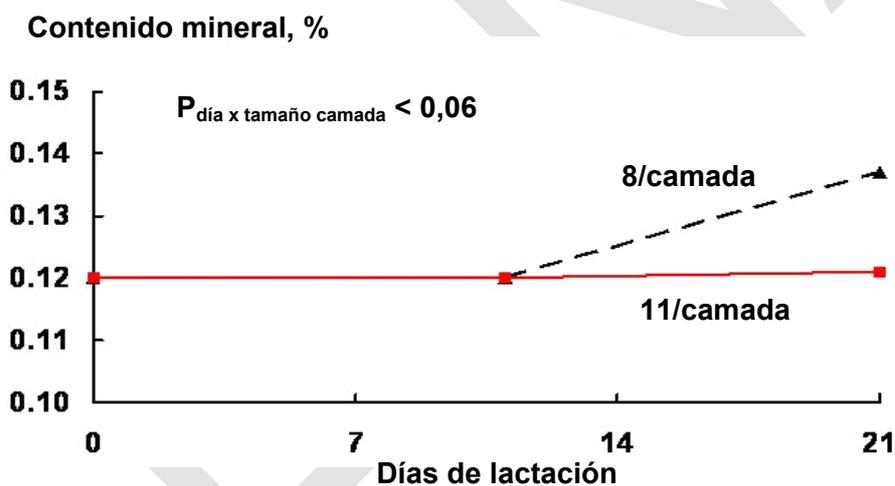


Figura 9.- Contenido en Ca de lechones al nacimiento, 11 y 21 días postparto de camadas de dos tamaños.

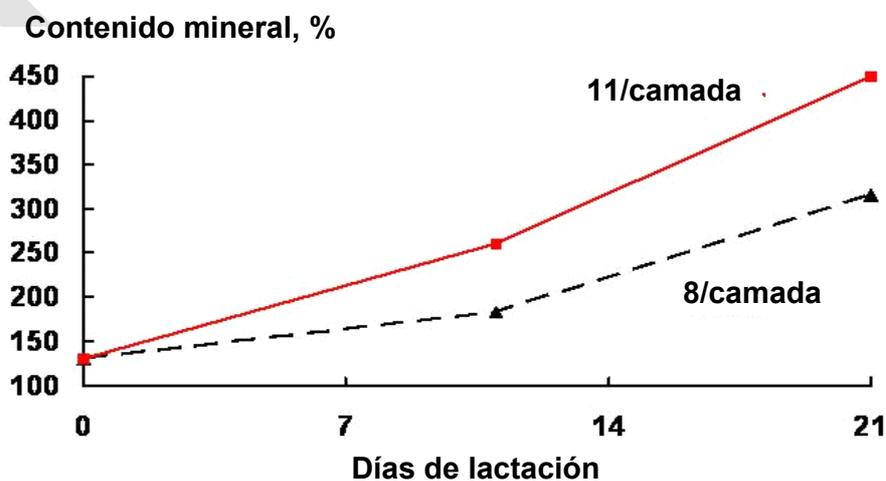
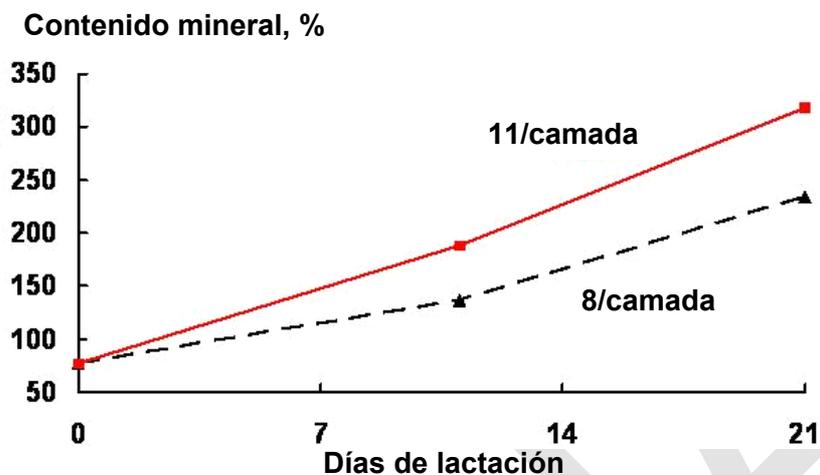


Figura 10.- Contenido en Ca de lechones al nacimiento, 11 y 21 días postparto de camadas de dos tamaños.



2.2.2.- Microminerales

Los datos presentados en las figuras 5 a 7 implican que la mayor respuesta a un incremento de la retención mineral en el desarrollo de la camada fue atribuible al Ca y al P. Todos los minerales esenciales siguieron la misma tendencia general, pero también se observaron algunas diferencias que pueden atribuirse a las diferentes funciones biológicas de cada elemento en diferentes estados específicos del desarrollo. Así por ejemplo, el mayor contenido en Zn en el feto se localiza principalmente en el tejido epidérmico y su aumento es esperable en proporción al de la superficie corporal, mientras que el incremento de necesidades de Fe ocurre durante el final de gestación para la síntesis de hemoglobina de los fetos.

La retención de dos de los microminerales críticos (Fe y Zn) en las camadas antes del parto se muestra en la figura 11. En ambos casos, la deposición fetal se dobla durante las dos últimas semanas de gestación. Aunque el contenido total de Fe aumenta de manera muy importante al final de la gestación, su concentración en el neonato está aún por debajo de la necesaria después del parto. La cantidad de Fe segregada en la glándula mamaria se considera inadecuada para satisfacer las elevadas necesidades de Fe para el rápido crecimiento de los lechones. En consecuencia, se hace preciso un aporte exógeno de Fe para prevenir la anemia de los lechones. La reducción de la concentración en Fe en el calostro y la leche de cerda a medida que avanza la lactación se muestran en la figura 12. Además, su contenido en la fase final de la lactación parece depender negativamente del tamaño de la camada. La comparación de camadas de 8 y 11 lechones destetadas a los 11 ó a los 21 días de edad muestra que las camadas más numerosas tenían un contenido total mayor de Fe (figura 13). Por tanto, puede esperarse que cerdas alimentando camadas más numerosas tengan un peor estatus corporal de Fe. Informes de ensayos de campo indican una creciente evidencia de anemia en cerdas adultas.

Figura 11.- Contenido total de Fe y Zn de camadas de lechones en desarrollo desde los 45 días *postcoitum* hasta el nacimiento.

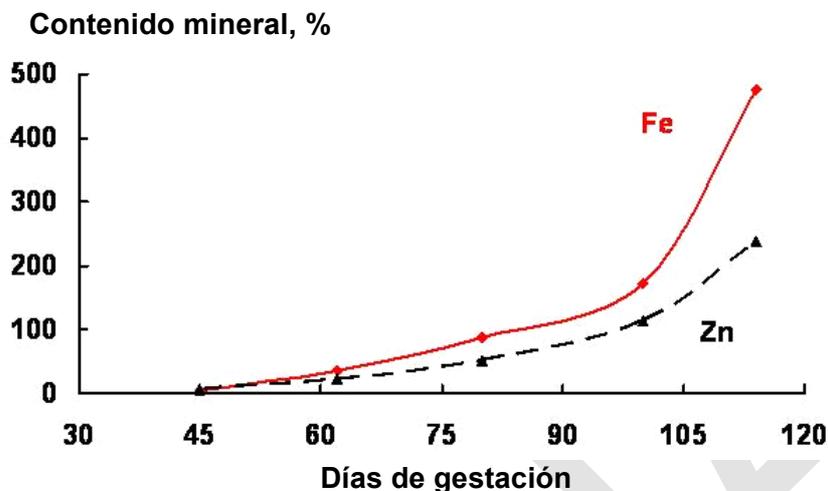


Figura 12.- Contenido en Fe del calostro y la leche al nacimiento, 11 y 21 días postparto de cerdas alimentando camadas de dos tamaños.

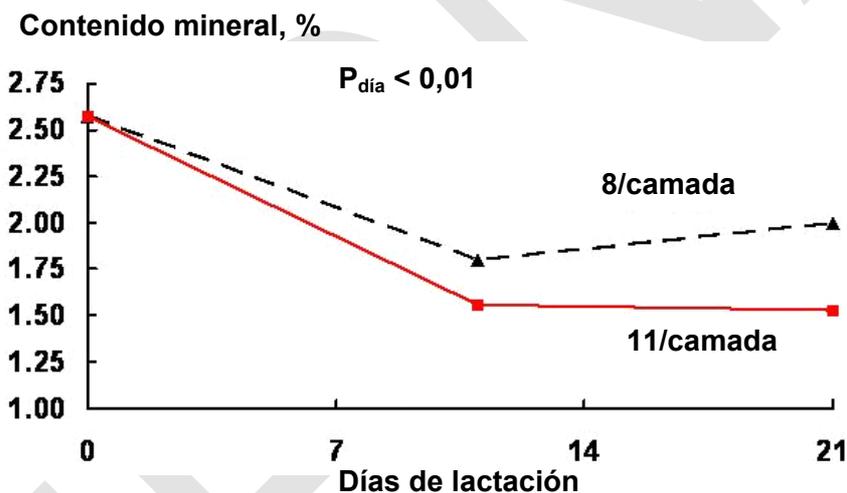
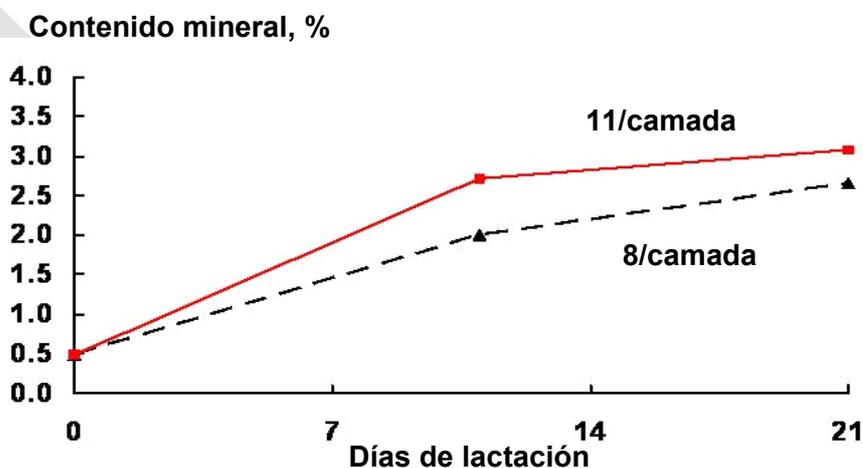


Figura 13.- Contenido en Fe de lechones al nacimiento, 11 y 21 días postparto de camadas de dos tamaños.



El contenido de Zn en los fetos también aumenta de manera importante a lo largo de la gestación, y especialmente durante las dos últimas semanas (figura 11). El calostro tiene una mayor concentración en Zn que la leche excretada, donde se reduce además posteriormente a medida que avanza la lactación. El tamaño de la camada parece tener poco efecto sobre el nivel de Zn en la leche de cerda (figura 14). La concentración total de Zn aumentó cuando los cerdos alcanzaron la edad del destete y fue mayor al incrementarse el tamaño de la camada (figura 15).

Figura 14.- Contenido en Zn de lechones al nacimiento, 11 y 21 días postparto de camadas de dos tamaños.

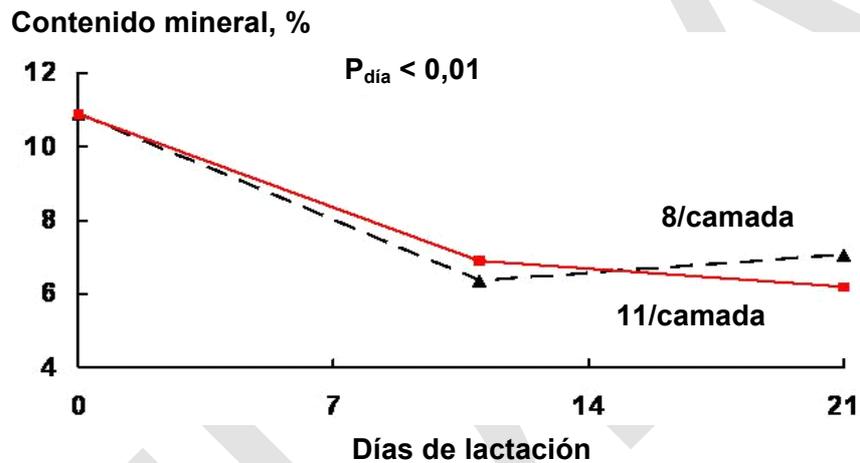
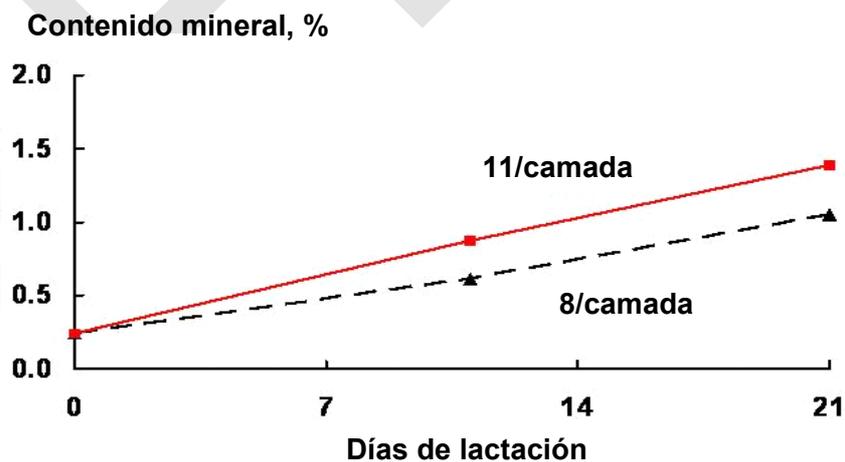


Figura 15.- Contenido en Zn de lechones al nacimiento, 11 y 21 días postparto de camadas de dos tamaños.



Los resultados obtenidos con microminerales demuestran que en cerdas de alta productividad se producía una mayor transferencia de minerales a las camadas lactantes que debe proporcionarse a través de la dieta o de las reservas corporales.

2.3.- Fuentes orgánicas vs. inorgánicas de minerales

Los microminerales ejercen diferentes papeles en el cuerpo y son esenciales para varias funciones reproductivas. No sólo están implicados en el control enzimático de diversos procesos metabólicos y hormonales, sino que también son importantes para el crecimiento, la salud y el control inmunológico. Cuando los microminerales se suministran en ligero exceso se retienen en el hígado, pero cuando se aportan en mayores cantidades actúan como pro-oxidantes, perjudicando las funciones vitales. En consecuencia, la forma en que el elemento se proporciona al animal puede ser fisiológicamente importante, especialmente si en el futuro las necesidades para la reproducción aumentan.

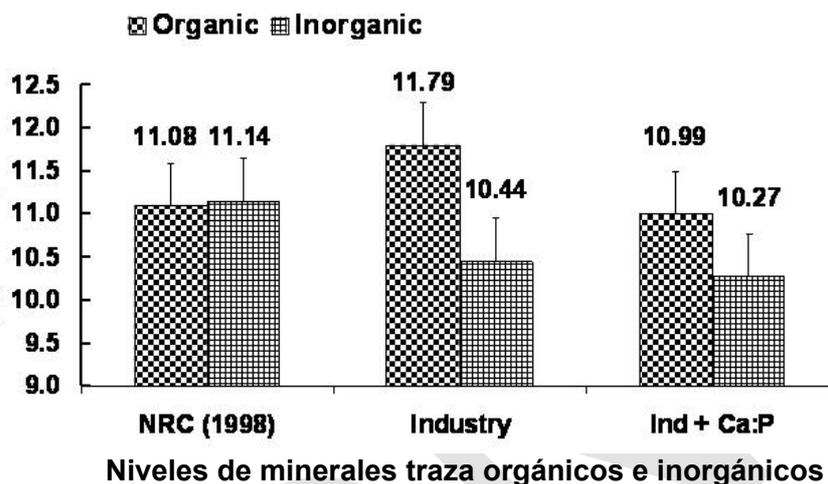
Así por ejemplo, cuando las necesidades de los cerdos se cubren con Se orgánico o inorgánico, el sistema inmune y anti-oxidante se activa en ambos casos. Cuando se proporcionan en exceso, una gran parte del Se orgánico se retiene en los tejidos sin problemas de toxicidad, pero un exceso de Se inorgánico causa daño oxidativo en los tejidos y empeora los rendimientos del animal. Por tanto, la fuente de minerales utilizada puede resultar importante, especialmente cuando se emplean niveles altos de suplementación.

Debido al incremento de necesidades minerales de las cerdas, existe interés en estudiar el efecto de un aumento de los niveles de microminerales en los piensos de cerdas de gestación y lactación. Sin embargo, existe una falta de trabajos de investigación sobre este tema y la mayoría de las recomendaciones prácticas de los especialistas se basan en un incremento proporcional a la estimación del aumento de necesidades. En nuestro Departamento acaba de completarse un trabajo a largo plazo (6 ciclos reproductivos) para evaluar varios niveles de suplementación con microminerales en forma orgánica (Bioplex) o inorgánica (sulfato u óxido). Se utilizaron como control los niveles recomendados por el NRC (1998) que se comparaban con niveles más altos empleados en la industria. Además las cerdas primíparas que habían recibido previamente niveles comerciales (altos) de microminerales en forma orgánica o inorgánica fueron suplementadas en el momento de la cubrición con cantidades adicionales de Ca y P. En el experimento se utilizaron 375 camadas y los resultados se muestran en la figura 16 (Peters, 2006). El número total de lechones nacidos aumentó aproximadamente en uno por camada cuando se suplementó con microminerales orgánicos.

Como se pone de evidencia en la figura 16, no hubo diferencias en el número de lechones nacidos vivos cuando se usó el nivel recomendado por el NRC (1998). Sin embargo, cuando los lechones recibieron los niveles comerciales más altos de ambas fuentes de microminerales, junto con cantidades adicionales de Ca y P, el tamaño de camada fue inferior cuando se usaron microminerales inorgánicos, especialmente a los niveles más altos de suplementación. Aunque este experimento va a ser confirmado con

otro grupo de animales, los resultados sugieren que los minerales orgánicos pueden resultar preferibles a los inorgánicos, y que la fortificación extra con minerales en forma orgánica puede ser beneficiosa para los rendimientos reproductivos de las cerdas.

Figura 16.- Efecto de la fuente orgánica o inorgánica de minerales traza a dos niveles de suplementación en 6 paridades sobre el número de lechones nacidos vivos por camada.



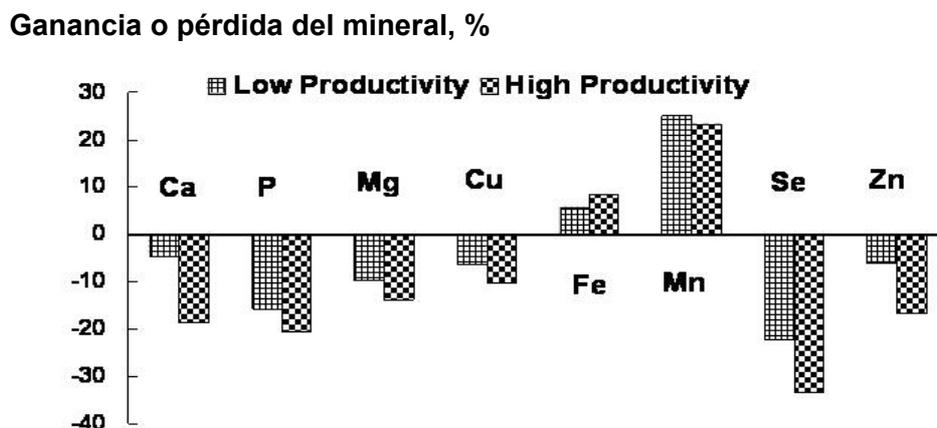
2.4.- Estatus mineral de las cerdas

Las cerdas reproductoras no sólo tienen unas mayores necesidades de microminerales, también consumen más alimento y por tanto más minerales. Sin embargo, el efecto neto es que pierden reservas de minerales corporales durante la gestación y la lactación (Mahan y Newton, 1995).

A medida que la productividad de la cerda se incrementa, sus necesidades nutritivas aumentan y sus reservas corporales de minerales deben disminuir. Cuando se comparó el contenido en minerales de cerdas que habían completado 3 partos con el de cerdas no reproductivas de la misma edad, los resultados muestran que para la mayoría de los minerales la concentración fue más baja en las cerdas que habían destetado sucesivamente 3 camadas (figura 17).

En el caso tanto del Ca como del P la diferencia fue de aproximadamente un 15-20%. De los restantes minerales, Mg, Cu, Se y Zn también se encontraron a niveles más bajos en las cerdas reproductoras. Es interesante hacer notar que las cerdas de mayor productividad sufrían una mayor pérdida de minerales que las cerdas menos productivas.

Figura 17.- Pérdidas o ganancias de minerales después de 3 partos (comparado con control no gestante).



3.- FUTURO

Las necesidades minerales están pobremente definidas para animales reproductores (Hostetler et al., 2003), por lo que se precisa más trabajo experimental para definir estas necesidades. Resulta evidente que las necesidades de las cerdas dependen de su nivel de productividad. Los resultados presentados en la presente serie de estudios implican que hay probablemente una relación ideal y un umbral crítico de aportes de cada mineral traza para la reproducción que pueden variar en los diferentes estados reproductivos. Niveles más altos de productividad exigen mayores aportes nutricionales e implican una reducción del nivel de reservas corporales.

Aunque existe una tendencia a incrementar el contenido en minerales del pienso en proporción a un aumento de necesidades, en el caso de los microminerales esta práctica puede resultar errónea por el potencial efecto tóxico de aportes excesivos sobre los tejidos corporales. Las necesidades de minerales son quizá reguladas tanto genéticamente como por la productividad, mientras que las secreciones mamarias pueden no sólo reflejar el potencial genético del animal, sino también una vía de excreción del exceso de minerales ingeridos por la cerda. Los requerimientos para microminerales pueden estar influidos por la fuente en que estos elementos son aportados, ya que los minerales orgánicos parecen ser más eficaces. Es posible que niveles más altos de minerales en el pienso puedan ser deseables en algunos estados reproductivos y perjudiciales en otros. El papel de los minerales orgánicos es todavía desconocido, pero nuestros resultados sugieren que podrían tener una influencia positiva sobre los rendimientos reproductivos de las cerdas, mientras que cuando se aportan microminerales en forma inorgánica a niveles altos pueden ser perjudiciales, especialmente si se suministran de forma continua. La determinación de las necesidades minerales de las cerdas reproductoras está en sus inicios con respecto a otros nutrientes. Más trabajos son necesarios para confirmar si estos requerimientos varían cuando el potencial genético del animal cambia.

4.- REFERENCIAS

- HOSTETLER, C.E., KINCAID R.L. y MIRANDO, M.A. (2003) *Vet. J.* 166: 125-139.
- MAHAN, D.C. y FETTER, A.W. (1982) *J. Anim. Sci.* 34: 283
- MAXSON, P.F. y MAHAN, D.C. (1986) *J. Anim. Sci.* 63: 1163-1172.
- Nimmo, R.D., Peo, E.R., Moser, Jr.B.D. y Lewis, A.J. (1981) *J. Anim. Sci.* 52: 1330.
- NRC (1979) *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine*. 8th Revised Ed. National Academy of Sciences.
- NRC (1998). 10th Revised Ed. National Academy of Sciences.
- PETERS, J.C. (2006) *Evaluating the efficacy of dietary organic and inorganic trace minerals in reproducing female pigs on reproductive performance and body mineral composition*. PhD thesis.
- WISEMAN, T.G., MAHAN, D.C., PETERS, J.C., FASTINGER, N.D., CHING, S. y KIM, Y.Y. (2006a) *J. Anim. Sci.* (submitted).
- WISEMAN, T.G., MAHAN, D.C., PETERS, J.C., FASTINGER, N.D., CHING, S. y KIM, Y.Y. (2006b) *J. Anim. Sci.* (submitted).
- WISEMAN, T.G., MAHAN, D.C. y St-PIERRE, N.R. (2006c) *J. Anim. Sci.* (submitted).
- WISEMAN, T.G. y MAHAN, D.C. (2006d) *J. Anim. Sci.* (submitted)