

CROMO (Nutriente Esencial en la Nutrición Animal)

Importancia del Cromo

El cromo (Cr) es muy conocido como un nutriente esencial que fue demostrado por Schwarz y Mertz (1959) en ratas y en humanos; hasta los últimos de los 90's que el Cr se empezó a estudiar intensamente como un mineral esencial para el ganado como son: Ganado vacuno, ovinos, caballos, cerdos y aves (postura y engorda). Las investigaciones han demostrado que el cromo es responsable particularmente de la regulación de colesterol en la sangre. Por lo tanto, la suplementación del cromo en una dieta se ha sugerido como un nutriente que ayuda a producir bajo en grasa, carne baja en colesterol de los animales que se destinan a la engorda (Ohh y Lee, 2005). El cromo es una llave primordial al Factor Tolerante de Glucosa (FTG), lo cual es responsable para la regulación del nivel de glucosa en sangre. El nivel de glucosa en sangre y su homeostasis fueron reconocidos que se relacionaba con la proteína del cuerpo ó en la síntesis de grasa especialmente en rumiantes. Por lo siguiente, esta interrelación de la regulación mecánica vía glucosa puede aplicarse para controlar al almacenamiento de grasa muscular para la producción de carne altamente marmoleada. La suplementación de cromo (Cr) con levaduras se ha observado mayor rendimiento en los parámetros productivos y una mayor respuesta en el sistema inmune en becerros estresados (Kegley *et al.*, 1997). Suplementando Cr incrementa las inmunoglobulinas total en suero y los anticuerpos para los glóbulos rojos seguido por una inmunización en los becerros en recepción. Debido al estrés y enfermedades incrementa la excreción de Cr vía urinaria y puede agravar la deficiencia de Cr.

Propiedades Químicas del Cromo

El Cr usado para consumo animal y humano es en forma trivalente (Cr^{3+}), es el estado de oxidación más estable, no reacciona con componentes biológicos, gracias a su baja reactividad y absorción del sistema gastrointestinal, es usado como un marcador en los estudios de digestión; como ocurre con formas hexavalentes (Cr^{6+}); esta forma de Cr cruza las membranas biológicas fácilmente, reaccionando con los componentes de la proteína y ácidos nucleicos de la célula. La principal vía para el Cr^{3+} para entrar al organismo es por el sistema digestivo. La parte de absorción más activa en la rata es el yeyuno; la absorción menos efectiva es en el íleon y el duodeno. El mecanismo de absorción del Cr en el intestino no está completamente explicado. La biodisponibilidad del Cr inorgánico es de $< 3\%$ mientras que el Cr orgánico es sobre diez veces más disponible (Pechova y Pavlata, 2007).

Una vez que el Cr es absorbido y circula por sangre para la parte de β -globulina y es transportado para los eslabones de los tejidos para la transferrina o para otros

complejos en una concentración fisiológica. Los receptores de transferrina son sensibles-insulina; un incremento de estas hormonas en la sangre estimula la transportación del receptor de transferrina de adentro de la vesícula de la célula para la membrana plasmática (Kandror, 1999). El cromo está relacionado de las múltiples moléculas de transferrina que son secuestradas por apocromodulina para producir cromo-cargado de cromodulina (Vincent, 2000).

La excreción de Cr principalmente es vía orina por la filtración glomerular, no obstante una pequeña porción es eliminado en cabello, transpiración y biliar (Ducros, 1992). Se dice que la cantidad excretada promedio de cromo en humanos en orina es de 0.22 µg/día. Lo mínimo excretado de Cr es en la leche, en un estudio se ha demostrado, el cual la suplementación por isotopes de Cr fue detectada en sangre, pero no en leche. En algunos estudios se monitorio la secreción de Cr durante 102 días que fue inyectada, el 63% del cromo fue excretado vía orina, sobre el 18% excretado por heces fecales y solo el 3.6% se eliminó en leche (Van bruwaene et al. (1984). La excreción de Cr, especialmente por el sistema urinario, puede incrementar de 10 a 300 veces en situaciones de estrés o en dietas ricas en carbohidratos (Anderson (1997 a).

Concentración de Cromo en Tejidos

El cromo trivalente tiende acumularse en el tejido epidermal (cabello) y en huesos, hígado, riñón, bazo, pulmón e intestino grueso. La acumulación en otros tejidos, especialmente en musculo, se ha observado que estrictamente tiene límites o no se han encontrado (Wallach, 1985). Las diferentes concentraciones suplementadas de cromo a los animales de diferentes especies se ha observado una tendencia a depositarse en hígado, riñón, páncreas y bazo más que en sangre, musculo, corazón y pulmones. Una pequeña porción de cromo se deposita en cerebro (Pechova, and Pavlata, 2007). Las concentraciones de cromo se han

Cromo (Nutriente Esencial en la Nutrición Animal) – Revisión 3 monitoreado en ganado bovino en diferentes regiones (Ellen et al. 1989). En casi todas las muestras, la concentración de cromo no pasa de 10µg/kg, la detección está limitada en el método de detección.

Efecto que tiene el Cromo en el Metabolismo

La asociación entre el Cromo y el metabolismo de los carbohidratos que se ha demostrado con experimentos en humanos (Jeejebhoy et al. 1977). Datos observados con pacientes que desarrollan síntomas de diabetes junto con la intolerancia a la glucosa y pérdida de peso. Una terapia de insulina no se mostró eficiencia y solamente después de la suplementación de 250µg de Cr que el estado de salud del paciente empezó a mejorar adicional a la terapia de insulina se vuelve excesiva. Por otra parte, los síndromes similares a la diabetes melitus, lo cual se ha mostrado una mejora significativa después de la suplementación. Un gran número de estudios en humanos (Anderson, 2000), cerdos, caballos, ganado bovino (Subiyatno et al., 1996) y ratas han confirmado la posibilidad de que influya el factor tolerante de la glucosa y la resistencia a la insulina por la suplementación del Cr.

La suplementación de Cromo e insulina para los tejidos de los animales en experimento in vitro han llevado al incremento de la oxidación de glucosa, el

resultado de la formación de $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, que incrementa la glicogénesis y la conversión de glucosa a lípidos, todo este fue una combinación en el incremento de la utilización de glucosa (Anderson, 1997b).

Numerosos estudios han demostrado evidencia que el uso de Cr para el metabolismo de los lípidos y reduce el riesgo de aterogénesis. En ratones y conejos fueron alimentados con una dieta deficiente de Cr y se observó un incremento en el colesterol total y la concentración de los lípidos en la aorta y un incremento en la formación de plaquetas (Abraham et al., 1982 a,b). La suplementación de Cr ha disminuido el total de colesterol en la sangre. El cromo incrementa la síntesis neta de la grasa en el tejido adiposo.

Se ha demostrado que el incremento de aminoácido y la glucosa se absorbe por el músculo esquelético de la rata que por el Picolinato de Cr ayuda a la disponibilidad (Evans y Bowman, 1992). Esta alteración en la absorción de nutrientes está asociada con los parámetros de la insulina y es dependiente del Cr. Se puede explicar las observaciones que se tuvieron de los efectos de la glucosa tolerante así como el incremento en el porcentaje del músculo esquelético reportado por varios investigadores. El potencial de mejoramiento en el incremento de la absorción de aminoácidos por la célula muscular es beneficiado para el total de proteína depositada. Roginski y Mertz (1969) aclararon que la suplementación de Cr intensifica la incorporación de aminoácidos dentro de las proteínas del corazón y la absorción de aminoácidos por el músculo de la rata. Metabolismo del Ácido nucleico: El trivalente Cr se ha visto involucrado en la estructura y la expresión de la información genética en los animales. Este eslabón del cromo para ácido nucleico es fuerte que de otros iones de metales. Cr protege ARN de las desnaturalizaciones del corazón. También está claro que el cromo es concentrado en el núcleo de la célula. Cr participa en la expresión de genes por el enlace de cromatina, causando un incremento en la iniciación loci y por la consecuencia, un incremento en la síntesis del ARN (Okada et al., 1983).

Interacción de Cromo con otros Minerales.

La relación entre Cr y Fe se han hecho investigaciones en estos minerales, dicho minerales se encargan de transportar hacia el enlace de transferían. En una mínima saturación de Fe, el enlace de Cr y Fe preferentemente actúan para diferentes sitios de enlaces. Cuando, sin embargo, la concentración de Fe es mayor, los dos minerales compiten para el mismo sitio de enlace. Esta ha sido la razón del porqué de una concentración baja de retención de Cr, se ha identificado en pacientes que sufren de hemocromatosis de los que estaban sanos. Una alteración de Fe en el metabolismo está asociado con la suplementación de Cr reportado por Anderson et al. (1996), una disminución en la concentración de Fe en tejido fue detectado en una respuesta a la suplementación de Cr. Las interacciones entre Cr, Ca y Mg han hecho el reporte por Moonsie-Shageer y Mowat (1993), que la suplementación de Cr está asociada con las concentraciones de Ca y Mg que han mostrado un incremento en el día 7 del experimento.

Papel del Cromo en la Regulación de Hormonas

Se han hecho numerosos estudios relacionados con el uso de cromo y se ha observado la asociación entre el Cr y el metabolismo durante el incremento de

fisiología, patología y estrés nutricional. La demanda del Cr en humanos y animales incrementa durante el periodo de un alto estrés; hay que mencionar algunos efectos que deslindan el estrés son la fatiga, trauma, gestación y diferentes formas nutricionales se ven afectadas (dietas altas en carbohidratos), metabólica, física, y estrés emocional así como un efecto medio ambiental (Anderson, 1994). Bajo la influencia del estrés, la secreción del cortisol aumenta, actuando como un antagonista de la insulina hacia la concentración de glucosa en sangre y la reducción de la utilización de la glucosa y la reducción de la utilización de glucosa por el tejido periférico. Al incrementar los niveles de glucosa en la sangre se estimula la movilización de las reservas de Cr, Cr luego de ser irreversible excretado en orina (Borel et al., 1984). La excreción del Cr en orina es aumentado por todo el estrés – provocado por los factores medios ambientales (Mowat, 1994). Varios autores han confirmado que se disminuye la sensibilidad del estrés con la suplementación de Cr en animales por una reducción de la concentración de cortisol en la sangre (Chang and Mowat, 1992). Las concentraciones de cortisol en suero en vacas lecheras después del parto han demostrado un incremento en la inconsistencia de la suplementación de Cr en animales (Burton et al.,

Cromo (Nutriente Esencial en la Nutrición Animal) – Revisión 5 1995), lo cual sugiere que la asociación entre Cr y cortisol puede ser menos clara que originalmente.

Relación entre Cromo e Insulina

El Cr tiende a mejorar el efecto sobre el enlace de la insulina e incrementa el número de receptores de insulina sobre la superficie de la célula y sensibilidad de las β -células pancreáticas juntas con un incremento general en la sensibilidad de la insulina. El Cr actúa como un cofactor para la insulina y por lo tanto, las actividades de Cr en el organismo son paralelas a las funciones de insulina (<biblio>). El cromo no puede substituir de la insulina (Pechova y Pavlata, 2007).

Interacción del Cromo en la Reproducción

El mecanismo del efecto del Cr en la reproducción no está bien documentado. Se han hecho estudios en cerdas se ha observado que con la suplementación de Cr durante el ciclo reproductivo tiene un efecto positivo sobre el tamaño de la camada en el nacimiento así como también en el peso del destete (Lindemann et al., 1995 a,b). Se observó en un experimento con la suplementación de Cr se mostró un efecto positivo sobre el porcentaje de cerdas preñadas (79 vs 92%). Al suplementar Cr se observó un efecto positivo en el índice de inseminación, intervalo y el periodo de servicio que se han establecido así como también reduce la incidencia de endometritis y retención de placentas (Chang et al., 1996; Villalobos et al., 1997).

Influencia del Cromo en la función Inmunológica

En rumiantes, la reducción de niveles de cortisol circulantes en plasma en un 40 a 60%, y el aumento de la producción de inmunoglobulinas (IgM e IgG), son los principales factores por los que Cr se asocia con una mejora en respuesta y efectividad en la función del sistema inmunológico, sobre todo en periodos de estrés, donde el organismo es más sensible al anidamiento de patógenos (Almeida y Barajas, 2001; Almeida y Barajas, 2002b; Chang y Mowat, 1992). Adicionalmente, para aumentar la producción de inmunoglobulinas se ha

demostrado que al suplementar 500 ppb de cromo se aumentan los títulos de vacunación en los becerros de engorda recién llegados (Burton et al., 1994). En becerros estresados por estrés del trasladado se reduce morbilidad (Nowant et al., 1993), en vacas lecheras al parto, se observó una disminución en la retención de membranas fetales de un 50 a un 15% (Bunting, 1999; Villalobos et al., 1997).

Niveles Marginales y Tóxicos

La deficiencia de Cr, es poco común y ha sido poco estudiada, no obstante Anderson (1994), realizó un compendio de las sintomatologías más comunes de una deficiencia por Cr en ratas, ratones, humanos y rumiantes. Dentro de los síntomas señala. Intolerancia a la glucosa, incremento en circulación de insulina, incremento en colesterol y triglicéridos, lesiones en corneas, disminución de la respuesta humoral, e incremento en morbilidad. Por otro lado la toxicidad está asociada principalmente con el cromo hexavalente, mientras el Cr trivalente se cree que es seguro el mineral. La toxicidad del Cr trivalente es menor que la toxicidad de todos los otros elementos esenciales así como Cu, I, Zn, Mn y especialmente Se (Lindemann et al., 1995a). Se asume que la genotoxicidad puede ser dada para una forma transitoria intracelular (Cr5) en la forma de reducción de Cr6 a Cr3. La toxicidad de Cr es caracterizado por la patología-cambios en el pulmón, riñón y hígado. Los pulmones son afectados con hiperanemia, desgaste y un cambio en la inflamación del sistema respiratorio en la mucosa después de la inhalación de Cr. Con el enlace Cr6+ hay una sensibilidad en los pulmones, espalmos bronquiales o se puede desarrollar una reacción anafiláctica. En una exposición crónica se ha observado que causa perforación en el tabique nasal y células cancerígenas pequeñas en el tejido pulmonar se han reportado. Una intoxicación aguda con Cr6+ nos lleva a una aguda necrosis renal tubular que puede ser caracterizada por un cambio significativo intersticial y subsecuentemente fallas renales. En el parénquima hepático se puede desarrollar una necrosis si se administra dosis alta de Cr6+ (Pechova y Pavlata, 2007).

Efectos de Cromo en Rumiantes

El soporte de investigaciones realizadas en rumiantes, señalan beneficios con la suplementación de Cr, particularmente en becerro finalizado en corral de engorda, en las fases de recepción y el periodo final de engorda, en ganado lechero en vacas de primer parto y durante el periparto (3 antes del parto y 3 posparto).

Ganado de Carne: Las variables en donde se han observado cambios favorables en becerro recién transportado, que sufre estrés por traslado, son reducción en morbilidad (principalmente menor incidencia de Cuadro complejo respiratorio bovino) y niveles de cortisol en plasma, lo cual aumenta la respuesta del sistema inmunológico (NRC, 1997). Cromo (Nutriente Esencial en la Nutrición Animal) - Revisión 7

Incrementó la tasa de ganancia de 0 a 30% dependiendo del nivel de estrés y/o severidad de enfermedades. La suplementación de Cr en levadura mejoro la ganancia de peso al alrededor del 21%, en becerro suplementado con Cr durante 4 semanas de arribado a corral (Nowat, 2000), adicionalmente se reduce el uso de antibióticos y medicina preventiva o terapéutica (Chang y Mowat, 1992).

En la parte final del periodo de engorda y particularmente en los manejos previos al sacrificio la cantidad de factores que pueden ocasionan estrés al becerro son diversos. El estrés es una factor negativo para los cambios posmortem que ocurren en la canal y que por consiguiente afectan la calidad de estos generando cortes duros, oscuros y reducen el tiempo de vida de anaquel, así mismo merman la rentabilidad, ya que la presencia de cortes oscuros se castiga con 5 dólares por canal (Apple *et al.*, 1995), de lo anterior mencionado se presume que el uso de Cr en la parte final de la engorda reduciría en gran medida el estrés y en consecuencia se obtendrían mejores resultados y más rentabilidad (Nowat, 2000).

Ganado Lechero: Los beneficios en ganado lechero con el uso del Cr se asocian a los periodos más críticos de estrés, que son al final de la gestación e inicio de lactancia. Durante éste tiempo la vaca es más susceptible a estrés físico, nutricional, psicológico y metabólico, predisponiendo a mayor incidencia de enfermedades, por una afectación en el sistema inmunológico. La alta producción de leche en el inicio de la lactancia, demanda grandes cantidades y un aporte rápido de glucosa para la síntesis de lactosa en leche, resultando en una reducción de glucosa en plasma e insulina. La habilidad de la insulina en el control de la utilización de glucosa posparto es determinante para la producción y fertilidad de la vaca. De acuerdo a lo anterior la necesidad de suplementar cromo se vuelve crucial durante este periodo (Nowat, 2000). Investigaciones enfocadas a evaluar el rol de la glucosa mediante la suplementación de Cr, han sido satisfactorias al reducirse triglicéridos en plasma e incrementar glucosa y relación glucosa-insulina en plasma (Subiyatho *et al.*, 1996). En otra investigación realizada por Yang *et al.*, (1996) señalan un incremento en producción de leche del 11% durante las primeras 14 semanas en vacas primerizas, que fueron suplementadas con Cr. En el mismo sentido resultados favorables sobre consumo de materia seca y producción de leche reportan (Besong *et al.*, 1996). El incremento en producción de leche ha sido asociado con una mejora en el rol de la glucosa debido a una manipulación hormonal. Durante la gestación se observó un incremento en inmonoglobulinas F-1 en plasma fetal de cerdas lactantes que fueron inyectas periódicamente con Cr (Okere y Hacker, 1995).

Trabajos realizados en corderos sugieren que la suplementación con Cr favorece el metabolismo de carbohidratos y lípidos. (NRC, 1997). Investigaciones recientes señalan efectos considerables en el desarrollo de la engorda, utilización de la energía neta, peso de

Incrementó la tasa de ganancia de 0 a 30% dependiendo del nivel de estrés y/o severidad de enfermedades. La suplementación de Cr en levadura mejoro la ganancia de peso al alrededor del 21%, en becerro suplementado con Cr durante 4 semanas de arribado a corral (Nowat, 2000), adicionalmente se reduce el uso de antibióticos y medicina preventiva o terapéutica (Chang y Mowat, 1992).

En la parte final del periodo de engorda y particularmente en los manejos previos al sacrificio la cantidad de factores que pueden ocasionan estrés al becerro son diversos. El estrés es una factor negativo para los cambios posmortem que ocurren en la canal y que por consiguiente afectan la calidad de estos generando cortes duros, oscuros y reducen el tiempo de vida de anaquel, así mismo merman la rentabilidad, ya que la presencia de cortes oscuros se castiga con 5 dólares por canal (Apple *et al.*, 1995), de lo anterior mencionado se presume que el uso de Cr en la parte final de la engorda reduciría en gran medida el estrés y en consecuencia se obtendrían mejores resultados y más rentabilidad (Nowat, 2000).

Ganado Lechero: Los beneficios en ganado lechero con el uso del Cr se asocian a los periodos más críticos de estrés, que son al final de la gestación e inicio de lactancia. Durante éste tiempo la vaca es más susceptible a estrés físico, nutricional, psicológico y metabólico, predisponiendo a mayor incidencia de enfermedades, por una afectación en el sistema inmunológico. La alta producción de leche en el inicio de la lactancia, demanda grandes cantidades y un aporte rápido de glucosa para la síntesis de lactosa en leche, resultando en una reducción de glucosa en plasma e insulina. La habilidad de la insulina en el control de la utilización de glucosa posparto es determinante para la producción y fertilidad de la vaca. De acuerdo a lo anterior la necesidad de suplementar cromo se vuelve crucial durante este periodo (Nowat, 2000). Investigaciones enfocadas a evaluar el rol de la glucosa mediante la suplementación de Cr, han sido satisfactorias al reducirse triglicéridos en plasma e incrementar glucosa y relación glucosa-insulina en plasma (Subiyatho *et al.*, 1996). En otra investigación realizada por Yang *et al.*, (1996) señalan un incremento en producción de leche del 11% durante las primeras 14 semanas en vacas primerizas, que fueron suplementadas con Cr. En el mismo sentido resultados favorables sobre consumo de materia seca y producción de leche reportan (Besong *et al.*, 1996). El incremento en producción de leche ha sido asociado con una mejora en el rol de la glucosa debido a una manipulación hormonal. Durante la gestación se observó un incremento en inmonoglobulinas F-1 en plasma fetal de cerdas lactantes que fueron inyectas periódicamente con Cr (Okere y Hacker, 1995).

Trabajos realizados en corderos sugieren que la suplementación con Cr favorece el metabolismo de carbohidratos y lípidos. (NRC, 1997). Investigaciones recientes señalan efectos considerables en el desarrollo de la engorda, utilización de la energía neta, peso de la canal caliente, área del ojo costilla, en ovinos suplementados con 1.50mg de Cromo en levadura (Estrada-Angulo, 2011). la canal caliente, área del ojo costilla, en ovinos suplementados con 1.50mg de Cromo en levadura (Estrada-Angulo, 2011).

Efecto de Cromo en No rumiantes

Cerdos: En las últimas décadas la suplementación de Cr se ha estado implementando para manipular la calidad de la carne apropiada para el

funcionamiento biológico sobre la grasa corporal y el metabolismo muscular en cerdos (Page *et al.*, 1993) y en aves (Ward *et al.*, 1993). Aún cuando resultados de investigación encuentran controversias en los resultados, se tiene que considera que existen factores extrínsecos así como en el comienzo y el nivel de suplementación, nutrientes y el nivel de cromo de la dieta basal, raza y especie (Crow *et al.*, 1997, Page *et al.*, 1993; Ward *et al.*, 1995;). No obstante resultados positivos se han obtenido con la suplementación de Cr en cerdos. Dentro de ellas esta una mejora en las características de la canal, como es la reducción del grosor de la grasa en incremento en ciertas medidas del músculo, Así como mejores tasas de ganancia de peso (Lindemann *et al.*, 1993; Mooney y Cromwell, 1993). Estudios más específicos en la calidad de canal señalan beneficios en la reducción en el grosor de grasa ($P < 0.01$) en la 10 decima costilla que los cerdos testigo, mientras que el área del músculo longissimus se mostró con un 7% mayor en cerdos tratados con Cr, sin lograr un nivel de significancia ($P > 0.10$) (Page *et al.*, 1992b, 1993). En la parte reproductiva y en desarrollo también se ha obtenido efectos favorables (Kornegay *et al.*, 1997, Boleman *et al.*, 1995, Lindemann *et al.*, 1995;).

Aves: El impacto de la suplementación de Cr en las aves, particularmente en pollo de engorda, ha sido importante al mejorar características de la canal, y el porcentaje de la pechuga (Ward *et al.*, 1993). Un resumen de 11 experimentos, señalan que con la adición de 200ppm de Cr/kg de dieta, reduce mortalidad y colesterol en plasma y en yema del huevo, así mismo favorece el metabolismo en pollos (NRC 1997).

En el siguiente cuadro se mencionan varias investigaciones con diferentes niveles y en diferentes especies Cuadro 1.

Cromo (Nutriente Esencial en la Nutrición Animal) –

Cuadro 1. Efecto del Cromo Orgánico Sobre la Calidad de la Carne.

Especie	Fuente	Parámetros de Calidad	Referencias
Becerro en finalización	Cr-Met 400 ppb	Puntuación del Marmoleo Cr: Testigo = 4.7 : 4.2 Grado de la canal (> grado prime;%) Cr : Testigo = 72 : 66	Hong et al., 2002
Becerro en finalización	Cr quelatado 3mg (6 días) + 1.5mg (21días)/kg de concentración	Porcentaje magro en músculo (%) Cr : Testigo = 58.5 : 58.4	Mathison y Engstrom, 1995
Ganado de Carne	Cr levadura 400ppb	Area musculo Longissimus(cm ²)	Pollard y Richardson, 1999
Cerdo: Crecimiento-Finalización	Cr-metionina 200ppb	Porcentaje del grosor de la grasa dorsal Cr . Testigo = 16 : 27.. Porcentaje del musculo magro (%) Cr : Testigo = 63 : 58	Ohh et al., 2004
Pollo	Levadura Cromo 150ppb 300ppb 400ppb	Pechuga (% de la canal)..... Cr : Testigo = 21.5 : 20.3 Cr : Testigo = 21.6 : 20.3 Cr : Testigo = 20.9 : 19.3	Hossain, 1998

CONCLUSIÓN

Investigación realizada en rumiantes y en no rumiantes con especies domesticas con carácter productivo, señalan efectos contundentes al suplementar Cr, siendo éstos más marcados con el uso de Cr en levadura (orgánico). Los cambios observados se centran en la función inmunológica, reproductiva, productiva y de salud en general. La relación beneficio-costos es favorable, sin embargo es importante cuantificar los resultados obtenidos lo cual ayudara a ver la magnitud de los beneficios.

LITERATURA CITADA

Abraham, A.S., B.A. Brooks, and U. Elyath. 1991. Chromium and cholesterol induced atherosclerosis in rabbits. *Ann. Nutr. Metab.* 35:203.
 Abraham, A.S., Sonnenblick M., Eini M. (1982a). The action of chromium on serum lipids and on atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. *atherosclerosis*, 42, 185-195.
 Abraham, A.S., Sonnenblick M., Eini M. (1982b). The effect of chromium on cholesterol induced atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 42, 371-372.

Anderson R.A. (2000): Chromium in the prevention and control of diabetes. *Diabetes & metabolism*, 26, 22-27.

Estrada-Angulo, A., Y. S. Valdes., O. Carrillo-Muro, o., A. Barreras, A. Plascencia, F. G. Rios and R. A. Zinn. 2011. Growth performance, dietary energetics, carcass traits and visceral organ mass in finishing lambs fed different levels of chromium-enriched live yeast. (En prensa).

Apple, J. K., M. E. Dikeman, J. E. Mintron, R. M. McMurphy, M. R. Fedde, D. E. Leith and J. A. Unruh. 1995. Effects of restraint and isolation estress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism and incidence of dark-cutting longissimus muscle of sheep. *J Anim. Sci.* 73:2295. Okere, C. and R. R. Hacker. 1995. Reproduction and endocrine responses of gestating gilts to selected micro-nutrient supplemented. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 1): 251 (Abstr.).

Anderson,R.A.(1997a).Chromium as an essential nutrient for humans. *Regulatory toxicology and pharmacology*, 26, s35-s41.

Anderson R.A. (1997b): Nutritional factors influencing the glucose/insulin system: Chromium. *Journal of American college Nutrition*, 16, 404-410.

Anderson R. A., Bryden N.A., Polansky M.M., Gautschi K. (1996): Dietary chromium effects on tissue chromium concentrations and chromium absorption in rats. *Journal of Trace elements in Experimental Medicine* 9,11-25

Anderson, R.A.1994.Stress effects on chromium nutrition of humans and farm animals. In:Proceedings of Alltech´s 10th Annual Symposium, Biotechnology in the Feed Industry, Lyons P., Jacques K.A. (eds),Nottingham University Press, UK, 267-274.

Boleman, S.L., Boleman,S.J., Bidner,T.d., Southern, L.L., Ward, T.L., Pontif, J.E., Pike,M.M..1995. Effect of chromium picolinate on growth, body-composition, and tissue accretion in pigs. *J. Anim. Sci*, 73,2033-2042.

Borel J.S., Anderson R. A. (1984). Chromium,In Frieden E. (ed.): *Biochemistry of the essential ultratrace elements*. Plenum press, New York. 175-199.

Burton, J.L., Nonnecke B.J., Elsasser T.H., Mallard B.A., Yang W.Z., Mowat D.N. (1995): Immunomodulatory activity of blood serum from chromium-supplemented periparturient dairy cows. *Veterinary immunology and immunopathology*,49,29 – 38.

Burton,J.L., Mallard B.A., Mowat,D.N..1994. Effects of supplemental chromium on antibody responses of newly weaned feed-lot calves to immunization with influenza 3 virus. *Can J. Vet. Res.*58: 148 – 151.

Besong, S., J. Jackson, s. Trammell and D. Amaral-Phillips. 1996. Effect of supplemental chromium picolinate on linear triglycerides, blood metabolites, milk yield and milk composition in early lactations cows. *J. Dairy Sci.* 79 (Suppl. 1):266 (Abstr.).

Chang, G.X., Bonnie a. Mallard, David N. Mowat and G.F Gallo.1996. Effect of supplemental chromium on antibody responses of newly arrived feeder Calves to Vaccines and Ovalbumin. *J. Anim. Sci.* 60:140-144.

Chang X., Mallard B.a., Mowat D.N. (1996): Effects of chromium on health status, blood neutrophil phagocytosis and in vitro lymphocyte blastogenesis of dairy cows. *Veterinary Immunology and Immunopathology*,52, 37-52.

Chang,X, Mowat D.N. (1992): Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *Journal of Animal Science*, 70, 559-565.

Crow,S.D., Newcomb,M.D., Ruth,P..1997. Effect of dietary chromium addition on growth performance and carcass characteristics of growing and finishing pigs. J. Anim. Sci, 79 (supple.1),79 (Abstr.).

Ducros,V..1992. Chromium metabolism.Biological trace element research,32,65-77.

Ellen G. Vanloon J.W., Tolsma K. (1989): Cooper, chromium, manganese, nickel and zinc in kidneys of cattle, pigs and sheep and in chicken livers in the Netherlands. Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-forschung, 89,534-537.
Cromo (Nutriente Esencial en la Nutrición Animal) - Revisión

Evans, G.W., Bowman, T.D..1992. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. *J. of inorganic biochemistry*, 48, 243-250.

Evock-clover, C.M., M.M. Polansky, R.A. Anderson, and N.c. Steele.1993. Dietary chromium supplementation with or without somatotropin treatment alters serum hormones and metabolite in growing pig without affecting growth performance. *J.Nutr.* 123:1504.

Fernandez, J.M., W.J. Croom, Jr., A.D. Johnson, R.D. Jaquette and F.W. Edens. 1988. Subclinical ammonia toxicity in steers: effects on blood metabolite and regulatory hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 66:3259.

Galyean, M.L., L.J. Perino, and G.C. Duff. 1999. Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *J. Anim. Sci.* 77: 1120-1134.

Jeejebhoy K.N., Chu R. C., Marliss E. B., Greenberg G.R., Bruce-Robertson A. (1977): Chromium deficiency, glucose intolerance and neuropathy reversed by chromium supplementation in a patient receiving long-term total parenteral nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 30, 531-538.

Kandror, K.V..1999. Insulin regulation of protein traffic in rat adipocyte cells. *Journal of biological chemistry*, 274, 25210-25217

Kegley, E.B., J.W. Spears, and T.T. Brown, Jr..1997. Effect of shipping and chromium supplementation on performance, immune response, and disease resistance of steers. *J. Anim. Sci.* 75: 1956-1964.

Kornegay, E.T., Z.Wang, C.M. Wood and M.D. Lindemann.1997. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 75:1319.

Lindemann M.D., Harper A. F., Kornegay E.T. (1995a): Further assessment of the effects of supplementation of chromium from chromium picolinate on fecundity in swine. *Journal of Animal Science*, 73 (Suppl.1), 185 (Abstr.)

Lindemann M.D., Wood C.M., Harper A.F., Kornegay E.T., Anderson R.A. (1995b): dietary chromium picolinate additions improve gain/feed and carcass characteristic in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *J. Anim. Sci.* 73, 457-465.

Lindemann, M.D., C.M. Wood, A.F. Harper, and E.T. Kornegay. 1993. Chromium picolinate additions to diets of growing/finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71 (suppl.1) 14 (abstr.)

Mertz W. 1993. Chromium in human nutrition: a review. *The journal of Nutrition*, 123, 626-633.

Mooney K.W., Cromwell G.L. (1997): Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. *Journal of Animal Science*, 75, 2661-2671.

Mooney, K.W., and G.L. Cromwell. 1993. Effects of chromium picolinate on performance, carcass composition and tissue accretion in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71 (suppl.1): 167 (Abstr.)

Nowant D. N. 2000. Supplemental Organic Chromium for beef and dairy cattle. Chromium Consulting. Professor (Retired) of animal Nutrition. University of Guelph, Canada.

Mowat D.N. 1994. Organic chromium: a new nutrient for stressed animals. In: proceedings of Alltech's 10th Annual Symposium. Biotechnology in the Feed industry, Lyons P., Jacques K.A. (eds.), Nottingham University Press, UK, 275-282.

NRC, 1997. The Role of Chromium in Animal Nutrition. Ed. Nat'l. Acad. Sci. Washington DC.

Mowat D.N., Chang X., Yang W.Z. (1993): chelated chromium for stressed feeder calves. Canadian Journal of Animal Science, 73,49-55.

Ohh, S.J. y J.Y. Lee. (2005). Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. Asian-Aust. J. Anim. Sci. Vol.18, No.6:898-907.

Okada S, Susuki M., Ohba H. (1983): Enhancement of ribonucleic acid synthesis by chromium (III) in mouse liver. Journal of Inorganic Biochemistry, 19, 95-103.

Page T.G., Southern L.L., Ward T.L., Thompson D.L. (1993): Effect of chromium picolinate on growth and serum carcass traits of growing-finishing pigs. Journal of Animal Science. 71, 656-662.

Page, T.G., L.L. Southern, T.L. Ward, J.E. Pontif, T.d. Bidner, and D.L. Thompson, Jr. 1992. Effect of chromium picolinate on growth, serum and carcass traits, and organ weights of growing-finishing pigs from different ancestral sources. J. Anim. Sci. 70(Suppl.1):235(Abstr.)

Pechova A., and L. Pavlata. 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. Veterinarni Medicina, 52 (1):1-18.

Roginski E.F., Mertz, W.1969. Effects of chromium (III) supplementation on glucose and amino acid metabolism in rats fed a low protein diet. *Journal of Nutrition*, 97,525-530.

Schwarz K., Mertz Z. (1959): Chromium (III) and glucose tolerance factor. *Archives of Biochemistry and Biophysics*,85, 292-295.

Subiyatno A., Mowat D.N., Yang W.Z. (1996): Metabolite and hormonal responses to glucose or propionate infusions in periparturient dairy cows supplemented with chromium. *Journal of dairy science*, 79, 1436-1445.

Van bruwaene,R, Gerber G.B., Kirchmann R.,Colard j., Van Kerkom,J. 1984. Metabolism of Cr, Mn, Fe and Co in lactation dairy cows. *Health Physics*,46,1069-1082.

Villalobos F. J. A., A. Romero RC., Tarrago C.M.R., Rosado A. (1997): supplementation with chromium picolinate reduces the incidence of placental retention in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 77, 329-330.

Vincent J. B. 2000. The biochemistry of chromium. *Journal of Nutrition*, 130,715-718.

Wallach,S. 1985.Clinical and biochemical aspects of chromium deficiency. *J. American College Nutrition*, 4, 107-120.

Ward T.L., Southern, L.L., and Anderson R.A. (1995): Effect of dietary chromium source on growth, carcass characteristics, and plasma metabolite and hormone concentrations in growing-finishing pigs. *Journal of animal Science*, 73(suppl.1), 189 (abstr.)

Ward, T .L., L.L. southern, and S.L. Boleman.1993.Effect of dietary chromium picolinate on growth,nitrogen balance and body composition of growing broiler chicks. *Poult. Sci.* 72(suppl.1):37(Abstr.)

Yang, W. Z., D. N. Nowat, a. Subiyatno and R. M. Liptrap. 1996. Effects of chromium supplementation on early lactation performance of Holstein cows. *Can. J. Anim. sci.* 76:221.

Wright A.J., Mowat D.N. and Mallard B.A. 1994.Supplemental chromium and bovine respiratory disease vaccine for stressed feeder calves. *Can. J. Anim. Sci.* 74:287-295.