

REDVET Rev. electrón. vet. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
Vol. 12, Nº 3 Marzo/2011– <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030311.html>

Efecto de la adición de cromo a la dieta en el desempeño productivo y características de la canal del cerdo en crecimiento-finalización (Effect of the chromium supplementation at the diet on productive performance and carcass characteristics of the pig in growing-finishing)

Güémez Gaxiola Héctor Raúl*^{1,3}, **Romo Rubio Javier Alonso**^{1**}, **Romo Valdez Juan Manuel**^{1,3}, **Ramos Acosta Heribier**¹, **Uriarte López Juan Manuel**¹, **Félix Camacho Silvia Alicia**¹, **Ríos Rincón Francisco Gerardo**², **Barajas Cruz Rubén**¹ y **Gaxiola Camacho Soila Maribel**¹

*Maestro en Ciencias Zootécnicas; Profesor de Tiempo Completo, profesor del curso de Producción Porcina de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa

¹Cuerpo Académico de Producción y Salud Animal de la FMVZ-UAS

²Cuerpo Académico de Producción y Calidad de los Productos Pecuarios FMVZ-UAS

³Granja Porcina "La Huerta"

**Correo electrónico: romo60@uas.uasnet.mx

**Solón Sabre Morrel No. 3097, Fracc. Universidad 94, Culiacán, Sinaloa; C.P. 80058

Resumen

Con el objetivo de determinar el efecto de la adición de Cr en el desempeño productivo y características de la canal en cerdos en crecimiento-finalización, se utilizaron 72 cerdos (36 hembras y 36 machos), con 56 días de edad con un peso promedio de 15.775 ± 1.877 kg; los que fueron asignados a uno de dos tratamientos, en un diseño experimental por bloques completos al azar, a consumir durante 119 días, durante los meses de mayo a agosto de 2009, dietas isoprotéicas e isoenergéticas adicionadas o no con 400 ppb de Cr a partir de metionina de cromo (Microplex^{MR}, Zipro Corporation). Los tratamientos consistieron en: 1) Testigo (T; n = 36); los cerdos recibieron una dieta a base de maíz-soya-aceite vegetal, sin cromo adicional y 2) CrMet (n = 36); dieta similar al testigo pero con 400 ppb de Cr adicional a partir de

metionina de cromo. Se formaron 6 bloques por tratamiento, cada bloque correspondió a 6 cerdos (tres machos y tres hembras) alojados en una corraleta. La adición de Cr a partir de metionina de cromo mejoró ($P < 0.05$) la ganancia diaria de peso (0.754 vs. 0.774 g), el peso ganado durante el periodo de prueba (90.457 vs. 92.925 kg) y el peso final (106.32 vs. 108.72); sin embargo, la adición de cromo no modificó ($P > 0.05$) el consumo de alimento diario (2.050 vs. 2.096 kg), ni la conversión alimenticia (2.720 vs. 2.706). La adición Cr mejoró ($P < 0.05$) el peso de la cabeza de lomo; sin embargo el resto de las características de la canal no fueron modificadas por los tratamientos. Los resultados del presente experimento indican que la adición de 400 ppb de Cr a partir de metionina de cromo mejora la respuesta productiva de los cerdos en crecimiento-finalización criados bajo condiciones de estrés calórico, pero no modifica las características de la canal.

Palabras Claves: Cerdo, Cromo, desempeño productivo

Abstract

With the objective of determine the effect of chromium supplementation on the productive performance and carcass characteristics in pigs during growing-finishing phases, 72 pigs were utilized (36 females and 36 males), with 56 age days and 15.775 ± 1.877 kg of average weight, that's were assigned at one of two treatments, in a blocks completely randomized design experimental, at consume isoproteic and isoenergetic diets, supplemented or not with chromium from chromium methionine (Microplex^{MR}, Zipro Corporation), during 119 days in the months of May-August of 2009 year. The treatments consisted in: 1) Control (C; $n = 36$); the pigs received a diet at base of ground corn- soybean meal- vegetable oil, without additional chromium, and 2) CrMet ($n = 36$); similar diet at the control, but with 400 ppb of additional chromium. Six blocks by treatment were formed, each one with six pigs (three females and three male) housed in one pen. The chromium supplementation improved ($P < 0.05$) average daily gain of weight (0.754 vs. 0.774 g), the gain of weight during the trial period (90.457 vs. 92.925 kg), and the final weight (106.32 vs. 108.72); nevertheless, the chromium addition not modified ($P > 0.05$) the average daily food intake (2.050 vs. 2.096 kg) and feeding efficiency (2.720 vs. 2.706). The chromium addition improved ($P < 0.05$) the back head weight; nevertheless the remainder carcass characteristics were not modified by the treatments. The results of the present experiment indicate that addition of 400 ppb of chromium from chromium methionine improve the productive performance of the pigs in growing-finishing phase breeding under conditions of high temperature environment, but not modify the carcass characteristics.

Key Words: Pig, Chromium, productive performance

Introducción

La adición de cromo (Cr) a las dietas para cerdo ha probado ser benéfica, pero las respuestas han sido inconsistentes (Page *et al.*, 1990; Page *et al.*, 1993). Si bien, los niveles de adición así como las fuentes utilizadas han variado, algunos reportes indican que el Cr ha tenido efectos benéficos en el crecimiento y la canal (NRC, 1997). Mucha de la investigación con cromo orgánico se ha realizado utilizando diferentes fuentes orgánicas (tripicolinato de cromo, nicotinato de cromo y propionato de cromo) o bien con cromo inorgánico a partir de CrCl_3 . La respuesta a la adición de cromo en las dietas, a partir de las distintas fuentes mencionadas, ha variado. Lindemann *et al.* (1995) observaron una disminución en el espesor de grasa dorsal y un aumento en el área del músculo *longissimus*, utilizando como fuente picolinato de cromo, lo que no fue observado por Boleman *et al.* (1995) y Mooney y Cromwell (1995) en estudios similares. van de Ligt *et al.* (2002) no observaron efecto de la adición de picolinato de cromo a la dieta en el desempeño de los cerdos en crecimiento (24 a 70 kg de peso corporal). Matthews *et al.* (2001) adicionó Cr orgánico a las dietas de cerdos de engorda, utilizando como fuente picolinato de cromo o propionato de cromo a niveles de 200 ppb y no reportó efectos en el crecimiento o características de la canal. Estudios posteriores realizados por Matthews *et al.* (2003, 2005) indican que la adición de 200 ppb de Cr como propionato de cromo no afectaron el crecimiento o las características de la canal en cerdos, sin embargo observaron que el propionato de cromo tuvo algunos efectos positivos sobre la calidad de los cortes de la canal. Shelton *et al.* (2003) indicaron que el propionato de cromo no tuvo efectos en desempeño de crecimiento, pero tuvo efectos positivos sobre algunas características de la canal en un experimento pero en otro no.

En los últimos años se ha utilizado Cr orgánico a partir de metionina de cromo en las dietas para bovinos en finalización en corral de engorda, a niveles de 400 ppb, para medir sus efectos en el desempeño productivo y características de la canal en bovinos en engorda intensiva en corral (Barajas *et al.*, 2008a, 2008b), estos autores observaron que la adición de metionina de cromo mejora la ganancia de peso y el peso de la canal; sin embargo, son limitados los estudios utilizando metionina de cromo como fuente de cromo adicional en las dietas para cerdos en crecimiento-finalización. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de Cr adicional a partir de metionina de cromo

en la dieta para cerdos en crecimiento-finalización, criados durante la época de verano, en el desempeño productivo y características de la canal.

Material y Métodos

El trabajo se realizó en la Unidad Experimental para Cerdo de Engorda, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia ubicada la granja porcina "La Huerta", localizada en la Sindicatura de Culiacancito, Culiacán, Sin., con coordenadas geográficas: 24° 49' 38' latitud Norte, -107° 22' 47' longitud Oeste, con una altitud de 60 msnm; el clima se clasifica como semiseco muy cálido (BS1(h')), con temperatura media anual de 24.9°C con máximas de 45°C en los meses de julio y agosto y mínimas de 7°C en diciembre y enero, la precipitación pluvial es de 671.4 mm con precipitaciones máximas en los meses de julio, agosto y septiembre.

Diseño experimental. Se utilizaron 72 cerdos (36 hembras y 36 machos), con 56 días de edad con un peso promedio de 15.775 ±1.877 kg; los que fueron asignados a uno de dos tratamientos, en un diseño experimental por bloques completos al azar, a consumir durante 119 días, durante los meses de mayo a agosto de 2009, dietas isoprotéicas e isoenergéticas adicionadas o no con 400 ppb de Cr a partir de metionina de cromo. El criterio de bloqueo fue el peso corporal de los cerdos, conformándose 6 bloques por tratamiento, cada bloque correspondió a 6 cerdos (tres machos y tres hembras) alojados en una corraleta. Los tratamientos consistieron en: 1) Testigo (T; n = 36); los cerdos recibieron una dieta a base de maíz-soya-aceite vegetal, sin cromo adicional y 2) CrMet (n = 36); dieta similar al testigo pero con 400 ppb de Cr adicional a partir de metionina de cromo (^{MR}Zipro Corporation). Las variables de consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, peso final, y ganancia total de peso fueron registradas durante el periodo de prueba. Las características de la canal fueron registradas a nivel de rastro.

El consumo promedio de alimento por día por animal, expresado en kg, se determinó pesando el alimento servido menos el sobrante, en cada corraleta, al final de cada una de las cinco etapas (76, 98, 126, 154 y 175 días de edad) que tuvo el periodo de prueba; la cantidad consumida se dividió entre el número de cerdos por corraleta y entre el número de días que duró cada etapa del experimento.

La media de ganancia diaria de peso se calculó restando el peso inicial (a los 56 días de edad) al peso final de los animales en cada corraleta (peso total por corraleta), se dividió entre los días que duró cada etapa del experimento y posteriormente entre los cerdos alojados en cada corraleta, para expresar los

valores de la variable en promedio por animal por día. La conversión alimenticia por animal, se obtuvo al dividir el consumo de alimento promedio diario por animal entre la ganancia de peso promedio diaria.

Al finalizar la prueba de alimentación, 24 cerdos de cada tratamiento fueron enviados 12 h después al rastro; el peso vivo final se registró al concluir la prueba de comportamiento y al sacrificio se registró el peso de la canal caliente (sin vísceras y sin cabeza); el rendimiento de la canal fue calculado como el peso de la canal caliente dividido entre el peso vivo final de la prueba y multiplicado por 100. Luego se obtuvieron los siguientes datos: espesor de grasa dorsal en mm (EGD) a nivel de la primer costilla; EGD en mm a nivel de la última costilla; EGD en mm a nivel de la última vértebra lumbar; área del músculo longissimus en cm²; peso del lomo, pierna, paleta, cabeza de lomo y tocino en kg.

Manejo de los animales. Los animales, previamente pesados e identificados, fueron alojados en 12 corraletas, cada una con un espacio de 10.5 m² (7 x 1.5 m), espacio que incluye 1.5 m² de charca, con piso de concreto y totalmente techados, equipados con comedero de plástico tipo tolva y bebedero de chupón integrado; en cada corraleta se alojaron 6 cerdos (3 machos y tres hembras). Los cerdos tuvieron acceso permanente a agua de bebida y alimento a libre acceso a las dietas alimenticias que se muestran en el Cuadro 1. Se registró diariamente el alimento servido en cada corraleta. Los cerdos fueron pesados al final de cada etapa.

Análisis estadístico. A los datos de consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia obtenidos durante el periodo que duro el experimento, así como a los datos de peso al sacrificio, peso de la canal caliente, rendimiento en canal, espesor de grasa dorsal y área del músculo longissimus, peso del lomo, peso de la pierna, peso de la paleta, peso de la cabeza del lomo y peso del tocino, se les aplicó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar (Steel y Torrie, 1985), utilizando el módulo de análisis de Varianza/covarianza del procedimiento para Modelos Lineales Generales de la Versión 8, del Paquete Estadístico Statistix®; se fijó un alfa máximo de 0.05 para aceptar diferencia estadística.

El modelo matemático es el siguiente: $Y_{ijk} = \mu_i + T_j + \epsilon_{ijk}$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta

μ_i = media general de la característica estudiada.

T_j = Efecto de la adición de cromo

ϵ_{ijk} = error experimental o aleatorio.

Resultados y Discusión

La adición de Cr a partir de metionina de cromo mejoró ($P < 0.05$) la ganancia diaria de peso (0.754 vs. 0.774 g), el peso ganado durante el periodo de prueba (90.457 vs. 92.925 kg) y el peso final (106.32 vs. 108.72); sin embargo, la adición de cromo no modificó ($P > 0.05$) el consumo de alimento diario (2.050 vs. 2.096 kg), ni la conversión alimenticia (2.720 vs. 2.706). Los resultados de comportamiento productivo se muestran en el Cuadro 2. Estos resultados son consistentes con los observados por Lindemann *et al.* (2008), quienes observaron una mejor ganancia de peso en los cerdos que recibieron cromo adicional a partir de levadura enriquecida con cromo a nivel de 5000 ppb; sin embargo, la adición de Cr, a los mismo niveles, a partir de otras fuentes orgánicas de cromo (metionina de cromo, tripicolinato de cromo y propionato de cromo) no modificaron el desempeño productivo de los cerdos, aunque se pudo observar que niveles altos de Cr a partir de fuentes orgánicas son bastante seguras, ya que no tienen efectos orgánicos adversos. También se observó que ninguna de las fuentes de Cr utilizadas, modificó las características de la canal, lo que coincide con los resultados del presente estudio. A diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio, Lindemann *et al.* (1995) observaron que la adición de 200 ppb de Cr a partir de picolinato de cromo mejoró la conversión alimenticia. También, Lien *et al.* (1996), utilizando niveles de 200 ppb de fuentes orgánicas de cromo observaron mejoras en el desempeño productivo de los cerdos. Sin embargo, diversos estudios han sugerido que la adición de cromo no modifica el desempeño productivo de los cerdos (Amoikon *et al.*, 1995; Matthews *et al.*, 2001; Matthews *et al.*, 2003). Los resultados en el comportamiento productivo de los cerdos en crecimiento-finalización del presente estudio, sugiere que los cerdos criados bajo condiciones de estrés calórico utilizan de manera más eficiente la energía para los procesos anabólicos a nivel celular. En tal sentido, en diversos estudios se ha observado que el Cr puede potenciar la acción de la insulina para el consumo celular de la glucosa (Amoikon *et al.*, 1995; Mowat, 1997; Mertz, 1998; Mooradian y Morley, 1987; Davis y Vincent, 1997; Czech y Corvera, 1999). También, se ha observado que las condiciones estresantes inducen un incremento en la pérdida de cromo a través de la orina (Anderson *et al.* 1991), y su deficiencia puede dañar el buen funcionamiento de las rutas metabólicas para el uso eficiente de la energía (Anderson, 1981), esto puede explicar la mejor utilización del alimento consumido en la ganancia de peso, en los cerdos que recibieron dietas adicionadas con cromo durante la época de verano.

La adición Cr a partir de metionina de cromo mejoró ($P < 0.05$) el peso de la cabeza de lomo; sin embargo el resto de las características de la canal no fueron modificadas por los tratamientos, como se muestra en el Cuadro 3. Los resultados obtenidos en la respuesta de la adición de cromo en las

características de la canal coinciden a lo observado por Amoikon *et al.* (1995); Matthews *et al.* (2001, 2003); Shelton *et al.* (2003); Lindemann *et al.* (2008). Aunque, Boleman *et al.* (1995) observaron un incremento en el espesor de grasa dorsal a nivel de la primera costilla en cerdos que recibieron Cr adicional. Por su parte, Jackson *et al.* (2009) observaron que la adición de Cr a la dieta disminuyó el espesor de grasa dorsal e incrementó el porcentaje de músculo de la canal; también, Lindemann *et al.* (1995) y Page *et al.* (1993) observaron que la adición de 200 ppb de Cr a partir de picolinato de cromo aumentó el área del músculo longissimus y disminuyó el espesor de grasa dorsal, en cerdos que recibieron Cr a partir de picolinato de cromo durante la etapa de crecimiento finalización.

Los resultados del presente experimento indican que la adición de 400 ppb de Cr a partir de metionina de cromo mejora la respuesta productiva de los cerdos en crecimiento-finalización criados bajo condiciones de estrés calórico, pero no modifica las características de la canal.

Cuadro 1. Composición y aporte nutricional de las dietas alimenticias que se utilizaron en cada una de las etapas fisiológicas

| Ingredientes | Iniciador 15-25 kg | Crecimiento 25-40 kg | Desarrollo 40-60 kg | Engorda 60-80 kg | Finalización 80-100 kg |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|
| Maíz 8.5 % PC ¹ | 691.00 | 770.00 | 795.00 | 805.00 | 827.00 |
| Pasta de Soya 47% PC | 267.00 | | | | |
| | | 200.00 | 185.00 | 175.00 | 155.00 |
| Pasta de Canola 36% PC | | | | | |
| Ácidos grasos | 12.00 | 5.00 | | | |
| Mic. Inic. LP TF ² | 30.00 | | | | |
| Mic. Crec. LP TF ³ | | 25.00 | | | |
| Mic. Desa. LP TF ⁴ | | | 20.00 | 20.00 | |
| Mic. Final. LP TF ⁵ | | | | | 18.00 |
| Total de kg | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| Análisis calculado⁶ | | | | | |
| Mcal. de E.M./kg | 3.354 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 |
| Proteína Cruda (%) | 18.983 | 16.300 | 15.730 | 15.340 | 14.500 |
| Lisina (%) | 1.179 | 1.000 | 0.940 | 0.910 | 0.820 |
| Fibra (%) | 2.529 | 2.140 | 2.140 | 2.140 | 2.120 |
| Fósforo tot.(%) | 0.606 | 0.350 | 0.350 | 0.300 | 0.300 |
| Calcio (%) | 0.759 | 0.700 | 0.700 | 0.600 | 0.600 |

¹Proteína cruda, ²premezcla de aminoácidos, vitaminas y minerales para cerdos en iniciación, ³premezcla de vitaminas y minerales para cerdos en crecimiento, ⁴premezcla de vitaminas y minerales para cerdos en desarrollo, ⁵premezcla de vitaminas y minerales para cerdos en engorda (MR VIMIFOX S.A. de C.V.), ⁶Con base en las tablas del RNC para cerdos (1998). **Nota:** A las dietas en prueba se les adicionó 400 gr/ton. de metionina de cromo/ton (Microplex®, Zinpro Co.), equivalente a 400 mg de cromo/ton.

Cuadro 2. Efecto de la adición de Metionina de Cromo en las dietas alimenticias en el desempeño productivo de cerdos de los 56 a los 175 días de edad (periodo de 119 días).

| Variables | Tratamientos, Cromo adicional | | EEM | Valor de <i>P</i> |
|-------------------------------|-------------------------------|---------|------|-------------------|
| | 0.0 ppm | 0.4 ppm | | |
| Cerdos | 36 | 36 | | |
| Corrales, n | 6 | 6 | | |
| Días en prueba | 119 | 119 | | |
| Peso Inicial, kg | 16.368 | 15.765 | 0.36 | 0.29 |
| Peso final, kg | 106.32 | 108.72 | 0.51 | 0.02 |
| GDP, kg/día | 0.754 | 0.774 | 0.01 | 0.02 |
| Peso ganado en el periodo, kg | 90.457 | 92.925 | 0.49 | 0.02 |
| Consumo de alimento, kg/día | 2.050 | 2.096 | 0.07 | 0.63 |
| Consumo/ganancia, kg/kg | 2.720 | 2.706 | 0.08 | 0.91 |

Cuadro 3. Efecto de la adición de Metionina de Cromo en las dietas de crecimiento-finalización en las características de la canal de cerdos.

| Variable | Cromo adicional | | EEM | Valor de <i>P</i> |
|--|-----------------|---------|-------|-------------------|
| | 0.0 ppm | 0.4 ppm | | |
| Cerdos, n | 24 | 24 | | |
| Días en prueba | 119 | 119 | | |
| Peso final, kg | 109.81 | 111.25 | 1.879 | 0.70 |
| Peso canal caliente, kg | 87.70 | 89.23 | 1.582 | 0.63 |
| Rendimiento en canal, % | 79.82 | 80.16 | 0.233 | 0.47 |
| Espesor de grasa dorsal a nivel de la primera costilla, mm | 34.64 | 32.78 | 1.035 | 0.37 |
| Espesor de grasa dorsal a nivel de la última costilla, mm | 18.42 | 17.64 | 0.584 | 0.51 |
| Espesor de grasa dorsal a nivel de la última vértebra lumbar, mm | 21.21 | 20.78 | 0.704 | 0.76 |
| Área del músculo <i>longissimus</i> , cm ² | 34.80 | 34.45 | 0.590 | 0.77 |
| Peso del lomo, kg | 5.19 | 5.43 | 0.097 | 0.22 |
| Peso de la pierna, kg | 9.01 | 8.72 | 0.230 | 0.52 |
| Peso de la paleta, kg | 5.26 | 5.31 | 0.77 | 0.75 |
| Peso de la cabeza del lomo, kg | 2.01 | 2.20 | 0.04 | 0.03 |
| Peso del tocino, kg | 4.78 | 4.84 | 0.102 | 0.77 |

Conclusiones

La adición de Cr a partir de metionina de Cromo a las dietas mejora el desempeño productivo de los cerdos en crecimiento-finalización criados bajo condiciones de ambiente cálido.

Agradecimientos: Los autores agradecen al PROFAPI-UAS edición 2009, así como al Sr. Juan Alberto Güémez Rodriguera propietario de la granja porcina "La Huerta", por el apoyo económico y las facilidades brindadas, respectivamente, para la realización del presente trabajo.

Literatura citada

- Amoikon E. K., J. M. Fernandez, L. L. Southern, D. L. Thompson Jr, T. L. Ward and B. M. Olcott. 1995. Effect of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth hormone in pigs. *J Anim. Sci.* 73:1123-1130
- Anderson, R.A. 1981. Nutritional role of chromium. *Sci. Total Environ.* 17:13-29 (Abstract)
- Anderson, R.A., N.A Bryden, M.M. Polansky, and J.W. Thorp 1991. Effects of carbohydrate loading and underwater exercise on circulating cortisol, insulin, and urinary losses of chromium and zinc. *Eur. J. Appl. Physiol.* 63:146-150.
- Barajas, R., B.J. Cervantes, E.A. Velázquez, J.A. Romo, F. Juarez, P.J. Rojas and F.R, Peña. 2008a. Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls:I Results cool season in the Northwest of Mexico. *Proc. Western Section, American Society of Animal Science.* Vol. 59:383-386.
- Barajas, R., B.J. Cervantes, E.A. Velázquez, J.A. Romo, F. Juarez, P.J. Rojas and F.R, Peña. 2008b. Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls:II Results including trough hot and humidity season in the Northwest of Mexico. *Proc. Western Section, American Society of Animal Science.* Vol. 59:374-377.
- Boleman, S.L., S.J. Boleman, T.D. Bidner, L.L. Southern, T.L. Ward, J.E. Pontif, and M.M. Pike. 1995. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. *J. Anim. Sci.* 73:2033-2042.
- Czech M. P., and S. Corvera. 1999. Signaling mechanisms that regulate glucose transport. *J. Biol. Chem.*, 274:1865-1868
- Davis, C. M. and J. B. Vincent. 1997. Chromium Oligopeptide Activates Insulin Receptor Tyrosine Kinase Activity. *Biochemistry*, 36(15):4382–4385.

- Jackson A. R., S. Powell, S. L. Johnston, J. O. Matthews, T. D. Bidner, F. R. Valdez and L. L. Southern. 2009. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow. *J. Anim Sci.* 87:4032-4041.
- Lien, T.F., S.Y. Chen, C.P. Wu, C.L. Chen, and C.Y. Hu. 1996. Effects of chromium picolinate and chromium chloridre on growth performance and serum traits of growing-finishing swine. *J. anim. Sci. (Suppl. 1)*:185 (abstr.).
- Lindemann M. D., G. L. Cromwell, H. J. Monegue and K. W. Purser. 2008. Effect of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs^{1,2}, *J. Anim Sci.* 86:2971-2978.
- Lindemann, M.D., C.M. Wood, A.F. Harper, E.T. Kornegay, and R.A. Anderson. 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growing/finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 73:457-465.
- Matthews, J. O., A. C. Guzik, F. M. LeMieux, L. L. Southern, and T. D. Bidner. 2005. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 83: 858-862.
- Matthews, J. O., A. D. Higbie, L. L. Southern, D. F. Coombs, T. D. Bidner, and R. L. Odgaard. 2003. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs *J Anim Sci* 81: 191-196.
- Matthews, J. O., L. L. Southern, J. M. Fernandez, J. E. Pontif, T. D. Bidner, and R. L. Odgaard. 2001. Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing-finishing barrows. *J Anim Sci* 79: 2172-2178.
- Mertz, M.D.W. 1998. Chromium Research from a Distance: From 1959 to 1980. *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 17, No. 6, 544-547.
- Mooney, K.W., and G.L. Cromwell. 1995. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:3351-3357.
- Mooradian, A.D., and J.E. Morley. 1987. Micronutrient status in diabetes mellitus. *Am. J. Clin. Nutr.* 48:877-895.
- Mowat, D.N. 1997. *Organic Chromium in Animal Nutrition*. Chromium Books, Guelph, ON, Canada
- NRC. *Requirements of Swine*, National Research Council. 1997. The Role of chromium in animal nutrition. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. *Requirements of Swine*, National Research Council. 1998. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

- Page, T. G., L. L. Southern, T. L. Ward, and D. L. Thompson, Jr. 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71:656–662.
- Page, T. G., T. L. Ward, and L. L. Southern. 1990. Chromium supplementation of corn-soybean meal diets for finishing swine. *J. Anim. Sci.* 68(Suppl. 1):39 (Abstr.).
- Shelton, J. L., R. L. Payne, S. L. Johnston, T. D. Bidner, L. L. Southern, R. L. Odgaard, and T. G. Page. 2003. Effect of chromium propionate on growth, carcass traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 2003 81: 2515-2524.
- Steel, G.D. y J.H. Torrie. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos* (2da. Ed.) McGraw-Hill, México, D. F.
- van de Ligt, C.P.A., M.D. Lindemann, and G.L. Cromwell. 2002. Assesement of chromium tripicolinate supplementantation and dietary energy level and source on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 80:483-493.