

PICOLINATO DE CROMO EN LA DIETA DE CERDOS EN CRECIMIENTO^a

J. Antonio Rentería Flores^{b, c}
José A. Cuarón Ibarguengoytia^b

RESUMEN

Rentería F J A, Cuarón I J A. *Téc. Pecu. Méx.* Vol. 36 No 2 1998 pp 121-139. Para evaluar el efecto de incluir 200 mg. ton⁻¹ de Cromo, como picolinato, en la dieta de cerdos en crecimiento, se realizaron cuatro experimentos con un total de 558 cerdos. La adición de Cr no afectó el comportamiento productivo pero, en el promedio, disminuyó la grasa dorsal 2.95 vs 3.14 cm ($p < 0.01$). El balance de nitrógeno no mostró ningún beneficio de la suplementación con Cr ($p > 0.05$). Las concentraciones sanguíneas posprandiales de glucosa, colesterol e insulina, no mostraron diferencias dinámicas ($p > 0.05$), pero cuando los tiempos de muestreo se analizaron independientemente, el Cr disminuyó ($p < 0.05$) los niveles de colesterol y favoreció la función de insulina. Al comparar aportes y perfiles de aminoácidos en la dieta, con la adición o no de Cr y dos pesos de sacrificio, con Cr se obtuvo un incremento en el área del ojo de chuleta (31.4 vs 28.6 cm², ($p < 0.02$) que interactuó ($p < 0.03$) con el peso al sacrificio (95 vs 105 kg): los efectos de Cr fueron mayores con animales más pesados, sin que la calidad proteica de la dieta influyera. La adición de 200 mg. ton⁻¹ de Cr, como picolinato, a la dieta de cerdos en crecimiento mejora la calidad de la canal, particularmente cuando el peso de sacrificio es mayor.

PALABRAS CLAVE: Picolinato de cromo, Cerdos, Crecimiento, Evaluación de la canal, Grasa dorsal, Cortes primarios, Rendimiento magro.

INTRODUCCION

El cromo es un elemento esencial cuyas funciones en el metabolismo no se conocen del todo. Sin embargo, se sabe que en compañía de otros compuestos como el ácido nicotínico, la glicina, el ácido glutámico y la cistina, forma el factor de tolerancia a la glucosa (FTG), el que actúa como activador o potenciador de la acción de la insulina en el transporte de glucosa y aminoácidos al interior de la célula (1), por lo que se le implicado en la síntesis

proteica y en la disminución de los niveles de colesterol en la sangre (2).

Giri *et al.* y Schroeder (3,4), han señalado que la concentración de cromo en los ingredientes comúnmente empleados en la alimentación de los cerdos es en general baja. Además, la disponibilidad de éste elemento es muy pobre, por lo que se ha sugerido que con su adición en la dieta, los cerdos podrían mejorar su productividad (2).

a Recibido el 2 de septiembre de 1997 y aceptado para su publicación el 15 de enero de 1998.

b Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. Apartado postal 2-29, Querétaro, Qro. 76020. Carretera a Colón, km 1, Ajuchitlán, Colón, Querétaro.

c El trabajo es parte de la tesis del primer autor para la obtención del grado de Maestro en Ciencia, Nutrición Animal, en Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El trabajo se realizó con apoyo del Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C. (PAIEPEME) y Prince Agri Products, Inc., Quincy, Illinois, EUA.

Existen varios compuestos orgánicos de cromo, en los que la disponibilidad del elemento es mayor (5,6), tal es el caso del glicinato crómico, el oxalato crómico, el mismo factor de tolerancia a la glucosa y los quelatos trivalentes, como el picolinato de cromo (6). El picolinato (ácido piridin-2-carboxílico) es un derivado del metabolismo del triptófano que se ha

probado como un muy efectivo quelante de varios minerales, observándose que incrementa la absorción de varios cationes como Fe, Zn, Co, Cd y Cr (7,8,9,10).

Respecto al uso de moléculas orgánicas como fuentes de elementos traza en la alimentación animal, es común que se mida primero la toxicidad. En el caso del cromo, el NRC (11) menciona que los quelatos trivalentes y el óxido crómico son de las formas más tolerables y que la concentración de cromo en la dieta es segura hasta las 3,000 ppm (i.e., 3 g. ton⁻¹), cuando en otros trabajos (1,2,5) se demostró que la adición de cromo a razón de 200 mg. ton⁻¹ es suficiente para mejorar el comportamiento productivo de los cerdos, lo que fue manifiesto por una reducción de la capa dorsal de grasa y un aumento en el rendimiento magro.

En éste estudio, se decidió usar cromo, como picolinato, a razón de 200 mg. ton⁻¹ con objeto de examinar las ventajas de la suplementación a cerdos en crecimiento, así como contribuir al conocimiento de las condicionantes que modulan sus efectos sobre la composición de la canal de los cerdos al abasto.

MATERIAL Y METODOS

Los experimentos se realizaron en dos localidades, el primero en una granja comercial, Rancho "Doña Bárbara", localizada en el municipio de Villa de Reyes, San Luis Potosí, a una altitud de 1820 msnm; con clima semiseco templado, temperatura media anual de 16-18 C, lluvias en verano y una precipitación media anual de 335 a 398 mm, ubicada a los 100°54'21" de longitud oeste y 21° 55' 12"

de latitud norte (12,13). Los experimentos dos, tres y cuatro se realizaron en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFMA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), localizado en el kilometro 1, de la carretera a Colón, Ajuchitlán, municipio de Colón, Querétaro, ubicado a los 102° 00' 00" de longitud oeste y 20° 43' 00" latitud norte, a una altitud de 1990 msnm, con un clima semiseco templado, con una temperatura media anual de 14 C, lluvias durante el verano y una precipitación media anual de 460 a 640 mm (14).

Experimento 1.- Se usaron, 480 cerdos (240 hembras y 240 machos castrados), híbridos (cruza terminal de una línea comercial), de 12 ± 0.5 semanas de edad y peso inicial de 31.2 ± 4.219 kg (30.7 ± 4.135 hembras y 31.7 ± 3.779 machos castrados). Los cerdos fueron divididos de acuerdo al sexo, en grupos de 20 animales por corral, contando en total con 24 unidades experimentales.

Los tratamientos fueron: un control (C), con la dieta en uso en la granja, basada en sorgo, pasta de soya y harina de carne (Cuadro 1), cuya formulación excedió los requerimientos marcados por el NRC (15) e.g., 17% PC, 3.24 Mcal EM, 0.85% lisina, para la etapa de crecimiento y 15% PC, 3.20 Mcal EM, 0.75% lisina, para la etapa de finalización, y otra dieta (T), la misma que la anterior, pero adicionada con 200 mg. ton⁻¹ de cromo (en forma de picolinato), el que se añadió en la premezcla a expensas del sorgo. La

formulación se ajustó a dos etapas productivas: crecimiento, de 30 a 65 kg y finalización, de 66 a 100 kg o más de peso corporal.

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques al azar en un arreglo factorial 2 x 2, en donde el tratamiento (con y sin cromo) y el sexo (machos castrados y hembras) fueron los factores. El criterio de bloqueo fue la semana de inicio en el experimento, ya que por la disponibilidad y homogeneidad de los animales, de cada grupo de destete (semanal), solo se pudo contar con 160 animales. La unidad experimental fue el corral con 20 cerdos.

Los corrales fueron de tipo frente abierto con piso sólido de concreto, con una superficie efectiva de 24 m² (6 x 4 m); el equipo por corral incluyó 2 bebederos tipo chupón y un comedero automático tipo tolva con 10 bocas, situados en extremos opuestos del corral, techo de lámina metálica y bardas de concreto.

Los animales fueron alimentados a libertad, añadiendo alimento para llenar las tolvas de los comederos cada tres o cuatro días, por lo que se llevó un control del alimento que se agregó, a fin de estimar el consumo voluntario al pesar el alimento remanente, al final de cada período de pesaje de los animales y calcular con esto, la eficiencia alimenticia. Los cerdos se pesaron cada 14 días, siempre a la misma hora, o bien con mayor frecuencia, conforme los animales se acercaron al peso programado para el cambio de alimento de acuerdo con su etapa productiva o conforme se aproximaban al peso de sacrificio (105 kg como media de la unidad experimental).

Las variables de respuesta analizadas fueron: consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) y eficiencia alimenticia (G/C). Para la evaluación de la canal, los cerdos fueron sacrificados al llegar al peso estipulado y se registraron: peso de la canal caliente con y sin cabeza; el espesor de la grasa dorsal, que se midió sobre la línea media a la altura de la primera, décima y última costilla, además de la última vértebra lumbar; el largo de la canal, y el área del ojo de la chuleta, a nivel de la décima costilla. Para calcular el peso de los cortes primarios, así como su rendimiento con respecto al peso de la canal, se utilizaron ecuaciones de predicción (16), calculando también el rendimiento magro de las canales conforme a lo establecido por el National Pork Producers Council (17).

Experimento 2.- Se usaron 12 machos castrados procedentes de un cruzamiento alterno Duroc x Landrace, con 9 semanas de edad y peso inicial promedio de 25 ± 1.118 kg divididos en dos grupos, control y tratados. Los tratamientos se basaron en una dieta sorgo-maíz-pasta de soya (16% PC, 3.23 Mcal de EM/kg y 0.85% lisina) y fueron: un control y el otro, la misma dieta, pero adicionada con 200 mg. ton⁻¹ de cromo a partir de picolinato (Cuadro 2).

Al inicio, los animales se alojaron en corrales individuales de frente abierto, con piso sólido de concreto en una superficie útil de 1.2 m²; cada corral tenía, en extremos opuestos, un bebedero tipo chupón y un comedero automático con tolva; el techo de lámina acanalada de asbesto y las divisiones de mampostería. Los animales fueron adaptados a las dietas y al manejo

en estos corrales; luego, cuando alcanzaron los 55 kg de peso corporal, se movieron a jaulas metabólicas (18).

El diseño experimental fue uno de bloques al azar, con seis repeticiones por tratamiento, donde el tratamiento fue el factor de estudio y el bloque correspondió a la semana de inicio en la prueba; la unidad experimental fue el animal. Las variables que se analizaron fueron: nitrógeno consumido, nitrógeno excretado en heces, nitrógeno excretado en orina, nitrógeno retenido y nitrógeno digerido.

Para facilitar la supervisión y prevenir el desperdicio, los animales se entrenaron para consumir alimento en un máximo de 90 min., para lo que se alimentaron a saciedad dos veces al día (en intervalos de 12 h), retirando el alimento no consumido una vez pasado el lapso asignado. Al llegar a los 55 kg los cerdos fueron trasladados a jaulas metabólicas dándoles un período de adaptación de cuatro días.

Pasado este período, se inició la colección total de heces y orina; para marcar las heces correspondientes al lapso de colección, en las comidas de inicio y fin se añadió al alimento óxido férrico (a razón del 1%). La colección de orina se inició al día siguiente de comenzado el muestreo de heces y, posteriormente, cada 24 horas durante cinco días, para su posterior análisis de acuerdo con lo señalado por diferentes autores (18,19).

Experimento 3.- Se usaron 10 cerdos, machos castrados de la misma edad y origen genético que los usados en el experimento 2, en éste caso, con un peso inicial de 25.4 ± 0.902 kg. El alojamiento,

manejo y alimentación fueron iguales a los del experimento 2; como en éste, los tratamientos se basaron en una dieta sorgo-maíz-pasta de soya (Cuadro 2), un control y el otro, la misma dieta, pero adicionada de 200 mg. ton⁻¹ de cromo. El trabajo se dividió en dos pruebas, en la primera se realizó una medición posprandial de metabolitos sanguíneos y, la segunda, fue una prueba de tolerancia a la glucosa. Ambos procedimientos se facilitaron por la inserción de un catéter a través de la yugular y hasta el golfo de las cavas.

Al llegar a los 55 kg de peso corporal, los cerdos fueron operados en la región ventral del cuello para introducir un catéter de silástico (calibre 20). Previamente, los corrales y sala de cirugía se desinfectaron y a los animales se les aplicó un tranquilizante (Azaperona en dosis de 40 mg por cada 20 kg de peso corporal), una vez logrado el efecto de sedación, se procedió a la aplicación intravenosa (vena auricular superficial) de una droga neuroleptoanalgésica (Metomidato en dosis de 1.5 mg/kg de peso). Además, se aplicó un anestésico local (Xilocaína al 10%) en el tercio medio de la región del cuello, sobre la porción dorsal de la canaladura esofágica.

Una vez que el animal estaba preparado, se realizó la incisión primaria, procurando solo interesar piel y tejido subcutáneo. Cuando se descubrió el tejido muscular, se desgarró para buscar la vena yugular interna, al localizarla, se ligó tanto en la porción craneal como caudal de la incisión, para ser disecada y realizar en la pared venosa una pequeña incisión, a través de la cual se insertó el catéter en dirección caudal, hasta llegar lo mas cercano posible

PICOLINATO DE CROMO EN LA DIETA DE CERDOS EN CRECIMIENTO

al corazón (40 a 50 cm). Cuando la cánula se encontró en el sitio apropiado, se verificó su funcionamiento y se procedió a ligar la vena en la porción craneal con la finalidad de evitar una hemorragia. Se procedió entonces a suturar la capa muscular, donde se fijó la cánula mediante un punto de sutura.

El catéter se condujo a través de la grasa subcutánea para ser exteriorizado sobre la línea media, en la región de la cruz. Cuando la cánula se localizó en este sitio, se realizó una prueba de funcionamiento y se procedió a suturar la piel. La cánula se colocó en una bolsa de vinilo de 10 cm² con un cierre de cremallera, la cual se fijó de su borde anterior y posterior a la piel del animal con dos puntos de sutura de nylon (calibre 2).

Terminado el procedimiento de inserción y fijación del catéter y como una práctica de mantenimiento del mismo, se realizaron pruebas de funcionamiento: antes de iniciar la cirugía, las cánulas fueron llenadas con solución salina fisiológica, midiendo el volumen captado con objeto de que cada vez que ésta fuera llenada, solo se infundiera la cantidad necesaria para ocupar su luz. Después de las pruebas de funcionamiento, los catéteres fueron llenados con una solución salina fisiológica a la que se le añadieron 150 mg. 1,000 ml⁻¹ (21) de heparina, para evitar que se formaran coágulos en el interior de la cánula.

El buen funcionamiento de las cánulas fue verificado diariamente y se dio a los animales un período de adaptación al manejo y al catéter de un mínimo de tres días (el mayor fue de cinco), para después

proceder al período de muestreo, e iniciar con la prueba posprandial y cuatro días después la prueba de la tolerancia a la glucosa.

Para realizar la curva de desaparición de la glucosa, se infundió a través de la cánula una solución concentrada (al 50%), a razón de 500 mg/kg de peso vivo (22,23,24) y se realizaron los siguientes muestreos: el primero antes de la aplicación de la glucosa t₀ (t 0') y después en intervalos de 15 min. (t₁ y t₂), de la aplicación t₁ (t 15'), después a los 30 min. t₂ (t 30'), y de 30 min., hasta completar 180 min. de muestreo (t₃ a t₈), ocho tiempos (21,25).

En el caso de la medición posprandial de los metabolitos sanguíneos, los tiempos de muestreo fueron los siguientes: t₀, antes de que el animal fuera alimentado (y posterior a 12 horas de ayuno); el t₁, 30 min. después de que se le había dado de comer al animal, después, cada 30 min. hasta completar 180 min. esto es, siete tiempos de muestreo.

La glucosa sanguínea se midió aplicando el método de la glucosa-oxidasa, para lo cual se utilizó un paquete comercial (Glucosa Trinder 740393 Merckotest, Diagnostica Merck) y la lectura se realizó en un espectrofotómetro (Spectronic 20 D, Milton Roy Company) a 520 nm.

El colesterol sanguíneo se midió con el método enzimático, para lo cual se usó un paquete comercial (Colesterol enzimático 14350 Merckotest, Diagnostica Merck) realizando la lectura en el espectrofotómetro antes mencionado, pero a los 405 nm.

Para la determinación de insulina se utilizó un paquete comercial para radioinmunoanálisis Coat-A-Count INSULIN (para fase sólida, marcado con I¹²⁵) de los laboratorios Diagnostic Products Corporation, las muestras fueron preparadas e incubadas en el laboratorio de Radioinmunoensayo y leídas en Medidores Médicos Industriales (México D.F.), obteniendo un coeficiente de variación intraanálisis del 15% o menor.

Para el análisis estadístico de los datos, se usó un arreglo de parcelas divididas en tiempo en el modelo lineal de un diseño de bloques al azar (pares de cerdos); en ambos ensayos, la parcela mayor fue el animal y la parcela menor los períodos de muestreo, siendo los tratamientos las dietas (con y sin cromo). En el caso de la prueba posprandial se contó con cuatro repeticiones por tratamiento y un total de siete períodos y para la prueba de tolerancia a la glucosa, se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento y un total de ocho periodos (20).

Experimento 4.- Se evaluó la adición de picolinato de cromo, a razón de 200 mg. ton⁻¹ de Cr, en su posible interacción con dietas proveyendo diferentes concentraciones y calidades de proteína. Además, se incluyeron factorialmente dos pesos al sacrificio. Se usaron 48 cerdos, machos castrados, híbridos (con el mismo origen genético de los experimentos dos y tres), de 11 ± 0.3 semanas de edad y peso inicial de 31.650 ± 2.443 kg. Se usaron tres dietas con diferentes perfiles de nutrimentos, utilizando como ingredientes mayores para su formulación sorgo y pasta de soya, adicionando o no 200 mg. ton⁻¹ de cromo (en forma de picolinato), el cual se

añadió, en la premezcla, a expensas del sorgo (para hacer un total de seis tratamientos). La formulación de los alimentos se ajustó conforme a dos etapas: 30 a 65 kg (crecimiento) y de 66 a 95 ó 105 kg (finalización). En el cálculo de las dietas se consideraron las recomendaciones para el mayor rendimiento magro en esta población de animales (26).

La primer dieta, "baja en proteína", PC 13%, EM 3.2 Mcal/kg, lisina 0.71%, treonina 0.47%, Met+Cys 0.39% y triptófano 0.16%, durante la etapa de crecimiento y PC 11%, EM 3.2 Mcal/kg, lisina 0.50%, treonina 0.34%, Met+Cys 0.33% y triptófano 0.13% para la etapa de finalización (tratamientos 1 y 2, Cuadros 3 y 4).

Una segunda dieta baja en proteína, pero corregida en su perfil de aminoácidos de acuerdo con las recomendaciones de la formulación a proteína ideal, PC 13%, EM 3.2 Mcal/kg, lisina 0.77%, treonina 0.54%, Met+Cys 0.45%, y triptófano 0.14%, para la etapa de crecimiento y PC 11%, EM 3.2 Mcal/kg, lisina 0.62%, treonina 0.43%, Met+Cys 0.38% y triptófano 0.13% para la etapa de finalización (tratamientos 3 y 4, Cuadros 3 y 4).

Por último una tercera dieta alta en proteína; PC 17%, EM 3.2 Mcal/kg, lisina 0.90%, treonina 0.61%, Met+Cys 0.45% y triptófano 0.14% para la etapa de crecimiento y PC 15%, EM 3.2 Mcal/kg, lisina 0.75%, treonina 0.50%, Met+Cys 0.38% y triptófano 0.19%, para la etapa de finalización (tratamientos 5 y 6, Cuadros 3 y 4).

Los animales fueron alojados individualmente, en las mismas condiciones que en el experimento 3 y fueron alimentados a saciedad dos veces al día, de acuerdo con su etapa productiva. Con fines de supervisión, los cerdos se pesaron cada dos semanas o antes al acercarse a los pesos establecidos para el cambio de alimento (65 kg) o para el sacrificio (95 o 105 kg). Las variables de respuesta fueron: consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), y eficiencia alimenticia (G/C); la evaluación de la canal se realizó en forma similar a la del primer experimento.

Los datos se analizaron conforme a un diseño de bloques al azar en un arreglo factorial 3 x 2 x 2. Donde las dietas (baja proteína, baja proteína corregida en aminoácidos y alta en proteína), tratamiento (con y sin cromo) y peso de sacrificio (95 y 105 kg) fueron los factores de estudio; contando con cuatro repeticiones en la triple interacción. El bloque se estableció por la fecha de inicio; la unidad experimental fue el animal y su peso inicial se incluyó en el modelo como covariable.

RESULTADOS

Experimento 1.- No se encontraron efectos por la adición de cromo ($p > 0.05$, Cuadro 5). Sin embargo, los machos consumieron más alimento y ganaron más peso que las hembras (2.5 vs 2.2 kg/d y 780 vs 710 g/d; $p < 0.01$). En cambio, en la evaluación de la canal (Cuadro 5), la adición del cromo redujo el espesor de la capa dorsal de grasa (2.80 vs 2.97 cm; $p < 0.01$), mejorando también el rendimiento magro calculado (56.5 vs 55.8%; $p < 0.01$), pero el efecto

del sexo sobre las características de la canal fue más relevante en la capa dorsal de grasa (2.75, hembras vs 3.01 cm, machos castrados; $p < 0.01$), área del ojo de chuleta (41.20, hembras vs 36.8 cm², machos castrados; $p < 0.01$).

Los resultados del balance de nitrógeno, se resumen en el Cuadro 6, la digestibilidad promedio fue de poco más del 79% y la retención de nitrógeno en función del consumo del 45%; el cromo en la dieta no alteró el metabolismo del nitrógeno ($p > 0.10$). Para el tercer experimento, las concentraciones promedio de colesterol (Fig. 1), glucosa (Fig. 2) e insulina (Fig. 3), mostraron patrones posprandiales similares en respuesta a ambos tratamientos ($p > 0.10$). Sin embargo, al comparar arbitrariamente las medias de un solo tiempo de muestreo (como en el trabajo de Kitchalong *et al.*, 23), se detectaron algunas diferencias, en especial para la concentración de insulina (en los tiempos 60' y 90', Fig. 3). Tampoco se encontraron diferencias ($p > 0.10$) en la prueba de tolerancia a la glucosa (Fig. 4).

En las variables consumo de alimento y ganancia diaria de peso del cuarto experimento, no se detectaron diferencias por efecto de la dieta' ($p > 0.05$), ni de la suplementación con cromo ($p > 0.05$), pero en la eficiencia alimenticia se detectó una interacción dieta por cromo ($p < 0.01$); la adición de cromo mejoró la eficiencia, pero solo en los cerdos alimentados con la dieta alta en proteína (Cuadro 7).

En el consumo total de alimento, los animales sacrificados a los 95 kg tuvieron un consumo total de alimento de 234.6 kg vs 267.6 kg de los animales sacrificados a

los 105 kg ($p < 0.01$, EEM = 4.64), pero los animales de la dieta 5 (alta en proteína sin cromo), fueron los que consumieron más (dieta y cromo interactuaron, $p < 0.01$).

Como se esperaba el peso de la canal fue consecuencia del peso al sacrificio: los animales con menor peso (96.816 kg) tuvieron una canal de 77.81 vs 85.86 kg de los animales que se sacrificaron con un peso corporal de 106.019 kg ($p < 0.01$; EEM = 0.4902). Sin embargo, el rendimiento en canal (con cabeza y patas) fue similar para ambos pesos 80.3 vs 80.9% ($p > 0.05$). Así mismo, el peso de los cortes primarios fue proporcional al peso al sacrificio ($p < 0.01$; EEM = 0.2848), 41.05 vs 44.06 kg, pero

inversamente proporcional en el rendimiento magro calculado, siendo las medias de 56.85 vs 55.32%, a favor de los animales sacrificados a menor peso.

La grasa dorsal promedio no se afectó por el tipo de dieta, ni por la adición de cromo, pero si se detectaron diferencias por efecto del peso de sacrificio 2.74 vs 3.09 cm, teniendo menos grasa los animales sacrificados con el menor peso ($p < 0.01$; EEM = 0.0785), Cuadro 7. En el área de ojo de la chuleta no se encontró efecto por el tipo de dieta o por el peso al sacrificio ($p > 0.10$), pero la adición de cromo incrementó el área del músculo largo dorsal: 31.4 vs 28.6 cm² ($p < 0.02$; EEM = 0.8043); la adición de cromo interactuó además con el peso al sacrificio ($p < 0.03$, Cuadro 7 y Figura 5).

Cuadro 1.- Dietas, Experimento 1 (kg/tonelada).

INGREDIENTE / ETAPA	CRECIMIENTO ^a	FINALIZACION ^b
Sorgo	710.00	774.00
P. de soya	182.00	134.00
H. de carne	50.00	58.00
Aceite vegetal	31.20	15.60
Premezcla	26.80 ^{c,d}	18.40 ^{c,f}

a Composición analizada, dieta de Crecimiento: PC, 17.3%; EM, Mcal/kg 3.24; Lys, 0.85%; Ca, 0.65% y P, 0.60%.

b Composición analizada, dieta de Finalización: PC, 15%; EM, Mcal/kg 3.20; Lys, 0.75%; Ca, 0.55% y P, 0.47%.

c Sorgo, 2.70 kg; Sal, 4.00 kg; Minerales, 11.30 kg; Vitaminas, 8.00 kg; L-Treonina, 0.60 kg y Antibiótico, 0.20 kg.

d Sorgo, 2.20 kg; Sal, 4.00 kg; Minerales, 11.30 kg; Vitaminas, 8.00 kg; L-Treonina, 0.60 kg; Antibiótico, 0.20; Picolinato de cromo, 0.50 kg.

e Sorgo, 1.30 kg; Sal, 3.60 kg; Minerales, 6.90 kg; Vitaminas, 5.00 kg; Pasta de Soya, 0.80 kg; H. de carne, 0.80 kg.

f Sorgo, 0.80 kg; Sal, 3.60 kg; Minerales, 6.90 kg; Vitaminas, 5.00 kg; Pasta de Soya, 0.80 kg; H. de carne, 0.80 kg y Picolinato de cromo, 0.50 kg.

PICOLINATO DE CROMO EN LA DIETA DE CERDOS EN CRECIMIENTO

Cuadro 2.- Dietas, Experimentos 2 Y 3 (kg/tonelada).

INGREDIENTE / ETAPA	CRECIMIENTO ^a	FINALIZACION ^b
Sorgo	417.000	291.000
Maíz	350.000	400.000
P. de soya	168.000	152.000
H. de carne	44.338	35.620
Sebo	7.061	0.000
Melaza de Caña	0.000	79.550
P. Girasol	0.000	30.000
Premezcla	13.601 ^{c,d}	11.830 ^{e,f}

a Análisis calculado dieta Crecimiento; PC 16%; EM Mcal/kg 3.23; Lys 0.85% Ca 0.63% P 0.57%.

b Análisis calculado dieta Finalización; PC 13%; EM Mcal/kg 3.10; Lys 0.75% Ca 0.57% P 0.50%.

c Sorgo, 1.419 kg; Pasta de Soya, 0.984 kg; Sal, 3.500 kg; Minerales, 6.044 kg; Vitaminas, 1.00 kg y L-Lisina HCl, 0.654 kg.

d Sorgo, 0.919 kg; Pasta de Soya, 0.984 kg; Sal, 3.500 kg; Minerales, 6.044 kg; Vitaminas, 1.00 kg; L-Lisina HCl, 0.654 kg y Picolinato de cromo, 0.500 kg.

e Sorgo, 1.466 kg; Pasta de Soya, 0.979 kg; Sal, 3.500 kg; Minerales, 4.766 kg; Vitaminas, 1.00 kg y L-Lisina HCl, 0.119 kg.

f Sorgo, 0.966 kg; Pasta de Soya, 0.979 kg; Sal, 3.500 kg; Minerales, 4.766 kg; Vitaminas, 1.00 kg; L-Lisina HCl, 0.119 kg y Picolinato de cromo 0.500 (kg).

Cuadro 3.- Dietas de Crecimiento, Experimento 4 (kg/tonelada).

INGREDIENTE	BAJA EN PC. ^a	B. PC. + AAs. ^b	ALTA EN PC. ^c
Sorgo	845.000	843.000	739.000
P. de soya	114.000	109.000	225.000
Sebo	7.650	10.505	6.868
Premezcla	33.350 ^{d,e}	37.495 ^{f,g}	29.132 ^{h,i}

a Dieta baja en PC, 13%; EM, Mcal/kg 3.20; Lys, 0.71%; Thr 0.47%; Trp, 0.16%; Met+Cys, 0.39%; Ca, 0.63%; P, 0.55%.

b Dieta baja en PC, con la adición de aminoácidos: PC, 13%; EM, Mcal/kg 3.20; Lys, 0.77%; Thr, 0.54%; Trp, 0.14%; Met+Cys, 0.45%; Ca, 0.63%; P, 0.55%.

c Dieta alta en PC 17%; EM, Mcal/kg 3.20; Lys, 0.90%; Thr, 0.61%; Trp, 0.14%; Met+Cys, 0.45%; Ca, 0.63%; P, 0.55%.

d Sorgo, 0.524 kg; Pasta de Soya, 0.690 kg; Minerales, 25.087 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.00 kg; L-Lisina HCl, 2.154 kg; L-Treonina, 0.395 kg.

e Sorgo, 0.024 kg; Pasta de Soya, 0.690 kg; Minerales, 25.087 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.00 (kg); L-Lisina HCl, 2.154 kg; L-Treonina, 0.395 kg; Picolinato de cromo, 0.500 kg.

f Sorgo, 0.852 kg; Pasta de Soya, 0.445 kg; Minerales, 26.314 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 3.209 kg; DL-Metionina, 0.946 (kg); L-Treonina, 1.229 kg.

g Sorgo, 0.352 kg; Pasta de Soya, 0.445 kg; Minerales, 26.314 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 3.209 kg; DL-Metionina, 0.946 kg; L-Treonina, 1.229 (kg); Picolinato de cromo, 0.500 kg.

h Sorgo, 0.524 kg; Pasta de Soya, 0.246 kg; Minerales, 23.135 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 0.608 kg; L-Treonina, 0.119 kg.

i Sorgo, 0.024 kg; Pasta de Soya, 0.246 kg; Minerales, 23.135 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 0.608 kg; L-Treonina, 0.119 kg; Picolinato de cromo, 0.500 kg.

Cuadro 4.- Dietas de Finalización, Experimento 4 (kg/tonelada).

INGREDIENTE	BAJA EN PC ^a	B. PC. + AAs. ^b	ALTA EN PC ^c
Sorgo	862.000	863.000	756.000
P. de soya	67.000	61.000	176.000
Melaza de caña	30.000	30.000	30.000
Sebo	11.097	13.611	11.130
Premezcla	29.902 ^{d,c}	32.388 ^{f,g}	26.870 ^{h,i}

a Dieta baja en PC, 11%; EM, Mcal/kg 3.20; Lys, 0.50%; Thr, 0.34%; Trp, 0.13%; Met+Cys, 0.33%; Ca, 0.55%; P, 0.50%.

b Dieta baja en PC, con la adición de aminoácidos, PC, 11%; EM, Mcal/kg 3.20; Lys, 0.62%; Thr, 0.43%; Trp, 0.13%; Met+Cys, 0.38%; Ca, 0.55%; P, 0.50%.

c PC 15%; EM Mcal/kg 3.20; Lys 0.75%; Thr 0.50%; Trp 0.19%; Met+Cys 0.38%; Ca 0.55% P 0.50%.

d Sorgo, 1.390 kg; Pasta de Soya, 0.819 kg; Minerales, 21.963 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.00 kg; L-Lisina HCl, 1.230 kg.

e Sorgo, 0.890 kg; Pasta de Soya, 0.819 kg; Minerales, 21.963 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.00 kg; L-Lisina HCl, 1.230 kg; Picolinato de cromo, 0.500 kg.

f Sorgo, 0.806 kg; Pasta de Soya, 0.264 kg; Minerales, 22.129 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 3.086 kg; DL-Metionina, 0.702 kg; L-Treonina, 0.901 kg.

g Sorgo, 0.306 kg; Pasta de Soya, 0.264 kg; Minerales, 22.129 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 3.086 kg; DL-Metionina, 0.702 kg; L-Treonina, 0.901 kg; Picolinato de cromo, 0.500 kg.

h Sorgo, 1.358 kg; Pasta de Soya, 0.420 kg; Minerales, 20.063 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 0.529 kg.

i Sorgo, 0.858 kg; Pasta de Soya, 0.420 kg; Minerales, 20.063 kg; Sal, 3.50 kg; Vitaminas, 1.000 kg; L-Lisina HCl, 0.529 kg; Picolinato de cromo, 0.500 kg.

Cuadro 5.- Comportamiento Productivo y Evaluación de La Canal, Experimento 1.

	HEMBRAS		MACHOS		CASTRADOS	
	S/CROMO	C/CROMO	S/CROMO	C/CROMO	EEM	
C.D.A. (kg) ^a	2.250	2.206	2.524	2.457	0.042	
G.D.P. (kg) ^a	0.712	0.705	0.775	0.778	0.104	
G / C (kg/kg)	0.316	0.319	0.308	0.317	0.005	
AREA DE OJO DE CHULETA (cm ²) ^b	41.2	41.2	36.0	37.5	1.350	
GRASA DORSAL PROMEDIO (cm) ^{bc}	2.79	2.71	3.14	2.90	0.059	

a Machos castrados vs hembras (p < 0.01).

b Machos castrados vs hembras (p < 0.01).

c Cromo vs sin cromo (p < 0.01).

PICOLINATO DE CROMO EN LA DIETA DE CERDOS EN CRECIMIENTO

Cuadro 6. Balance de Nitrógeno, Experimento 2.

VARIABLE	S/CROMO	C/CROMO	EEM
NITROGENO CONSUMIDO, g/d	5.75	55.00	0.1767
NITROGENO EN HECES, g/d	11.57	11.22	0.6971
NITROGENO EN ORINA, g/d	18.85	18.58	0.6691
NITROGENO RETENIDO, g/d	24.33	25.20	0.6823
NITROGENO RETENIDO (% del consumido)	44.75	45.82	1.4905
DIGESTIBILIDAD DEL NITROGENO, %	78.75	79.60	1.3806

p > 0.10

CUADRO 7. Comportamiento Productivo y Evaluación de la Canal, Experimento 4.

DIETA	BAJA PROTEINA				BAJA PROT. + AAs				ALTA PROTEINA			
	S/Cr		C/Cr		S/Cr		C/Cr		S/Cr		C/Cr	
PESO SAC. EEM	95	105	95	105	95	105	95	105	95	105	95	105
C.D.A. kg, 0.127	2.9	3.0	2.8	3.0	2.9	3.0	3.0	3.2	3.1	3.1	2.9	2.9
G.D.P.(g) 39.00	844	859	825	806	807	874	835	873	755	827	837	912
G/C (kg)a 0.012	.288	.281	.290	.266	.278	.285	.277	.271	.245	.260	.288	.311
PESO CANAL 1.140 (kg)b	77.2	86.9	77.7	85.8	77.8	86.0	77.8	84.7	77.7	84.7	77.6	86.9
AREA DE OJO DE CHULETA 2.090 (kg)c	28.6	29.0	29.3	32.9	29.9	26.6	30.6	29.4	30.0	27.5	28.9	37.1
GRASA DORSAL 0.180 PROM (cm)b	2.58	3.22	2.63	3.09	2.67	3.20	2.92	2.93	2.68	3.19	2.95	2.90

a Dieta*Cromo (p < 0.01).

b 95 vs 105 (p < 0.01).

c Cromo vs sin cromo (p < 0.02).

d Cromo*Pesoal sacrificio (p < 0.03).

FIGURA 1. CONCENTRACION POSPRANDIAL DE COLESTEROL mg/dl

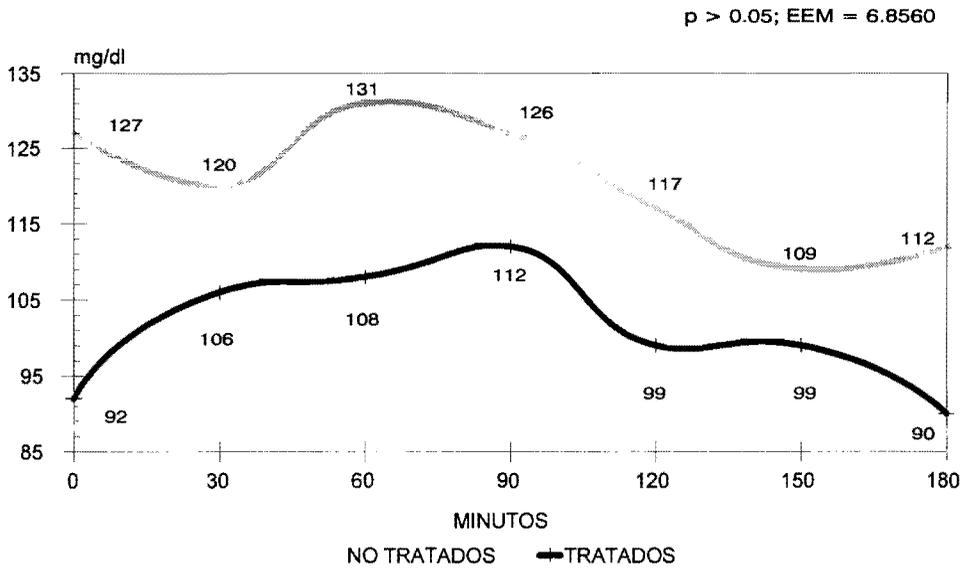
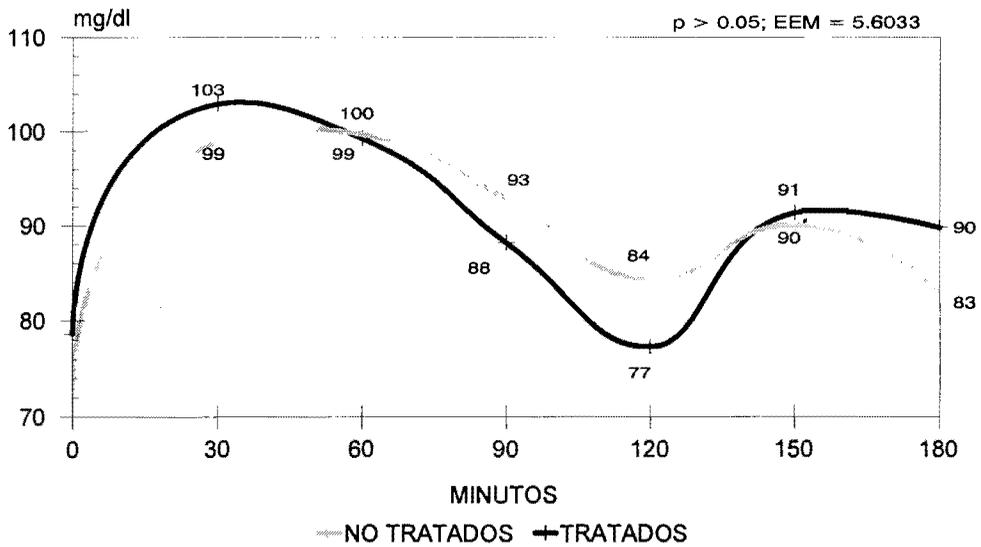


FIGURA 2. CONCENTRACION POSPRANDIAL DE GLUCOSA mg/dl



PICOLINATO DE CROMO EN LA DIETA DE CERDOS EN CRECIMIENTO

FIGURA 3. CONCENTRACION POSPRANDIAL DE INSULINA $\mu\text{UI/ml}$

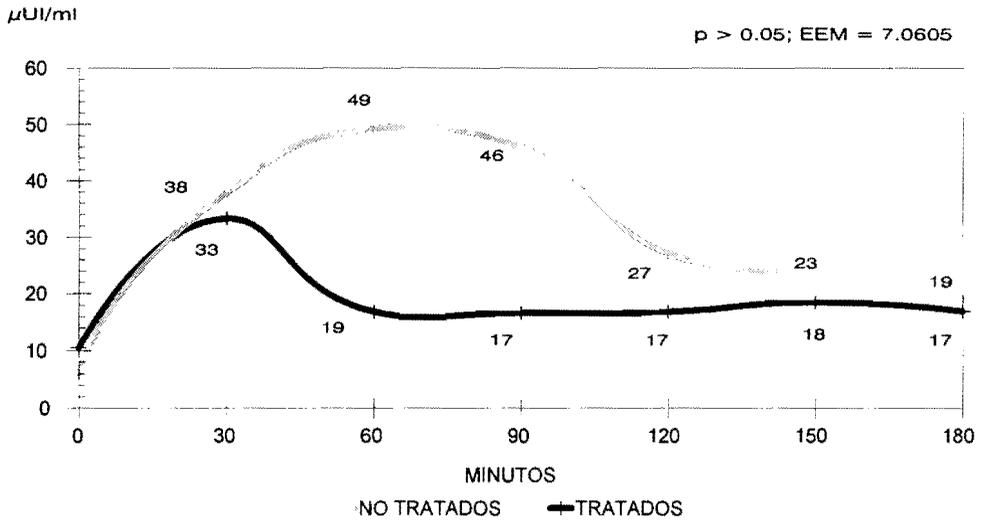
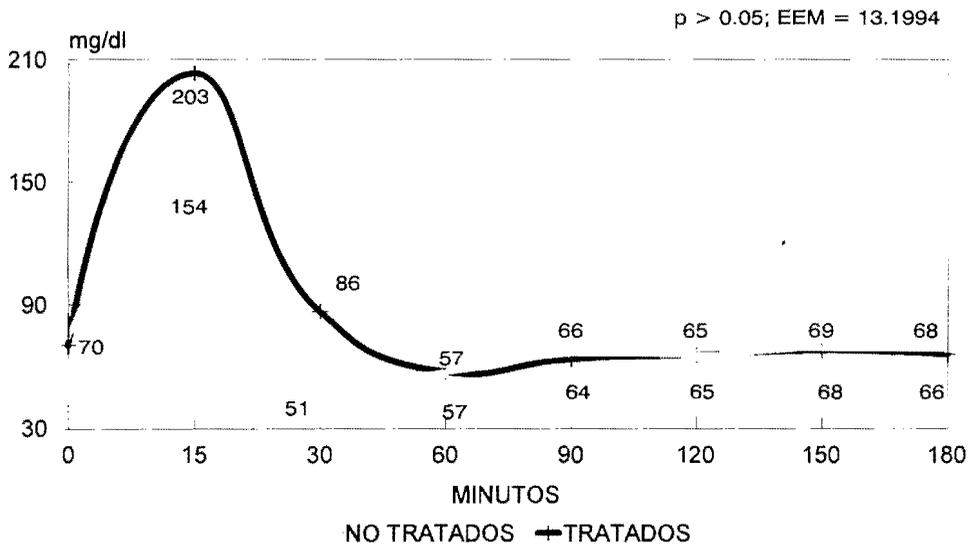
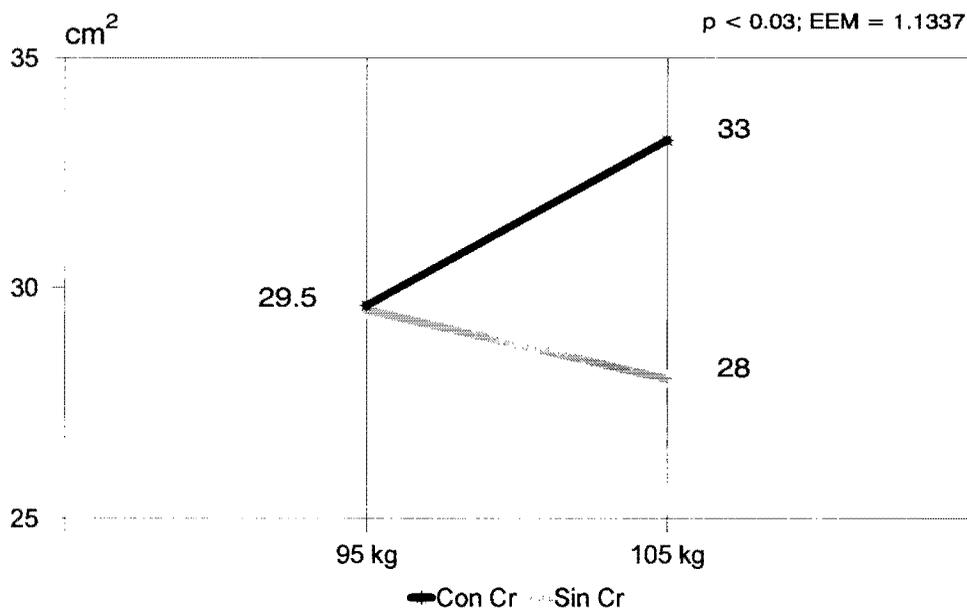


FIGURA 4. DESAPARICION DE LA GLUCOSA SANGUINEA EN CERDOS SUPLEMENTADOS O NO CON CROMO*.



* 200 mg*ton⁻¹

FIGURA 5. AREA DEL OJO DE LA CHULETA, INTERACCIONCROMO POR PESO AL SACRIFICIO



DISCUSION

Aún cuando la adición de cromo a la dieta de cerdos mejora el metabolismo proteico, como secuela de una mejor función de insulina (27), en general los resultados de estos experimentos muestran que la adición de 200 mg. ton⁻¹ de cromo (como picolinato), no altera el comportamiento productivo de los cerdos, lo que se ha observado con ésta y otras especies de animales no rumiantes (5, 28). Los efectos del sexo se pudieron detectar y fueron similares a los comúnmente hallados (29, 30, 31), excepto por la eficiencia

alimenticia, que siendo mejor en hembras no se manifestó. En ningún caso existió interacción entre el sexo y la suplementación con cromo.

En cambio, las características de la canal si mejoraron por la adición de cromo a la dieta, lo que fue una disminución de la capa de grasa dorsal y un aumento del rendimiento magro calculado. Sin embargo, la respuesta en el área del ojo de la chuleta no fue consistente: en el primer experimento no se notó ningún

efecto, mientras que en el experimento 4, la adición de cromo la mejoró. Esta discrepancia es frecuente cuando se contrastan los resultados de diferentes trabajos en la literatura (5, 28, 32).

Hipotéticamente, con la adición del picolinato de cromo a la dieta se incrementa el uso de los aminoácidos para la síntesis de proteína (1, 6, 27, 28), lo que explica los aumentos en el rendimiento magro, pero no se pudo corroborar con una mayor retención de nitrógeno. Quizá los efectos del cromo sean de menor magnitud y sucedan a largo plazo (5, 32, 33), lo que es congruente con el hecho de que los efectos se hayan manifestado en etapas tardías del crecimiento (interacción cromo por peso al sacrificio, experimento 4). Además, se presume que la magnitud de respuesta no pudo ser detectada, por la variación asociada, en un período tan corto como 5 días (de la medición del balance de nitrógeno).

Si los efectos del cromo obedecen a una pérdida de sensibilidad a insulina, lo que es frecuente en las últimas etapas de la engorda (1, 24, 27) y que se asocia a un cuadro de obesidad clínica inducida por un consumo excesivo de alimento (22, 30, 33), serían claros en machos castrados y menos frecuentes en hembras (24, 29, 34), mientras que las diferencias en el rendimiento magro fueron consistentes, nunca se encontró una interacción entre la adición de cromo y el sexo, lo que indica que los alcances de las variables son independientes.

La propuesta de que los efectos del cromo estén mediados por insulina (1, 6, 28), es congruente con la magnitud y forma de la

respuesta observada; el crecimiento magro (o la deposición de proteína muscular) es consecuencia primero del potencial genético, segundo de la dieta como factor permisivo y, tercero, de circunstancias ambientales asociadas al proceso de producción (34, 35, 36). Entonces, la reducción de la grasa corporal es consecuencia de una menor disponibilidad de energía (que presumiblemente se usó para el metabolismo proteico), aún cuando la magnitud del aumento en la síntesis de proteína sea imperceptible por el balance de nitrógeno (23). Como analogía, debe mencionarse que hay una alta correlación entre la cantidad de colesterol circulante y la deposición de grasa (33, 36). Por lo tanto, es natural que los efectos sean de menor cuantía y que solo se manifiesten aditivamente, *e.g.*, en el tiempo.

Tanto en el ensayo de tolerancia a la glucosa, como en los patrones de comportamiento posprandial del glúcido, insulina y colesterol en sangre (experimento 3, Fig. 1 a 4) se mostró una similitud ($p = 0.46$) de patrones entre los animales tratados con cromo y los no tratados, lo que concuerda con otros informes donde trabajando con corderos (23) y cerdos (24) no se encontraron diferencias. Sin embargo, en el caso del trabajo de Kitchalong *et al.* (23), se observó cambio en los metabolitos circulantes durante la semana dos del experimento, pero no a las semanas siete y 11. Semejantemente, Page *et al.* (5) encontraron un efecto lineal en la disminución del colesterol circulante y en la demanda de insulina al adicionar niveles crecientes de cromo (hasta los 200 mg. ton⁻¹).

Antes se sugirió que los patrones de los

metabolitos sanguíneos pudieron ser similares pero, si los datos se analizan en forma independiente para cada punto (tiempo) de muestreo, se encuentran algunas diferencias, por ejemplo, para insulina las hubo ($p < 0.01$) a los 60 y 90 minutos posprandiales (Fig. 3), o para el colesterol ($p < 0.01$), en los tiempos 0' y 180' (Fig. 1). En contexto, Amoikon *et al.* (24), no observaron diferencias en la cantidad de colesterol después de un muestreo estático (16 h *postprandium*), pero cuando se comparan puntos independientes, en lapsos menores, y se analiza el cambio, se alcanza una mejor detección de los efectos de la suplementación con cromo. Por ejemplo, Page *et al.* (5) y Kitchalong *et al.* (23), obtuvieron menores varianzas, de los perfiles de metabolitos sanguíneos, cuando en seguida de un período de ayuno se sangró a los animales para, 180 min. *postprandium*, sangrarlos nuevamente y expresar la diferencia. Esto es relevante porque la suplementación con cromo, como con cualquier nutrimento esencial, no supone cambios extremos en el metabolismo, sino su mejor funcionamiento y más cuando el efecto es indirecto, en éste caso, asociado a la función de insulina. Al calcular el tamaño de muestra para detectar diferencias en los patrones de comportamiento de las curvas de colesterol e insulina, dada la variación observada, se encontró que este debía ser de 90 ($p = 0.05$) a 120 ($p = 0.01$) animales.

En lo que respecta al efecto de la dieta, los resultados del cuarto experimento son similares a los encontrados por otros autores (26, 29, 35, 37), ya que al utilizar machos castrados, estos no respondieron

al aumento en el aporte o a una mejora en el perfil de aminoácidos, confirmando su menor demanda (29, 35). Esto implica que a los machos castrados se les puede alimentar con niveles de hasta el 12% de PC y que no es necesario el mejorar el perfil de aminoácidos.

En consecuencia del peso al sacrificio, tampoco se encontraron diferencias en el área de ojo de chuleta, lo que puede explicarse por las curvas de crecimiento de las masas proteicas y grasas: los cerdos (principalmente los machos castrados), después de los 95 kg depositan más grasa y una menor cantidad de músculo (31, 35, 37), de manera que los cambios en el tamaño del área de ojo de la chuleta de los 95 a los 105 kg son mínimos, sobre todo si se comparan con los cambios en la capa dorsal de grasa. Congruente con el supuesto de que el cromo ejerce su efecto al mejorar la función de insulina cuando esta se pierde (facilitando el paso de aminoácidos a la célula para la síntesis de proteína), era la esperanza de encontrar respuestas diferenciales entre machos castrados y hembras, o entre diferentes pesos corporales al sacrificio, pero en los ensayos de crecimiento que se presentan solo se observaron los efectos, en respuesta a la adición de cromo, sobre el área del ojo de la chuleta en el cuarto experimento (31.4 vs 28.6 cm², EEM = 0.8043).

Es posible que los efectos del cromo para mejorar la canal sean proporcionales al potencial genético para el crecimiento del tejido muscular (o a la oportunidad de la manifestación de obesidad), ya que los cerdos de la población en el primer experimento tuvieron un área del ojo de la chuleta mayor, una diferencia promedio de

9 cm², que los de la población en el último experimento. Entonces, es posible que el acelerado engrasamiento de los animales se asocie a una pérdida de sensibilidad a insulina (1, 22, 36). Lo anterior es coherente con la interacción que se encontró entre la adición de cromo y el peso al sacrificio; solo con los animales sacrificados a los 105 kg se notó mejora en el área del ojo de la chuleta (la que fue equivalente a casi los 5 cm²). Esto mismo se refleja al calcular el rendimiento de los cortes primarios, donde los animales sacrificados a los 105 kg y que recibieron las dietas que contenían cromo, tuvieron el mayor rendimiento 51.8 vs 50.8% (p < 0.01).

En suma, la adición de picolinato de cromo a la dieta de cerdos, para proveer al elemento a razón de 200 mg. ton⁻¹ de alimento, en las etapas de crecimiento y finalización, no mejoró el comportamiento productivo de los animales (consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia), pero puede ayudar a mejorar el mérito de la canal. El efecto fue más notorio en animales sacrificados con pesos superiores a los 95 kg o, aparentemente, en poblaciones con menor potencial de crecimiento magro, lo que se asoció a una potencialización de la función de insulina en los casos en los que se puede suponer un cuadro de obesidad. Llevado a extremos, quizá la calidad de la dieta influya también en la manifestación de la respuesta y es claro que el potencial de crecimiento magro de los animales influye importantemente. Es aparente entonces, que los efectos de cromo son los de un nutrimento (esencial), cuya provisión por los ingredientes de la dieta es insuficiente por su disponibilidad (3, 4), por lo que el

uso rutinario de cromo orgánico trivalente parece indicado.

CHROMIUM PICOLINATE IN THE DIET OF GROWING-FINISHING SWINE

SUMMARY

Rentería F J A, Cuarón I J A. *Téc. Pec. Méx.* Vol. 36 No 2 1998 pp 121-139. To evaluate the effect of the addition of 200 mg. ton⁻¹ of Chromium as picolinate, in growing-finishing swine diets, 558 pigs were used in four trials. Chromium did not affect productive performance but, in the average, carcass back-fat decreased from 2.95 vs 3.14 cm (p < 0.01) while nitrogen balance was unaffected. (p > 0.05). *Post-prandium* plasmatic concentrations of glucose, cholesterol and insulin, did not show dynamic differences (p > 0.05), but at different, independent sampling times Cr decreased (p < 0.05) cholesterol levels and improved insulin function. When different amino acid and protein profiles in the diet were tested, with or without Cr, and two different slaughter weights were used, Cr addition increased longissimus muscle area from 28.6 to 31.4 cm² (p < 0.02); Cr supplementation interacted with slaughter weight (p < 0.03) because Cr effects were evident only in pigs slaughtered at the heavier body weight. No major effects of protein amount or quality in diet were found to interact with Cr provision. The addition of 200 mg. ton⁻¹ of Cr, as Chromium picolinate in growing-finishing swine diets improves carcass quality notably in pigs slaughtered at heavier weights.

KEY WORDS: Chromium, Chromium picolinate, Swine, Growth, Carcass merit, Back-fat.

REFERENCIAS

1. Steele N C, Althen T G, Frobish L T. Biological activity of glucose tolerance factor in swine. *J. Anim. Sci.* 1977; 45: 1341.
2. Page T G, Ward T L, Southern L L, Thompson D L. Effect of chromium picolinate on growth hormone, cholesterol, insulin and other components in serum of growing-finishing pigs. (Resumen). *J. Anim. Sci.* 1991; 69(Suppl. 1):357.
3. Giri J, Usha K, Sunitha T. Evaluation of the selenium and chromium content of plant foods. *Plant Foods Hum. Nutr.* 1990; 40:49.
4. Shroeder H A. Losses of vitamins and trace minerals resulting from processing and preservation of foods. *Am. J. Clin. Nutr.* 1971; 24:562.

5. Page T G, Southern L L, Ward T L, Thompson D L. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 1993; 71:656.
6. Kutsky R J. Handbook of vitamins, minerals and hormones. 2ª Ed. Estados Unidos de Norteamérica: Van Nostrand Reinhold Company, 1981:113.
7. Evans G W, Johnson E C. Zinc absorption in rats fed a low-protein diet supplemented with tryptophan or picolinic acid. *J. Nutr.* 1980; 110:1076.
8. Aggett J P, Fenwick K P, Kirk H. An in vitro study of the effect picolinic acid on metal translocation across lipid bilayers. *J. Nutr.* 1989; 119:1432.
9. Evans G W, Johnson E C. Effect of iron, vitamin B-6 and picolinic acid on zinc absorption in the rat. *J. Nutr.* 1981; 111:68.
10. Seal C J, Heaton F W. Effect of dietary Picolinic acid on the metabolism of exogenous and endogenous zinc in the rat. *J. Nutr.* 1985; 115:986.
11. N.R.C. Mineral Tolerance of Domestic Animals: «Chromium» National Academy Press. Washington D.C., Estados Unidos de Norteamérica, 1980:142.
12. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Síntesis Geográfica del Estado de San Luis Potosí, 1985.
13. Secretaría de Programación y Presupuesto. Nomenclator de San Luis Potosí, 1981.
14. Soria R J, Avendaño R, Ortíz C A. Levantamiento Fisiografico del Estado de Querétaro: CIFAP-Guanajuato, INIFAP, SARH, México, 1987.
15. N.R.C. Nutrient Requirements of Swine. 9ª Ed. Estados Unidos de Norteamérica: National Academy Press., 1988.
16. Cuarón J A, Velázquez M P A, Cervantes L J, Angeles M A A. Propuesta para la clasificación de canales de cerdo en México. *Desarrollo Porcícola* 1992; 3:18.
17. National Pork Producers Council (NPPC) Procedures to evaluate market hogs, Illinois U.S.A. 1988.
18. Mayen D, Cuarón J A, Labrandero I E. Construcción y operación de jaulas metabólicas para cerdos en apoyo a las necesidades de investigación en Nutrición Animal. Memorias XX Reunión A.M.V.E.C. Merida Yuc. 1985; 49.
19. Tejada H I. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de Apoyo para la Investigación y Experimentación Pecuaria en México A.C. 1983.
20. Steel R G D, Torrie H J. Bioestadística. Principios y Procedimientos 2ª Ed. (1ª en español). Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana S.A. 1985.
21. Davidsohn I, Henry J B. Diagnóstico clínico por el laboratorio. 6ª Ed. España: Salvat Editores Barcelona, 1978:618-620, 1431.
22. Gopinath R, Etherton T D. Effects of porcine growth hormone on glucose metabolism of pigs: II. Glucose tolerance, peripheral tissue insulin sensitivity and glucose kinetics *J. Anim. Sci.* 1989; 67:689.
23. Kitchalong L, Fernandez J M, Bunting L D, et al. Chromium picolinate supplementation in lamb rations: Effects on performance, nitrogen balance, endocrine and metabolic parameters (Resumen) *J. Anim. Sci.* 1993; 71(Suppl 1):803.
24. Amoikón E K, Southern L L, Fernandez J M, Berrio L F, Ward TL, Olcott B M. Effect of chromium as tripicolinate on glucose tolerance, insulin sensitivity and plasma metabolites in pigs. (Resumen) *J. Anim. Sci.* 1993; 71(Suppl 1):344.
25. Ganong F W. Fisiología Médica 12ª Ed. México: El Manual Moderno, 1990.
26. Braña V D. Comparación de tres sistemas de formulación a proteína y amino ácidos en dietas para cerdos. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, F.F. 1994
27. Steele N C, Richards M P, Rosebrough R W. Effect of dietary chromium and protein status on hepatic insulin binding characteristics of swine (Resumen). *J. Anim. Sci.* 1982;55(Suppl 1):300.
28. Anderson R A, Bryden N A, Polansky M M, Richards M P. Chromium supplementation of turkeys: Effects on tissue chromium. *J. Agric Food Chem.* 1989;37(1):131.
29. Hansen B C, Lewis A J. Effects of dietary protein concentration (Corn:Soybean Meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows, and gilts: Mathematical Descriptions. *J. Anim. Sci.* 1993; 71:2122.
30. N.R.C. Predicting feed intake of food producing animals. 1ª Ed. Estados Unidos de Norteamérica: National Academy Press, 1987.

PICOLINATO DE CROMO EN LA DIETA DE CERDOS EN CRECIMIENTO

31. Christian L L, Strock K L, Carlson J P. Effects of protein, breed cross, sex and slaughter weight on swine performance and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 1980; 51:51.
32. Mooney K W, Cromwell G L. Effects of chromium picolinate on performance, carcass composition and tissue accretion in growing-finishing pigs. (Resumen) *J. Anim. Sci.* 1993; 71(Suppl 1):307.
33. Mertz W F. Chromium in human nutrition : A review. *J. Nutr.* 1993; 123:626.
34. Kerr B. Como obtener la acumulación óptima de tejido magro en porcinos mediante la nutrición de amino ácidos. Cuarto ciclo de conferencias sobre amino ácidos sintéticos, Fermex 1992:43.
35. Cromwell G L, Cline T R, Crenshaw J D, et al. The Dietary protein and (or) lysine requirements of barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 1993; 71:1510.
36. Taylor J A, Salter D N, Close W H, Laswai G H. Serum concentrations of insulin-like growth factor and cholesterol in relation to protein and fat deposition in growing pigs. *Anim. Prod.* 1992; 55:257.
37. Yen T H, Cole D J A, Lewis D. Amino acid requirements for growing pigs. 8. The response of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 1986; 43:155.