

## CONCENTRACIONES PLASMATICAS Y HEPATICAS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS MINERALES EN CERDOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDA PROVENIENTES DE CRIADEROS INDUSTRIALES

Iñigo Díaz C. (MV), María Sol Morales S. (MV), Juan I. Egaña M. (MV, MS),  
Alejandro Skoknić K. (MV), Plinio Gecele C. (MV).

### PLASMATIC AND HEPATIC CONCENTRATIONS OF MINERAL ELEMENTS IN GROWING FINISHING PIGS FROM INDUSTRIAL PIGGERIES

*An evaluation of the mineral nutritional status of 242 pigs, 114 sows and 128 barrows, proceeding from industrial piggeries of Chile's Central Zone was made. These animals were raised by ad libitum alimentary management and their diets were adjusted by the 1973-1979 NRC recommendations according to the productive stage. Plasma concentrations of Ca, Mg, K, Cu and Zn, and hepatic levels of Fe, Cu and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometry; plasmatic concentrations of P and Na were determined by photolorimetry and flame emission, respectively. The results obtained were statistically evaluated and compared with normal values reported in the literature. The variable sex was studied through analysis of variance (minimum square method).*

*The analysis showed differences according to sex for plasmatic P and Cu (9.1 and 9.5 mg/dl) ( $p \leq 0,10$ ) and 204.6 and 197.2  $\mu\text{g/dl}$  ( $p \leq 0,05$ ) for barrows and sows, respectively. At hepatic level, sex differences were only observed for Zn (187.1 and 158.8  $\mu\text{g/g DM}$ , in barrows and sows, respectively). Among the macrominerals analyzed only the concentrations of Na and K were considered normal; the values of Ca, P and Mg, specially the last one, were higher than those reported as normal in the literatures. The values of plasmatic Cu and Zn fluctuated between 142.0 - 291.0 and 36.6 - 192.6  $\mu\text{g/dl}$ , respectively, ranges considered as normal. In general, the hepatic values can be considered high (518.1; 31.1 and 178.5  $\mu\text{g/g DM}$ , for Fe, Cu and Zn, respectively), and with high VC. It is concluded that for the majority of the elements there would be an excessive dietary contribution, due to the use of underutilized resources rich in these minerals as well as the use of minerals supplementation which exceeds the requirements of growing and finishing period.*

La nutrición y alimentación de la especie porcina ha tenido numerosos avances en beneficio de un mejor manejo alimentario. Un aspecto no considerado hasta ahora a nivel nacional lo representa la nutrición de los elementos minerales que a pesar de ser requeridos en concentraciones relativamente bajas, deben vigilarse estrechamente.

Ampliamente conocidas son las innumerables funciones fisiológicas que cumplen los minerales, las que son fundamentales para el normal funcio-

namiento orgánico (Underwood, 1981), como también las diversas interacciones que ocurren entre elementos minerales y otros nutrientes muchas de las cuales son complejas y poco conocidas (ARC, 1981).

A nivel nacional en la formulación y elaboración de raciones, para cerdos, es una práctica habitual la adición de mezclas minerales de elementos trazas, que aportan la totalidad de los requerimientos sin que se considere el aporte propio que realizan los alimentos usados en la ración (Skoknić, 1983, comunicación personal), lo que podría ocasionar alteraciones en la absorción y metabolismo de algunos minerales (Underwood, 1971, 1981).

Surge por lo tanto la necesidad de evaluar el estado nutricional mineral, y es el análisis del con-

Departamento de Fomento de la Producción Animal.  
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.  
Universidad de Chile. Casilla 2, Correo 15.  
Santiago, Chile.

Trabajo financiado por Proyecto A-1804-8644, DIB. Universidad de Chile.

tenido mineral de tejidos y fluidos corporales una herramienta bastante más sensible que los niveles dietarios para detectar variaciones en la nutrición mineral.

Es así como el objetivo del presente trabajo fue evaluar el estado nutricional de algunos minerales en cerdos criados industrialmente a través de su concentración plasmática y hepática, como también estudiar el efecto del sexo sobre la nutrición mineral.

## MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 242 cerdos, 114 hembras y 128 machos castrados (de alrededor de 90 - 100 kg de peso) provenientes de criaderos industriales de la Región Metropolitana y VII Región del país. Los criaderos fueron seleccionados a través de un muestreo dirigido y las muestras de sangre y tejido hepático se obtuvieron al momento del beneficio a través de un muestreo sistemático, considerando el sexo.

Los criaderos considerados en el estudio presentaban un manejo alimentario típico, con sistema de consumo a discreción durante su vida productiva; utilizando raciones balanceadas que incorporaban los insumos clásicos (maíz grano, trigo harinillas, pescado harina). Los macrominerales Ca y P son ajustados utilizando fuentes de Ca y/o P de origen mineral (carbonato de calcio, fosfatos di o tri cálcicos) o animal (conchuela).

Los animales fueron sacrificados mediante la técnica de inconciencia rápida y desangrado posterior. Las muestras de sangre se obtuvieron al momento de la yugulación del animal, desechando la primera fracción, y se recibieron en tubos de ensayo previamente desmineralizados y que contenían anticoagulante (citrato de litio, 5 mg/ml de sangre). La muestra de hígado se tomó al momento de la evisceración, obteniéndose un trozo de aproximadamente 100 g del lóbulo adyacente a la vesícula biliar). En sangre se determinaron los niveles plasmáticos de los macroelementos Ca, P, Mg, Na y K y de los microelementos Cu y Zn. En hígado se analizaron las concentraciones de los minerales Fe, Cu y Zn. La determinación de los niveles Ca, Mg, K, Cu, Zn y Fe, se realizó mediante técnicas de espectrofotometría de absorción atómica y para los niveles de P y Na se utilizaron las técnicas de fotocolorimetría y emisión de llama, respectivamente (Fick y Cols., 1976 y Manual Perkin Elmer, 1971). Para estos efectos se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 303, un fotocolorímetro Perkin modelo 215 y un fotómetro de llama Coleman modelo 21.

Los niveles minerales plasmáticos y hepáticos fueron descritos estadísticamente a través del promedio aritmético ( $\bar{X}$ ), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) y rango, utilizando el programa SPSS (Nie y Cols., 1979). El efecto de la variable sexo se estudió por análisis de varianza a través del método de mínimos cuadrados para desigual número de observaciones (Harvey, 1960). La información se codificó y posteriormente se procesó en el computador IBM 370 de la Universidad de Chile, utilizando el sistema operativo VM/CMS. La comparación de los resultados obtenidos se realizó con valores bibliográficos extranjeros normales, considerando como tales a aquellos presentes en tablas y los presentados por los grupos controles de diversos ensayos de nutrición y alimentación mineral de cerdos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Macrominerales plasmáticos

#### Calcio

El promedio total obtenido para calcio plasmático de 12,4 mg/dl (cuadro 1), resultó ligeramente elevado al compararlo con los valores reportados como normales en la literatura extranjera. Ullrey y Cols. (1967, Kaneko (1980), Kornegay y Thomas

CUADRO 1  
CONCENTRACIONES PLASMATICAS DE CALCIO,  
FOSFORO Y MAGNESIO SEGUN SEXO  
Y TOTAL (mg/dl)

Mineral	Machos Castrados	Hembras	Total
<b>Calcio</b>			
$\bar{X} \pm D E$	12,4 $\pm$ 1,2	12,4 $\pm$ 1,4	12,4 $\pm$ 1,3
C V (%)	9,7	10,9	10,2
Rango	9,4 - 15,8	9,1 - 19,8	9,1 - 19,8
<b>Fósforo</b>			
$\bar{X} \pm D E$	9,1 <sup>a</sup> $\pm$ 1,9	9,5 <sup>b</sup> $\pm$ 1,9	9,3 $\pm$ 1,9
C V (%)	20,8	20,4	20,7
Rango	4,5 - 15,8	5,6 - 17,9	4,5 - 17,9
<b>Magnesio</b>			
$\bar{X} \pm D E$	5,3 $\pm$ 1,1	5,5 $\pm$ 1,1	5,4 $\pm$ 1,1
C V (%)	21,7	19,4	20,6
Rango	3,1 - 9,2	3,8 - 8,6	3,1 - 9,2

a, b = Indica diferencias significativas entre columnas ( $p \leq 0,10$ )

$\bar{X}$  = Promedio aritmético; D E = desviación estándar; C V = coeficiente de variación.

(1981) y Schmidt y Von Forstner (1986) entregan promedios de 10,6; 9,7; 11,3; y 9,9 mg/dl, para cerdos de crecimiento y engorda, respectivamente. Estas mayores concentraciones de Ca plasmático podrían deberse a niveles excesivos de calcio dietario. Pokniak y Cols. (1977) al comparar los niveles de Ca de las dietas utilizadas en ensayos de nutrición de cerdos realizados en el país, con los estándares entregados por NRC (1973), demuestran que para las etapas de crecimiento (20-35 kg), pre-engorda (35-60 kg) y engorda (60-100 kg), se estarían entregando excedentes del 15, 40 y 36% de los requerimientos de Ca, respectivamente. Sin embargo, el efecto de las variaciones en los aportes dietarios de Ca sobre la concentración plasmática es contradictorio. Hegdes y Cols. (1975) y Mahan (1982) demostraron un aumento de los niveles plasmáticos de Ca al incrementar el Ca dietario. Por el contrario, no se han obtenido diferencias en los niveles plasmáticos de Ca al suministrar dietas que aportaban hasta el 400% de los requerimientos NRC (1979) (Clawson y Cols., 1980). Si bien la concentración dietaria de fósforo afecta la disponibilidad de Ca. Vipperman y Cols. (1971) reportaron un aumento de la retención de Ca y P al aumentar el nivel de Ca y/o P en la dieta. Los altos valores de P plasmáticos encontrados en el presente trabajo (cuadro 1) explicarían en cierta proporción los niveles de Ca plasmático obtenidos. En relación a sexo, no se observan diferencias para los niveles de calcio ( $p > 0,05$ ) (cuadro 1), lo que coincide con lo reportado por la literatura (Bayley y Cols., 1975).

#### Fósforo

La concentración plasmática de fósforo determinada en el presente estudio fue 9,3 mg/dl (cuadro 1), la que resultó superior a los valores reportados como normales por Ullrey y Cols. (1967) de 7,1; Kaneko (1980) de 7,5; Kornegay y Thomas (1981) de 7,0 y Schmidt y von Forstner (1986) de alrededor de 6,5 mg/dl, concordando con los entregados por Morgan y Cols. (1969) de 9,1 mg/dl. Las hembras presentaron un valor levemente superior que los machos castrados (9,5 y 9,1, respectivamente) ( $p \leq 0,10$ ), reportándose poca información al respecto. Así, Nielsen (1972) indica que las hembras retienen más P que los machos castrados. Por el contrario, otros autores (Kornegay y Thomas, 1981) han obtenido concentraciones de P sérico superiores en los machos castrados con respecto a las hembras ( $p \leq 0,05$ ). Entre los factores dietarios que condicionan el nivel plasmático de P se reconoce que la concentración dietaria tiene una gran relevancia (Underwood, 1981). En el país, Pokniak y Cols. (1979) indican que el P dietario de las raciones nacionales excedían en 40 y 70%

los requerimientos en los períodos de 20 - 35 kg y 35 - 100 kg de peso vivo, respectivamente; lo que podría explicar, aunque parcialmente, los valores aquí encontrados. En las dietas comúnmente usadas a nivel industrial, parte importante del fósforo dietario es entregado por concentrados proteicos de origen animal (harina de pescado) o por fuentes inorgánicas (Díaz, 1982), que se caracterizan por contener P de alta disponibilidad, lo que también incidiría en los resultados obtenidos.

#### Magnesio

Las concentraciones de Mg plasmático aparecen en el cuadro 1. El promedio obtenido de 5,4 mg/dl, es considerablemente superior a todos los valores reportados como normales: Kaneko (1980) 3,2; Kornegay y Thomas (1981) 2,5 y Schmidt y von Forstner (1986) 2,2 a 2,7 mg/dl. Por otra parte, no se observaron diferencias por sexo ( $p > 0,05$ ). Resulta difícil encontrar una explicación satisfactoria para los altos niveles de Mg plasmático obtenidos. Se sabe que una ingesta elevada de Mg dietario lleva a un incremento de su concentración plasmática (NAS, 1980); lo que estaría apoyado por el hecho que normalmente los insumos utilizados en la elaboración de raciones para cerdos presentan concentraciones de Mg superiores a las sugeridas como requerimientos (Underwood, 1981). Por otra parte, algunos suplementos minerales utilizados (carbonato de Ca de origen dolomítico) contienen elevadas concentraciones de Mg, incrementando aún más el tenor de Mg dietario.

#### Sodio y Potasio

Los valores de Na y K plasmáticos encontrados se pueden considerar como normales (cuadro 2). Las concentraciones plasmáticas de Na reportadas por

CUADRO 2  
CONCENTRACIONES PLASMATICAS DE SODIO  
Y POTASIO SEGUN SEXO Y TOTAL (mmoles/l)

Mineral	Machos Castrados	Hembras	Total
<b>Sodio</b>			
$\bar{X} \pm DE$	140,6 ± 9,4	141,0 ± 7,4	140,8 ± 8,5
CV (%)	6,7	5,3	6,1
Rango	107,1 - 168,9	115,1 - 162,1	107,1 - 168,9
<b>Potasio</b>			
$\bar{X} \pm DE$	6,4 ± 1,1	6,5 ± 1,2	6,5 ± 1,1
CV (%)	16,7	17,6	17,5
Rango	3,5 - 12,0	4,3 - 11,9	3,5 - 12,0

$\bar{X}$  = Promedio aritmético; D.E. = Desviación estándar;  
= C.V. = Coeficiente de variación.

la literatura establecen un rango de 124 a 157 mmoles/l (Kaneko, 1973), sin determinarse diferencias por sexo ( $p > 0,05$ ). Asimismo los valores K plasmático encontrados se ubican dentro del rango de normalidad reportados por la literatura extranjera (Alcántara y Cols. 1980). Observándose similitud para machos castrados y hembras (cuadro 2). La adecuación nutricional de Na se podría explicar por el criterio generalizado de adicionar sal común (NaCl) a las raciones en niveles cercanos al 0,5% y para K, a que la mayoría de los insumos comúnmente utilizados en la formulación de dietas para cerdos, contienen cantidades adecuadas de K para satisfacer las necesidades de esta especie (NAS, 1980; Underwood, 1981).

### Microminerales plasmáticos

#### Cobre

El rango obtenido osciló entre 142 y 291  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (cuadro 3) el que resultó semejante al reportado por Kaneko (1980) de 133 - 278  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . La concentración promedio encontrada fue de 201,1 que corresponde a valores considerados normales (Ullrey y Cols., 1967; Gipp y Cols., 1973; Martinson y Ekman, 1976). Se observó un efecto del sexo sobre la concentración de Cu plasmático presentándose valores superiores en los machos castrados (204,6 vs 197,2  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , machos castrados y hembras, respectivamente) ( $p \leq 0,05$ ). Greer y Cols. (1979) postulan como causa de esta diferencia, la mayor absorción intestinal de Cu que presentarían los machos castrados. Sin embargo, no se han determinado diferencias en el nivel de Cu plasmático en cerdos alimentados con niveles normales

CUADRO 3  
CONCENTRACIONES PLASMATICAS DE COBRE  
Y ZINC, SEGUN SEXO Y TOTAL ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )

Mineral	Machos		Total
	Castrados	Hembras	
<b>Cobre</b>			
$\bar{X} \pm \text{DE}$	204,6 <sup>a</sup> ± 26,9	197,2 <sup>b</sup> ± 27,0	201,1 ± 27,2
CV %	13,1	13,7	13,5
Rango	144,0 - 282,0	142,0 - 291,0	142,0 - 291,0
<b>Zinc</b>			
$\bar{X} \pm \text{DE}$	96,2 ± 21,0	97,7 ± 25,3	96,9 ± 23,1
CV %	21,8	25,8	23,8
Rango	36,6 - 180,2	37,1 - 192,6	36,6 - 192,6

a, b = Indica diferencias significativas entre columnas ( $p < 0,05$ ).

$\bar{X}$  = Promedio aritmético; D.E. = desviación estándar; CV = coeficiente de variación.

o con niveles de hasta 750 ppm de Cu (Gipp y Cols., 1973). Suttle y Mills (1966) postulan que existiría un mecanismo de adaptación que permitiría mantener los niveles de Cu plasmático relativamente constantes frente a la ingestión excesiva o tóxica de este elemento. Este mecanismo funcionaría movilizándolo desde la sangre hacia los tejidos y también por control de su absorción y excreción.

#### Zinc

En general los niveles de Zn informados por la literatura se refieren a valores séricos, en vez de plasmáticos, los que generalmente son superiores debido a lisis de glóbulos rojos y plaquetas durante el proceso de formación de coágulo sanguíneo (Underwood, 1971). El promedio obtenido está dentro de lo considerado como adecuado y fue de 96,9  $\mu\text{g}/\text{dl}$  (cuadro 3), siendo similar a los informados por De Goey y Cols. (1971), 117,0; Ullrey y Cols. (1967) 88,0 y Martinson y Ekman (1976) 122,0  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . El coeficiente de variación fue elevado debido a la gran diversidad de factores que influyen sobre el nivel plasmático de Zn (ayuno, nivel de proteína dietaria, carbohidratos dietarios, estrés, etc.). Los valores ubicados en la parte superior del rango son extremadamente altos y pueden deberse a cierto grado de hemólisis ya que como es conocido la concentración intraeritrocítica de Zn es mayor a la existente en el plasma (Underwood, 1971).

### Microminerales hepáticos

#### Hierro

La concentración promedio de Fe hepático fue de 518,1  $\mu\text{g}/\text{g}$  MS, sin observarse diferencias entre sexos ( $p > 0,05$ ) (cuadro 4). El valor promedio determinado es mayor a lo informado por Ferreira y Machado (1979). 269,4  $\mu\text{g}/\text{g}$  MS, y algo más cercano al entregado por Gipp y Cols. (1973), de 480 ppm. Esta condición se podría deber a ingestas elevadas de Fe dietario que determinan incrementos en la concentración hepática del mineral (Furgouri, 1972). Por otra parte es importante recalcar la amplia variación obtenida que se podría explicar por una variabilidad en el aporte dietario de Fe. Como también al efecto ejercido por los niveles de otros minerales que tienen una acción antagonista sobre el Fe (Ca, Cu y Zn) (De Goey y Cols., 1971; Gipp y Cols., 1972 y Pond y Cols., 1975).

#### Cobre

En el caso del cobre hepático tampoco se apreciaron diferencias por sexo ( $p > 0,05$ ) (cuadro 4), en-

**CUADRO 4**  
**CONCENTRACIONES HEPATICAS DE FIERRO,**  
**COBRE Y ZINC SEGUN SEXO Y TOTAL**  
**( $\mu\text{g/g MS}$ )**

Mineral	Machos Castrados	Hembras	Total
<b>Fierro</b>			
$\bar{X} \pm \text{DE}$	530,9 $\pm$ 212,3	503,6 $\pm$ 186,7	518,1 $\pm$ 200,8
CV %	40,0	37,1	38,8
Rango	126,6 - 1290,7	43,8 - 979,6	43,8 - 1290,7
<b>Cobre</b>			
$\bar{X} \pm \text{DE}$	28,6 $\pm$ 28,2	35,9 $\pm$ 47,6	32,1 $\pm$ 38,6
CV %	98,4	132,5	120,5
Rango	0,7 - 297,6	0,5 - 419,8	0,5 - 419,8
<b>Zinc</b>			
$\bar{X} \pm \text{DE}$	187,1 <sup>a</sup> $\pm$ 52,1	158,8 <sup>b</sup> $\pm$ 46,0	178,5 $\pm$ 55,8
CV %	33,2	27,3	31,2
Rango	87,7 - 479,4	51,2 - 297,9	51,2 - 479,4

<sup>a, b</sup> = Indica diferencias significativas entre columnas ( $p \leq 0,05$ ).

$\bar{X}$  = Promedio aritmético

DE = Desviación estándar

CV = Coeficiente de variación.

contrando un valor promedio de 32,1  $\mu\text{g/g MS}$  que resultó ser ligeramente superior a los informados por De Goey y Cols. (1971), Pond y Cols. (1975) y Ferreira y Machado (1979) (17,0 a 23,1  $\mu\text{gCu/g MS}$ ). Pese a la marcada diferencia por sexo, ésta no fue estadística debido a la elevada variabilidad que se observó (0,5 - 419,8  $\mu\text{g/g MS}$ ), con un CV de 120,5%. Es reconocido que existe una amplia variabilidad individual en los niveles hepáticos (Underwood, 1971), la que sería aumentada aún más debido al manejo alimentario. Se sabe, desde hace bastante tiempo, que niveles de Cu dietario de hasta 250 ppm actúan como promotor de crecimiento, lo que conjuntamente lleva a un incremento en la concentración hepática de este elemento (Greer y Cols., 1979); además, la proteína dietaria de origen animal (harina de pescado o leche descremada) favorecería la retención de Cu y por lo tanto el aumento del Cu hepático (Gipp y Cols., 1973), lo que corresponde a las prácticas alimentarias habituales en el país. Estos resultados indicarían que en el país se estarían sobrepasando los requerimientos dietarios de Cu, lo que alteraría la adecuación de otros minerales bivalentes.

### Zinc

Los valores obtenidos (cuadro 4) coinciden con algunas concentraciones reportadas como normales por la literatura internacional (Ferreira y Machado,

1979, Greer y Cols., 1979), pero son sensiblemente más altos que los entregados por Pond y Cols. (1975) y Hsu y Cols. (1975) de 87 y 133  $\mu\text{g/g MS}$ . Se apreciaron también diferencias según sexo (187,1 y 158,8 para machos castrados y hembras, respectivamente) ( $p \leq 0,05$ ). Al respecto la literatura no informa de diferencias (Greer y Cols., 1979).

Del análisis de los resultados obtenidos se puede desprender que el aporte de Zn dietario incide mayoritariamente en los niveles de Zn hepáticos que en los niveles plasmáticos. De hecho se ha visto que aumentado al doble el aporte de Zn dietario, los valores plasmáticos se mantienen estables y dentro de los rangos de normalidad (Martinson y Ekman, 1979), en cambio se observan incrementos en la concentración del mineral en el tejido hepático (Morgan y Cols., 1969). Sin embargo, estos resultados son contradictorios con lo indicado por la bibliografía, en el sentido que niveles altos de Ca dietarios (como sería en este estudio) generarían descensos en los niveles hepáticos de Zn (Morgan y Cols., 1969).

La alta variabilidad obtenida en los valores de algunos elementos plasmáticos (P, Mg y Zn) (cuadros 1 y 3) y hepáticos (Fe, Cu y Zn), (cuadro 4) es explicable parcialmente por el diseño experimental empleado, el cual incluyó 20 criaderos. Sin embargo, las concentraciones consideradas como elevadas, en especial de P y Mg plasmáticos y Fe y Zn hepáticos indicarían importantes desajustes en el manejo nutricional mineral a que se estaría sometiendo la especie porcina en el país. Adicionalmente, no se deben descartar fenómenos de ruptura de capilares producto de la técnica de sacrificio (pese a que no se utilizó shock eléctrico) y eventuales situaciones de hemólisis en el momento de toma de muestras, los cuales explicarían también estas elevadas concentraciones plasmáticas.

La escasa caracterización de los aportes y niveles de biodisponibilidad mineral de los subproductos agroindustriales de amplio uso en alimentación de cerdo, y eventualmente también de los alimentos tradicionales, hace que la adecuación de los elementos minerales en términos nutricionales sea deficiente. En general, ésta se realiza a través de premezclas estándares, las cuales aportan la totalidad de las necesidades de los cerdos, con la salvedad del Ca y P, sin considerar el contenido de los alimentos que constituyen la ración.

### RESUMEN

Se evaluó el estado nutricional mineral de 242 cerdos, 114 hembras y 128 machos castrados provenientes de criaderos industriales de la zona central de Chile, con manejo alimentario a discre-

ción y dietas por etapa productiva ajustadas a NRC 1973-1979. Se determinaron los valores plasmáticos de Ca, P, Mg, Na, K, Cu y Zn y a nivel hepático las concentraciones de Fe, Cu y Zn, mediante técnicas de espectrofotometría de absorción atómica, a excepción del P y Na los cuales fueron determinados por fotocolorimetría y emisión de llama, respectivamente. Los resultados fueron contrastados con valores considerados normales en la literatura. La variable sexo se estudió por análisis de varianza (método de mínimos cuadrados).

El análisis mostró diferencias según sexo para P y Cu plasmáticos, 9,1 y 9,5 mg/dl ( $p \leq 0,10$ ) y 204,6 y 197,2  $\mu\text{g/dl}$  ( $p \leq 0,05$ ) para machos castrados y hembras, respectivamente. A nivel hepático sólo se determinaron diferencias por sexo para Zn (187,1 y 158,8  $\mu\text{g/g MS}$ , machos castrados y hembras, respectivamente). Entre los macrominerales analizados sólo las concentraciones de Na y K fueron consideradas normales, siendo los valores de Ca, P y Mg, y en especial este último, superiores a lo reportado por la literatura como normales. Los valores de Cu y Zn plasmáticos oscilaron entre 142 - 291 y 36,6 - 192,6  $\mu\text{g/dl}$ , respectivamente, rangos considerados como normales y presentando CV de 13,5% y 23,8%, respectivamente. Los valores hepáticos, en general, se pueden considerar como elevados (518,1, 32,1 y 178,5  $\mu\text{g/g MS}$ ), para Fe, Cu y Zn, respectivamente y con altos CV. Se concluye que para la mayoría de los elementos existiría un aporte dietario excesivo, debido al uso de insumos no tradicionales ricos en estos minerales y al uso de una suplementación mineral que excede los requerimientos de las etapas de crecimiento y engorda.

## REFERENCIAS

- ALCANTARA P.F., L.E. HANSON, J.D. SMITH. Sodium requirements balance and tissue composition of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 50: 1092-1101, 1980.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. The nutrient requirements of pigs. 2<sup>a</sup> ed. England. CAB. 1981. 307 p.
- BAYLEY H.S., J. POS, R.G. THOMSON. Influence of dietary phosphorus level on growth and bone development in boars and gilts. *J. Anim. Sci.* 40: 864-870, 1975.
- CLAWSON, A.J., L.L. SOUTHERN, W.D. ARMSTRONG. Effect of excessive dietary minerals on performance of weanling and growing-finishing pigs (Abstract). *J. Anim. Sci.* 51 (Supp. 1): 48, 1980.
- DE GOEY, L.W., R.C. WAHLSTROM, R.J. EMERICK. Studies of high level copper supplementation to rations for growing swine. *J. Anim. Sci.* 33: 52-57, 1971.
- DIAZ, I. Subproductos e insumos no tradicionales en la alimentación de cerdos en Chile. In: Wernli, C. ed. Utilización de subproductos en la alimentación del ganado. SOCHIPA, 1982. pp. 37-51.
- FERREIRA J.M., R. MACHADO. Influencia da idade nos níveis de elementos minerais no fígado de suínos. *Arq. Esc. Vet. UFMG.* 31: 319-327, 1979.
- FICK, K., S. MILLER, J. FUNCK, L. Mc DOWELL, R. HOUSER. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y de animales. U. de Florida, Instituto de Ciencias Alimentarias y Agropecuarias. 1976. 82 p.
- FURUGOURI, K. Effect of elevated dietary levels of iron store in liver, some blood constituents and P deficiency in young swine. *J. Anim. Sci.* 34: 573-577, 1972.
- GIPP, W.F., W.G. POND, E.F. WALKER Jr. Influence of diet composition and mode of Cu administration on the response of G-F swine to supplemental Cu. *J. Anim. Sci.* 36: 91-99, 1973.
- GREER, E.B., C.E. LEWIS, M.G. CROFT. Mineral and vitamin supplementation of diets for growing pigs. 4. Effects of copper, zinc and iron supplements in a wheat/animal protein diet on performance, liver mineral stores and backfat quality. *Austr. Exp. Agr. Anim. Husb.* 19: 312-317, 1979.
- HARVEY, W.R. Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. United States Department of Agriculture. ARS 20-8. 1960.
- HEGDES, J.D., H.R. THOMAS, E.T. KORNEGAY. Effect of dietary Zn and Ca on progeny of sows fed two dietary Zn levels. (Abstract). *J. Anim. Sci.* 41: 315, 1975.
- HSU, F.S., L. KROOK, W.G. POND, J.R. DUNCAN. Interactions of dietary calcium with toxic levels of lead zinc pigs. *J. Nutr.* 105: 112-117, 1975.
- KANEKO, J.J. Standar values in domestic animals 3<sup>a</sup> ed. Davis, Dep. of Clinical Pathology. University of California. 28 p.
- KANEKO, J.J. Clinical biochemistry of domestic animals, 3<sup>ed</sup> ed. New York. Academic Press. 1980. 832 p.
- KORNEGAY, E.T., H.R. THOMAS. Phosphorus in swine, II. Influence of dietary Ca and P levels and growth rate on serum minerals, soundness scores and bone development in barrows, gilts and boars. *J. Anim. Sci.* 52: 1070-1084, 1981.
- MAHAM, D.C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. *J. Anim. Sci.* 53: 559-564, 1982.
- MANUAL PERKIN ELMER. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin Elmer Co. 1971. 85 p.
- MARTINSON, K. L. EKMAN. The effect of prolonged supplementation of dietary zinc on weight gain, tissue storage of zinc and some serum variables in fattening pigs. *Act. Vet. Scand.* 17: 279-285, 1976.
- MORGAN, D.P., E.P. YOUNG, I.P. EARLE, R.J. DAVEY, J.W. STEVENSON. Effects of dietary calcium and zinc on calcium, phosphorus and zinc retention in swine. *J. Anim. Sci.* 29: 900-905, 1969.
- MOSER, R.L., E.R. PEO, B.D. MOSER, A.J. LEWIS. Effects of fiber on phosphorus utilization of cereal grains by G-F swine (Abstract.). *J. Anim. Sci.* 51 (Supp 1): 214, 1980.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Mineral tolerance of domestic animals. Washington, D.C. NRC. National Academic Press. 1980. 577 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of swine. 7<sup>th</sup> revised ed. Washington, D.C. 1973. 57 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of swine. 8<sup>th</sup> revised ed. Washington, D.C. 1979. 52 p.
- NIE, H.H., C. HADLAI, J.G. JENKINS, K. STEINBRENER, D.M. BENT. Statistical package for the social sciences, 2<sup>a</sup> ed. USA. Mc-Graw-Hill Book. 1979. 675 p.

- NIELSEN, A.J. Deposition of Ca and P in growing pigs determined by balance experiments and slaughter investigations. *Act. Agric. Scand.* 22: 223-237, 1972.
- POKNIAK, J., M. BONACIC, E. HAARDT, T. SEGURE. Estimación de la respuesta productiva de cerdos durante la etapa de crecimiento-engorda y su comparación con el National Research Council 1973. *Rev. Soc. Méd. Vet. (Chile)* 27:29-43, 1977.
- POND, W.G., E.F. WALKER Jr., D. KIRTLAND. Weight gain, feed utilization and bone and liver mineral composition of pigs fed high or normal Ca-P diets from weanling to slaughter weight. *J. Anim. Sci.* 41: 1053-1056, 1975.
- SCHMIDT, M., V. FORSTNER. Laboratory testing in Veterinary Medicine diagnosis and clinical monitoring. 3<sup>er</sup> ed. Manheim. Boehringer Manheim GmbH. eds. 1986. 253 p.
- SUTTLE, N.F., C.F. MILLS. Studies of the toxicity of cooper to pigs. 1. Effects of oral supplements of Zn and Fe salts on the development of cooper toxicosis. *Br. J. Nutr.* 20: 135-148, 1966.
- ULLREY, D.E., E.R. MILLER, B.E. BRENT, B.L. BRADLEY, J.A. HOEFER. Swine hematology from birth to maturity. IV. Serum calcium, magnesium, sodium, potassium, copper, zinc and inorganic phosphorus. *J. Anim. Sci.* 26: 1024-1029, 1967.
- UNDERWOOD, E.J. Trace elements in human and animal nutrition 3<sup>o</sup> ed. New York Academic Press, 1971. 500 p.
- UNDERWOOD, E.J. The mineral nutrition of livestock. 2<sup>o</sup> ed. C.A.B. England. 1981. 180 p.
- VIPPERMAN, P.E. Jr., E.R. PEO Jr., P.J. CUNNINGHAM. Calcium and phosphorus balance studies with swine (Abstract). *J. Anim. Sci.* 33: 240, 1971.

Recibido abril 1987, aprobado diciembre 1987.