



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**POSGRADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS,
PECUARIAS Y DE LOS ALIMENTOS**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS,
PECUARIAS Y DE LOS ALIMENTOS**

**USO DEL PICOLINATO DE CROMO EN OVINOS PELIBUEY EN
ETAPA POSDESTETE**

PRESENTA

ING. ARTURO JUAN DE DIOS JIMÉNEZ GONZÁLEZ

COMITÉ TUTORAL:

Tutor: MSc. Edgardo Patricio Ortiz Muñoz

Cotutor: Dra. Martha Patricia Zavala Arias

Asesor: Dr. Ernesto Flores Ancira

Junio - 2009



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**POSGRADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS,
PECUARIAS Y DE LOS ALIMENTOS**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DE LOS ALIMENTOS**

**USO DEL PICOLINATO DE CROMO EN OVINOS PELIBUEY EN
ETAPA POSDESTETE**

PRESENTA

ING. ARTURO JUAN DE DIOS JIMÉNEZ GONZÁLEZ

“El Presente documento fue revisado, presentado, defendido y aprobado en el examen de grado correspondiente”

Tutor: MSc. Edgardo Patricio Ortiz Muñoz

Cotutor: Dra. Martha Patricia Zavala Arias

Asesor: Dr. Ernesto Flores Ancira

I. DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi Familia así como también a todos los profesores que participaron en mi formación y por último creo que más que dedicárselo a alguien yo lo considero una satisfacción propia por ello me lo dedicaría a mi mismo.

II. AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecerle a Dios por prestarme esta oportunidad de poder avanzar un poco más en mi formación como profesionalista.

Agradezco por su apoyo a toda mi familia pues he recibido todo de ellos a pesar de los problemas que se presentaron en esta etapa de mi vida.

También agradezco a mi tutor el MSc. Edgardo Patricio Ortiz Muñoz así como a mi asesor Dr. Ernesto Flores Ancira dos grandes amigos como lo fueron los cuales estuvieron siempre al pendiente de que es lo que me hacía falta para poder terminar este trabajo.

Otras dos grandes personas que si no fuera por su gran experiencia en cada uno de sus rubros como lo fue la Dra. Martha Patricia Zavala con experiencia en el manejo de ovinos así como también el QFB. Agustín García Briones que me ayudaron a tener un trabajo de mayor calidad.

Un agradecimiento grato a todos los profesores que mas que profesores fueron primero amigos que me formaron como un mejor profesionalista en el campo de la investigación científica y no pondría nombres por miedo a omitir alguno y no así se sienta menospreciado.

Y por último un agradecimiento a todos los compañeros y amigos que conocí en esta etapa de mi formación profesional los cuales a algunos probablemente no los voy a volver a ver pero no me olvidaré de ustedes.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOMÉDICAS E INGENIERÍA
Departamento de Ciencias Biológicas

M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE.

Por este medio manifiesto a usted que el ISP **ARTURO JUAN DE DIOS JIMÉNEZ GONZÁLEZ** alumno del Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos en nivel Maestría, ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de escritura de la tesis titulada **"USO DEL PICOLINATO DE CROMO EN OVINOS PELIBUEY EN ETAPA POSTDESTETE"**.

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi voto aprobatorio para la impresión del documento, para que se proceda a completar el proceso de presentación de examen de grado.

Se extiende la presente en la ciudad de Tepatlán de Morelos, Jalisco, a **20 (VEINTE)** días del mes de mayo del año 2009 (dos mil nueve).

ATENTAMENTE

"PIENSA Y TRABAJA"

"2009, Año del Bicentenario de Charles Darwin"
Tepatlán de Morelos, Jal., 20 de mayo de 2009

Msc. EDGARDO PÁTRICIO ORTIZ MUÑOZ
PROFESOR DOCENTE ASOCIADO "A"
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL



CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS
SECRETARÍA ACADÉMICA
COORDINACIÓN DE CARRERA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES



M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio manifiesto a usted que el C. ARTURO JUAN DE DIOS JIMÉNEZ GONZÁLEZ, alumno del Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos en nivel maestría, ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de escritura de la tesis titulada "USO DEL PICOLINATO DE CROMO EN OVINOS PELIBUEY EN ETAPA POSDESTETE".

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi voto *aprobatorio* para la impresión del documento, para que se proceda a completar el proceso de presentación de examen de grado.

Se extiende la presente en la ciudad de Aguascalientes, a los 18 días del mes de mayo del año dos mil nueve.

ATENTAMENTE

DR. ERNESTO FLORES ANCIRA
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES



M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio manifiesto a usted que el C. ARTURO JUAN DE DIOS JIMÉNEZ GONZÁLEZ, alumno del Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos en nivel maestría, ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de escritura de la tesis titulada "USO DEL PICOLINATO DE CROMO EN OVINOS PELIBUEY EN ETAPA POSDESTETE".

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi voto *aprobatorio* para la impresión del documento, para que se proceda a completar el proceso de presentación de examen de grado.

Se extiende la presente en la ciudad de Aguascalientes, a los dieciocho días del mes de mayo del año dosmil nueve.

ATENTAMENTE

DRA. MARTHA PATRICIA ZAVALA ARIAS
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL

Ccp. Interesado
Ccp. Secretaría de Investigación y Posgrado
Ccp. archivo

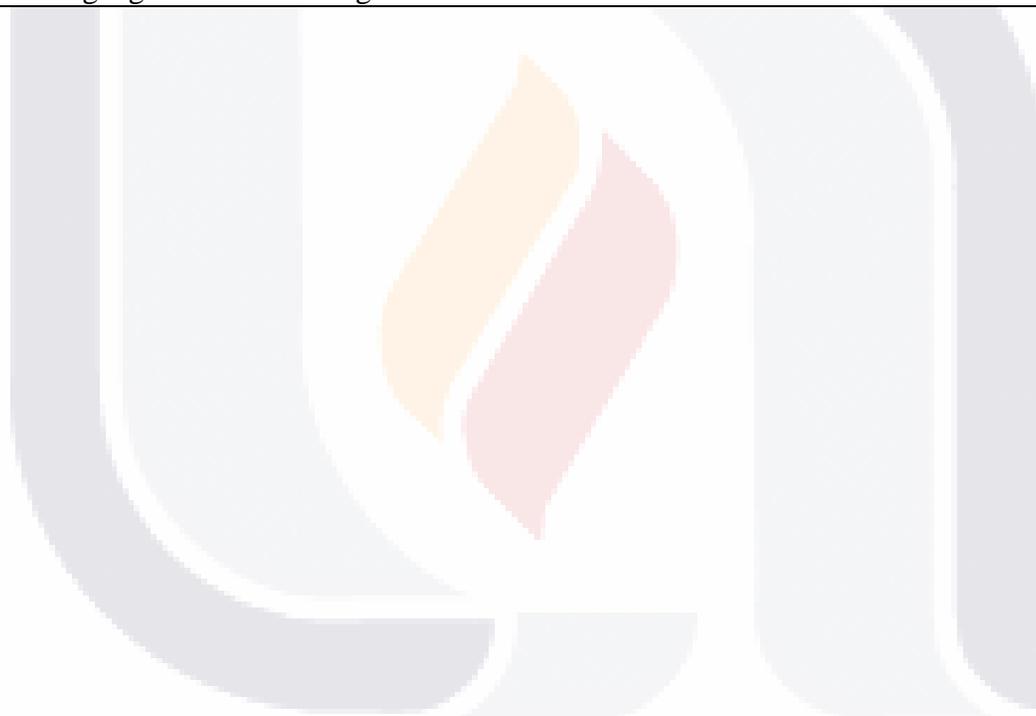
ÍNDICE GENERAL	
Dedicatorias	I
Agradecimientos	II
Votos aprobatorios	III
1. Resumen	1
2. Abatract	2
3. Introducción	3
4. Revisión Bibliográfica	4
4.1 Importancia económica de la ovinocultura en México	4
4.2 Importancia del Picolinato de Cromo	4
4.3 Anabólicos y aditivos importantes en la alimentación de los rumiantes	5
4.3.1 Anabólicos y aditivos	5
4.3.2 Agonistas beta-adrenérgicos	5
4.3.3 Quelatantes	5
4.4 Bioquímica del Cromo	6
4.5 Absorción	7
4.6 Transporte	8
4.7 Excreción	8
4.8 Concentración de Cromo en sangre	9
4.9 Contenido de Cromo en el tejido	9
4.10 Función biológica del Cromo	9
4.11 Metabolismo de los carbohidratos por el Cromo	10
4.12 Metabolismo de los lípidos por el Cromo	10
4.13 Metabolismo de las proteínas por el Cromo	11
4.14 Regulación hormonal	11
4.14.1 Cortisol	11
4.14.2 Insulina	11
4.15 Función inmune con respecto al Cromo	12
4.16 Función de Picolinato de Cromo en la Reproducción	12
4.17 Utilización del Picolinato de Cromo en monogástricos	12
4.17.1 Utilización en Cerdos	13
4.17.2 Utilización en Ratones	19
4.18 Utilización del Picolinato de Cromo en rumiantes	20
4.18.1 Utilización en Ovinos	20
4.18.2 Ganado Lechero	21
4.19 Toxicología del Picolianto de Cromo	22
4.20 Deficiencias de Cromo	22
5. Objetivo general	24
6. Objetivos específicos	24

7. Hipótesis	24
8. Materiales y Métodos	25
8.1 Animales	25
8.2 Periodo de adaptación	26
8.3 Infraestructura (corrales)	27
8.4 Tratamientos	27
8.5 Análisis Químico Proximal del Concentrado	28
8.6 Toma de Muestra de Sangre	28
8.7 Manejo de los Ovinos	29
8.8 Análisis Estadísticos	29
9. Resultados y Discusión	30
9.1 Ganancia de peso diario	30
9.2 Consumo de alimento diario	32
9.3 Parámetros sanguíneos	33
9.3.1 Triglicéridos	33
9.3.2 Colesterol	34
9.3.3 Glucosa	35
10. Conclusiones	37
11. Bibliografía	38

ÍNDICE DE TABLAS	
Deficiencias de Cromo	23
Identificación y asignación de corrales de los animales	26
Fórmula del Concentrado	27
Resultados del Análisis químico Proximal	28

ÍNDICE DE GRÁFICAS	
Pesos promedios quincenales por grupo según tratamiento	30
Pesos promedios quincenales por grupo según tratamiento	31
Desviación estándar de pesos promedios por grupo al final de la prueba según tratamiento	31
Consumo promedio de alimento según grupo de tratamiento	33
Niveles de Triglicéridos en ovinos según Tratamiento	33
Niveles de Colesterol en los ovinos según Tratamiento	34
Niveles de Glucosa en los ovinos según Tratamiento	35

ÍNDICE DE FIGURAS	
Ubicación geográfica de San Miguel el Alto	25



1. RESUMEN

Jiménez, G. A. J de D; Ortiz, M. E. P; Zavala, A. M. P y Flores, A. E.

Se utilizaron 27 ovinos machos de 70 días de edad y 10 kg de peso promedios, separados en 9 grupos de 3 animales, los cuales fueron suplementados con 300 y 600 ppb de Picolinato de Cromo, además de un grupo testigo por cada dosis. Se midieron parámetros como ganancia de peso diario, índice de conversión alimenticia y parámetros sanguíneos (triglicéridos, colesterol y glucosa). Los animales fueron sometidos al producto durante 90 días; se obtuvo una muestra de sangre por punción de la vena yugular a los 0, 45 y 90 días del experimento para determinar el efecto del producto adicionado. Por otra parte, fueron pesados cada 15 días para determinar ganancia de peso y así determinar el efecto de los tratamientos. Los resultados de los análisis estadísticos indicaron que tanto los triglicéridos ($P>0.10$), colesterol ($P>0.62$) como la glucosa ($P>0.29$) no presentaron diferencias significativamente estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso final ($P<0.07$), siendo el grupo alimentado con 300 ppb y 600 ppb en la ración, los que mostraron un efecto positivo. Con los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que el Picolinato de Cromo presentó efectos positivos sobre la ganancia de peso, sin embargo, no se afectaron los demás parámetros medidos por lo que se sugiere continuar con estos trabajos.

Palabras clave: picolinato de cromo, ovinos, ganancia, peso vivo, triglicéridos

2. ABSTRACT

Jiménez, G. A. J de D; Ortiz, M. E. P; Zavala, A. M. P y Flores, A. E.

Twenty seventy day rams averaging 10 kg were used in this trial. They were split in nine groups of three animals each plus a check group per dosage and supplemented with 300 and 600 ppb of chromium picolinate (PiCr). Productive parameters such as average daily gain (adg), conversion index (ci) as well as blood variables such as triglycerides, cholesterol and glucose were also measured. The animals were fed with chromium picolinate during a 90 day period; blood samples were obtained from the jugular vein at 0, 45, and 90 day interval to assess the effect of the chemical used in this experiment. Furthermore, the animals were weighted every 15 day to determine average daily gain and treatment effects. Data analyses showed no statistical differences among treatments for triglycerides ($P>0.10$), cholesterol ($P>0.62$) and glucose ($P>0.29$) respectively. However, statistical differences were found for average daily gain ($P<0.07$), showing a positive effect the groups fed with 300 and 600 ppb as compared with the check group 0 ppb. Our results indicate that chromium picolinate had positive effects on average daily gain.

Key words: chromium picolinate , lambs, triglycerides, productivity, average daily gain,.

3. INTRODUCCIÓN

En algunas partes de nuestro país existe marcada escasez de proteína de origen animal y de sus componentes para la nutrición del ser humano. Por lo tanto, diferentes áreas dentro del sector pecuario deben colaborar en la solución de este problema alimentario.

Dicho sector tiene, entre otros objetivos, el obtener alimentos de alta calidad y con un alto contenido proteico para ser utilizados en alimentación humana (Jiménez *et al.*, 2004).

Soto *et al.* (2006) determinaron que los estados de Jalisco y Michoacán (de reciente ingreso a la ovinocultura), superaron en un 22% de eficiencia a los estados tradicionalmente ovinocultores como los Estados de México e Hidalgo, lo que nos indica que a pesar de tener mayor número de cabezas, no necesariamente son los que producen con mayor eficiencia.

Sin lugar a dudas uno de los factores más limitantes en el logro de una producción animal eficiente y competitiva con el logro de márgenes de ganancia significativos es el relacionado con la nutrición animal (Shimada 2004). Es así como la aplicación de algunos microelementos en la alimentación del ganado doméstico ha mejorado considerablemente diferentes aspectos relacionados con la producción y calidad de carne particularmente los parámetros productivos como son relación músculo/grasa, eficiencia de conversión, ganancia diaria, entre otros. (Church, 1974)

Diversos estudios en animales así como en humanos han demostrado que la suplementación con Cr ha reportado mayores incrementos en la masa muscular, viéndose reflejado en una disminución en la cantidad de grasa en el músculo (Hegsted *et al.*, 1997).

Gran número de micro y macroelementos interactúan en la obtención de una adecuada nutrición en los animales. Entre ellos, el cromo (Cr), microelemento esencial para humanos y animales ya que tiene una función preponderante en el adecuado metabolismo de la insulina como factor de tolerancia de la glucosa (FTG) (NRC, 1985).

Es importante mencionar que la Norma Oficial Mexicana (NOM) no señala al cromo como un microelemento que haya presentado problemas de residuos en las carcasas de animales utilizados para consumo humano por lo que su uso en la nutrición animal no está restringido (NOM-004-ZOO-1994).

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA OVINOCULTURA EN MÉXICO.

Actualmente la población de ovinos a nivel mundial es de alrededor de 1096 millones de cabezas; a pesar de que en los últimos 15 años ha disminuido a nivel global, la producción de pequeños rumiantes (carne, leche y lana) ha crecido sustancialmente en países en vías de desarrollo, estancándose o disminuyendo en países industrializados (Morand-Feher *et al.*, 1999).

De acuerdo con las estadísticas de SAGARPA (2004), la población ovina en México entre 1993-1999 se mantuvo estable. A partir de 1999 y hasta el año 2004 se logró un incremento significativo en el número de ovinos, sin embargo, el consumo de carne ovina ha ido aumentando todavía en mayor proporción que el incremento de la producción. Es decir, que en 1993 se tenía un déficit de 20,000 toneladas, para 1999 ese déficit era de 35,000 toneladas y en 2002 se alcanzó un déficit de 61,000 toneladas, y ha ido incrementándose sustancialmente hasta fechas recientes. Para el 2008 se pronosticó una cifra superior a las 50 mil toneladas de producción de carne ovina, llevando un total de 28,770 ton al mes de julio (SAGARPA, 2008), lo que nos hace augurar que se alcanzarán los parámetros presupuestados.

4.2 IMPORTANCIA DEL PICOLINATO DE CROMO.

El Picolinato de Cromo (CrPic) es una de las tres formas biológicamente activas del cromo; es una sustancia de bajo peso molecular que se enlaza al receptor de insulina y mejora su actividad. (Alvarado *et al.*, 2002). Además, es utilizado en nutrición animal, el cual se absorbe de diferente manera que el cromo convencional, encontrándose que es extraordinariamente estable y puede quedar intacto por varias horas en el jugo gástrico por lo que a nivel celular se logra tener mejor disponibilidad (Vicent, 2000).

El cromo ha alcanzado gran popularidad como suplemento alimenticio del género humano pues ayuda a los atletas a lograr mayor presencia de músculo. (Matthews *et al.*, 2001).

4.3 ANABÓLICOS Y ADITIVOS IMPORTANTES EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS RUMIANTES.

4.3.1 Anabólicos y aditivos

Los anabólicos y aditivos son sustancias que normalmente se adicionan al alimento como ingredientes característicos en la alimentación independiente de que tenga o no valor nutritivo (SENASICA, 2002).

4.3.2 Agonistas beta-adrenérgicos

Se trata de análogos sintéticos de adrenalina y noradrenalina que incluyen los siguientes productos: cimaterol, clenbuterol, ractopamina, salbutamol, zilpaterol y otros que en general favorecen la repartición y aprovechamiento de nutrimentos a nivel tisular., las mejores respuestas a la adición de estos elementos se obtienen utilizando animales de calidad genética superior (Shimada., 2005).

4.3.3 Quelatantes

Algunos elementos químicos no permanecen como iones aislados sino que otras sustancias tienden a secuestrarlos para formar los compuestos llamados quelatos. Por lo tanto, en algunos casos es deseable la adición de algún agente quelatante conocido para que un elemento dado no se asocie al azar y haga poco disponible el elemento quelatado. Los agentes quelatantes más conocidos son algunos aminoácidos como la glicina e histidina, EDTA y deferoxamina., a nivel comercial los quelatados de lisina o metionina con magnesio o zinc parecen dar excelentes resultados (Shimada., 2005).

4.4 BIOQUÍMICA DEL CROMO.

El Cr en forma divalente (Cr^{2+}) es más duro para reducir, ya que este al momento de tener contacto con el aire puede producir el Cr en forma trivalente; esta forma de Cr no es aprovechable para la alimentación de seres vivos (Pechova *et al.*, 2007).

En forma hexavalente (Cr^{6+}) es la segunda forma más estable y contiene un agente que se encarga de oxidarse en un medio ácido. Esta presentación pasa la membrana biológica con gran facilidad, reacciona con los componentes proteicos y con los ácidos nucleicos que se encuentran dentro de la célula y así pasa a convertirse en la forma trivalente dentro de la célula.

El Cr (II) reducido reacciona con el oxígeno y en el proceso se generan radicales hidroxilo que son agentes potenciales de daño al ADN. Además, el picolinato de Cromo (CrPic) es extremadamente estable e inactivo con el agua o los amortiguadores comunes, no transfiere el Cr a la transferrina o a la albúmina y parece no verse afectado por la presencia de ácidos grasos o colesterol (Davis *et al.*, 1996)

La última forma de Cr es la trivalente (Cr^{3+}) la cual es más estable para los organismos vivos, pero carece de la capacidad para pasar fácilmente por la membrana celular, esta forma tiende a no ser tan biológicamente significativo como en la forma hexavalente (Cr^{6+}). Gracias a su baja reactividad y la absorción en el sistema gastrointestinal, ha sido usada en estudios para determinar su reacción en la digestión en varias especies (Furnival *et al.*, 1990 a,b).

Sus funciones son varias entre las que se consideran: el mejoramiento del deterioro de la tolerancia intravenosa a la glucosa *in vivo*, el incremento del metabolismo de la glucosa en las levaduras, y el efecto de potencializar la acción de la insulina sobre el metabolismo de la glucosa en tejidos grasos de ratas de laboratorio (Alvarado *et al.*, 2002).

4.5 ABSORCIÓN.

La absorción de Cr es baja; ocurre entre un 0.4 a 2.0% en su forma inorgánica y ésta puede aumentar dependiendo de la forma química en la que se encuentre. (Pechova, 2007).

El Cr es rápidamente absorbido y su máxima concentración encontrada en la sangre se da alrededor de 90 minutos después de su consumo. (Kerger *et al.*, 1996)

En forma hexavalente (Cr^{6+}) se disuelve mejor que el Cr^{3+} y éste es absorbido en el intestino. Si es que el Cr es suplementado en forma de Cr^{6+} al parecer se reduce en la forma de Cr^{3+} , después dura bastante tiempo en el sitio de absorción (intestino delgado) (Doisy *et al.*, 1976).

El principal lugar para que el Cr^{3+} se obtenga dentro del organismo, es a lo largo del sistema digestivo. La más activa absorción en ratas ocurre a nivel del yeyuno, siendo menos efectiva en íleon y duodeno (Chen *et al.*, 1973).

Las causas de la baja biodisponibilidad del Cr inorgánico son numerosas, entre ellas encontramos que el Cr en forma de óxidos no es tan soluble. Cuando el Cr está ligado con un quelado natural forma un componente más disponible como ocurre con otros minerales (Zn, Fe, V) (Borel y Anderson, 1984).

Se ha demostrado que la absorción de Cr cuando se encuentra en el alimento se acrecienta en presencia de aminoácidos, ácido ascórbico y carbohidratos, dependiendo de los niveles en la dieta. Mientras que en presencia de fitatos y antacidos se reduce la concentración de Cr en el tejido y en la sangre (Hund y Stoecker, 1996).

En una investigación con crías de rumiantes (prerumiantes) se apreció mayor absorción de glucosa que en rumiantes de mayor edad (Hostettler *et al* 1994).

4.6 TRANSPORTE.

El Cr es absorbido en la sangre y ligado con β -globulinas, siendo transportado de esta forma hacia el tejido y ligado para transferirlo sobre otra concentración física en el tejido. Los receptores de sensibilidad a insulina aumentan gracias al Cr e incrementa la hormona que estimula los receptores de transporte y así poder ser llevados hacia dentro de la membrana plasmática en la célula (Kandror, 1999).

El Cr ya encontrado en la sangre es absorbido con gran rapidez y se comienza a almacenar en bazo, hígado y riñones (Pechova, 2007)

Los receptores en la superficie de la célula son ligados con el Cr, esto ocurre en parte por la endocitosis y que la concentración va relacionada con la acidez o pH en las nuevas vesículas formadas (Vicent, 2000).

Gracias al transporte sanguíneo, es relativamente absorbido en los huesos y acumulado en el bazo, riñón e hígado (Stoecker, 1999a).

4.7 EXCRECIÓN.

El Cr absorbido es excretado principalmente por medio de la orina y a través de filtración molecular y es ligado a transportistas orgánicos de bajo peso molecular (Ducros, 1992).

Una mínima parte de la excreción es por medio de la leche. En estudios realizados en humanos, se demuestra que el Cr es detectado en su mayoría en la sangre y una mínima parte en la leche (Mohamedshah *et al.*, 1998).

La excreción de Cr encontrada especialmente en el sistema urinario puede verse incrementada de 10 a 300 veces a medida que aumenta la cantidad en carbohidratos en la ración. Los diferentes factores que impactan en la excreción urinaria de Cr han sido observados por varios autores (Pechova *et al.*, 2007). Es así como Kumpulainen *et al.*, (1983) encontraron que la excreción de Cr por la orina a las 24 horas, es un buen indicador de que consumen cantidades importantes del mismo en su dieta.

4.8 CONCENTRACIÓN DE CR EN SANGRE.

La literatura no reporta acerca de la presencia de Cr en material biológico. La concentración del mismo en la sangre presenta un mejoramiento gradual conforme se aumenta el consumo de este microelemento (Veillon y Paterson, 1999).

La concentración en sangre varía de acuerdo al nivel nutricional de las personas, por lo que se informan concentraciones entre 0,16 μl y 0,73 μl de Cr (Alvarado *et al*, 2002). Por su parte, Chistensen *et al.*, (1993) descubrieron que la concentración es de 0.035-0.04 $\mu\text{g/l}$ y de 0.120 – 0.34 $\mu\text{g/l}$ en el suero de animales sanos.

En el caso del ganado, las concentraciones de Cr en la sangre tienen directa relación con la cantidad existente en las plantas que consumen puesto que existen regiones donde se encuentra mayor cantidad en el suelo, la cual se acumula aumentando la concentración en la misma (Pechova *et al.*, 2002 a).

4.9 CONTENIDO DE CR EN EL TEJIDO.

El Cr en forma trivalente tiende a acumularse en la piel, huesos, hígado, riñón, bazo, pulmones y, por último, en el intestino grueso. La acumulación en otros tejidos, especialmente en el músculo, no ocurre de manera frecuente (Wallach, 1985).

En cerdos de 30 kg que fueron suplementados con Cr presentaron aumento de los niveles a nivel renal (1.1 vs. 2.3 $\mu\text{g/kg}$) y en el hígado (5.9 vs.8.8 $\mu\text{g/kg}$), sin embargo, el contenido en músculo no excedió en gran cantidad en los animales suplementados al momento de compararlos con el testigo (Lidemann *et al.*, 2004).

4.10 FUNCIÓN BIOLÓGICA DEL CR.

En investigaciones recientes, se ha encontrado que el FTG no es una actividad que depende únicamente del Cr sino que en la unión del mismo con ligamento simple que da una sustitución para los componentes del crecimiento (Pechova *et al.*, 2007).

Los nuevos componentes formados son para la insulina-estimulación, la cual ayuda a mantener la conformación y acrecentar las señales de insulina. Cuando el nivel de insulina en la sangre baja y las señales receptores se ven interrumpidas, el Cr es eliminado de las células (Davis y Vicent, 1997 a).

4.11 METABOLISMO DE LOS CARBOHIDRATOS POR EL CR.

La suplementación de Cr e insulina en el tejido del animal en experimentos *in vitro* ha incrementado la oxidación de la glucosa, resultando $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, favoreciendo el proceso de la glucogénesis y la conversión de glucosa a lípidos. Todas estas formas tienen una combinación con el incremento también de la utilización de la glucosa (Anderson., 1997b).

Kim *et al.*, (2004) señalan que en estudios realizados en varias especies incluyendo al humano han confirmado la posibilidad sobre la influencia del Cr en la glucosa y la resistencia a la insulina.

4.12 METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS POR EL CR.

Abraham *et al.*, (1982 a.b) muestran evidencia que el Cr es esencial para el metabolismo de los lípidos y reducen el riesgo de aterogénesis. Ratas y conejos alimentados con una fórmula deficiente de Cr incrementaron el colesterol total y la concentración de lípidos en la aorta y mostrando además aumento en la formación de plaquetas.

Macnamara y Valadez (2005) estudiaron la acción de las propiedades del Propionato de Cromo en la lipogénesis y la lipólisis en ganado Holstein adicionado durante 21 días preparto hasta 35 días post- parto. El Cr incrementó la síntesis neta de grasa en el tejido adiposo y bajó la ganancia de los animales. La energía actúa por medio del Cr junto con los receptores de insulina e incrementan su adición en el tejido.

4.13 METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS POR EL CR.

Evan y Bowman (1992) demostraron como aumentan los aminoácidos y la glucosa, así como también la respuesta en el esqueleto y músculo en ratas, a las cuales se les administró CrPic. Estas alteraciones por el consumo de los nutrientes se ven asociados con los cambios en los parámetros de insulina ya que son dependientes del Cr.

El mejoramiento potencial de los aminoácidos en las células del músculo dio resultados benéficos en la deposición total de proteínas. También se encontró que la suplementación de Cr intensifica la incorporación de aminoácidos en el tejido de la rata (Roginski y Mertz., 1969).

4.14 REGULACIÓN HORMONAL.

4.14.1 Cortisol: Numerosos estudios confirman la asociación entre el Cr y el metabolismo durante el incremento fisiológico, patológico y el estrés en la nutrición. El Cr demanda en humanos y animales un incremento durante periodos de alto estrés – fatiga, trauma, gestación y diferentes cambios de la alimentación, cambios bruscos de temperatura ambiental, entre otras (Anderson., 1994).

No obstante en el suero la concentración de cortisol en ganado lechero después del parto muestra un incremento contradictorio en animales suplementados con Cr (Burton *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 1996; Pechova, 2002 a) y se sugiere que la asociación entre Cr y el cortisol talvez sea menor con integridad que los originalmente asumidos.

4.14.2 Insulina: El Cr tiende a mejorar el efecto de la insulina e incrementa el número de los receptores a la misma en la superficie de la célula y la sensibilidad de las células- β pancreáticas junto con un incremento total de la sensibilidad de la insulina (Anderson., 1997b).

Striffler *et al.*, (1999) detectaron un incremento en la secreción de insulina en ratas con deficiencia de Cr durante la respuesta al incremento de la concentración de glucosa en la sangre.

4.15 FUNCIÓN INMUNE CON RESPECTO AL CR.

Burton *et al.*, (1993) señalan que la suplementación con Cr en vacas entre 6 y 16 semanas post-parto mostraron una respuesta positiva en las características y parámetros de la función del sistema inmune.

Lien *et al.*, (2005) estudiaron la respuesta inmune en cerdos jóvenes suplementados con Propionato de Cromo (0.2 mg/kg.), quienes posteriormente presentaron altos niveles de anticuerpos. Por otro lado, en un estudio realizado con títulos específicos para borregos con una red de células sanguíneas y el total de suero en globulinas, en donde se utilizó lipopolisacáridos de *Escherichia coli* (0.1 mg/Kg. PV) como agentes de inducción de estrés, incrementaron los glóbulos blancos en el grupo suplementado con Cr y también aumentó las IgG y las gammaglobulinas.

El CrPic es una forma de este microelemento que se popularizó hacia fines de los ochenta por sus funciones, favorecer el desarrollo de tejido magro del cuerpo y disminuir la grasa corporal, por lo que se convirtió instantáneamente en una sustancia favorita entre los fisicoculturistas.

4.16 FUNCIÓN DEL CrPic EN LA REPRODUCCIÓN.

Investigaciones en este rubro utilizando el CrPic en cerdos, se demostraron mejores ciclos reproductivos, efecto positivo sobre el tamaño de los lechones así como mejor peso al momento del destete (Lindemann *et al.*, 1995).

En un estudio realizado por García *et al.*, (1997) en el cual se suplementó con CrPic encontraron que incrementó el número de lechones nacidos vivos, además, el peso de los lechones al momento de su destete fue 1.61 kg mayor en el grupo suplementado en comparación con el grupo control (1.47 kg.)

4.17 UTILIZACIÓN DEL PICOLINATO DE CROMO (CrPic) EN MONOGÁSTRICOS.

Según Page *et al.*, (1993), la mayor absorción metabólica en cerdos se presentó gracias al Cr y se encuentra estrechamente relacionado con el estado químico en el cual se encuentra en Cr, siendo la de mayor eficiencia en su forma orgánica.

4.17.1 Cerdos

Kornegay *et al.*, (1997) utilizaron cuatro tratamientos para determinar la acción del CrPic en dosis de 200 ppb de Cr sobre la digestibilidad de la materia seca, el balance del nitrógeno (N) y las características de la canal en cerdos en etapa de crecimiento-finalización, utilizando 15% de proteína cruda en una dieta en base a maíz y pasta de soya en etapa de crecimiento y otra con 13% de proteína cruda en base a maíz y pasta de soya en etapa de finalización.

Para cada uno de los tratamientos los cerdos fueron divididos en grupos de dos periodos (hasta el final del crecimiento, 63.3 kg.; y hasta el fin de la engorda 98.9 kg.), comenzando con pesos promedios de 23.5 kg, alcanzando 104.9 kg promedio al final del experimento. Al finalizar la segunda etapa experimental, todos los cerdos fueron sacrificados y se recolectaron los datos respecto a las características de la canal.

La proporción fue relativamente similar la del control y los cerdos alimentados con CrPic en todos los tratamientos. El tipo de absorción de N se incrementó en los cerdos alimentados con CrPic ($P < .05$), pero la retención de N se incrementó sólo numéricamente ($P=.14$). La digestibilidad en razón a materia seca se encontró aumentada en los animales con CrPic.

En el porcentaje del cuero y la grasa dorsal en la 10ma costilla no se encontraron diferencias significativas. En ciertas áreas del músculo se encontró aumento ($P<.05$) en cerdos alimentados con CrPic, así como también aumentó la digestibilidad de la materia seca ($P<0.02$) y la absorción de N ($P =.22$).

Con los resultados obtenidos, se concluye que los cerdos suplementados con 200 ppb de CrPic incrementaron el área del músculo y que la absorción de N fue mayor. Por último, colaboró también con la digestibilidad de la materia seca (Kornegay *et al.*, 1997).

Matthews (2003) evaluó los efectos del Propionato de Cromo en el alimento y midió el efecto sobre la energía metabolizable (ME), así como también en las características de la canal. En este experimento utilizó 144 cerdos castrados y los dividió al azar en grupo de 22 animales, cuyos

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

pesos iniciales en promedio fueron de 27 kg llegando al final de la engorda con 113 kg peso vivo.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1) Pasta de soya-maíz (con baja energía metabolizable (EM));
- 2) La anterior fórmula más 200 ppb de Cr en forma de CrProp;
- 3) La primera adicionada con 200 Kcal. EM/kg.; y
- 4) La anterior adicionada con 200 ppb de CrProp.

Al final se sacrificaron tres cerdos por tratamiento para determinar los efectos sobre la canal y cómo afectó la calidad del cerdo. El promedio en relación con la ganancia de peso diaria, promedio de alimento consumido y la ganancia: alimento no se vieron afectadas por las dietas ofertadas ($P>0.10$). El consumo de alimento si se incrementó ($P<0.05$) en aquellos cerdos alimentados con una alta EM durante el periodo de crecimiento. En la muestra de suero a los 45 minutos y 24 horas, en el pH no se observaron diferencias ($P>0.10$). Se encontró que el marmoleo se incrementó ($P<0.03$) así como también el porcentaje de músculo en el lomo ($P<0.04$). Con el Propionato de Cromo no se encontraron efectos consistentes sobre el crecimiento y en las características de la canal pero se resume diciendo que puede afectar de manera positiva algunos aspectos de calidad del cerdo.

Money *et al.*, (1997) determinaron los efectos del CrPic y el Clorato de Cr (CrCl_3) en cerdos en crecimiento en relación a la composición de la canal, además de evaluar el porcentaje y los tipos de crecimiento de las características del tejido y los componentes químicos y en sangre con relación a los metabolitos. En el experimento 1 se utilizaron 35 cerdos con una fórmula en base a maíz y pasta de soya de dieta base (.95% de lisina) y fueron divididos en cinco grupos un testigo (0), 200 y uno de 400 μg de Cr en forma de CrPic y otros dos de 5,000 y 25,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de Cr en forma de CrCl_3 .

Por cada tratamiento utilizaron 7 cerdos durante 35 días (19.6 hasta 43.3 kg. de peso vivo), teniendo como resultados que no se encontraron diferencias significativas en lo que se refiere a grasa dorsal y en una mayor presencia de músculo en el cerdo. Los porcentajes de músculo, grasa, hueso y piel no fueron afectados en la suplementación con las dos fuentes de Cr. En la adición de 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de CrPic se incrementaron los lípidos en la canal ($P<0.07$).

En el experimento 2 se utilizaron el mismo número de cerdos con la diferencia que se dividió en dos etapas, usando la misma dieta base que en el Experimento 1 pero la primera dieta tenía un .95% de lisina y fue de los 19 a los 55 kg en promedio. En la segunda etapa, se administró .80% de lisina y abarcó desde los 55 a los 109 kg en promedio y siendo suplementados con 200 µg/kg de CrPic y con 5,000 µg/kg de CrCl₃.

Los porcentajes y el crecimiento del tejido del músculo se incrementaron de manera significativa (P<.001) y la deposición de grasa en el tejido también se rebajó de manera altamente significativa (P<.001) en los cerdos suplementados con Cr en forma de CrCl₃. Los porcentajes y crecimiento de la proteína en la canal subieron y disminuyó el porcentaje de lípidos en la sangre (P<.04) en cerdos alimentados con Cr en sus dos diferentes formas.

Los resultados sugieren que el CrPic es más efectivo que el CrCl₃ y que la suplementación con Cr ayuda a una mejor composición de la canal en la etapa de crecimiento- finalización en cerdos (Money *et al.*, 1997)

Page *et al.*, (1995) realizaron tres experimentos para evaluar el CrPic en cerdos en etapa de crecimiento-finalización. En el Experimento 1 se utilizó una dieta a base de maíz y pasta de soya suplementado con 25, 50, 100 y 200 ppb de CrPic. Los resultados obtenidos mencionan que la ganancia de peso diaria se incrementó (P< 0.02) y el colesterol en el plasma decreció (P<0.08) en los adicionados con CrPic. En el Experimento 2 fue utilizada la misma fórmula base y suplementadas con 0, 100, 200, 400 y 800 ppb de CrPic, observándose que el colesterol disminuyó en los cerdos suplementadas (P<0.05), además, el área muscular y porcentaje de músculo se incrementó (P<0.01) y decreció la grasa en la 10ª costilla (P<0.01). Mientras que en el Experimento 3 se encontró que el área de la músculo se incrementó (P<0.01) en cerdos alimentado con CrPic.

Finalmente se concluye que en animales suplementados con 100 o 200 ppb de CrPic se incrementa el área del músculo y disminuye la grasa dorsal en la 10ª costilla, por lo que estas dosis son las idóneas para los parámetros antes mencionados.

Lindemann *et al.*, (1995) realizaron dos experimentos con diferentes niveles de CrPic. En el Experimento 1, utilizaron 48 cerdos con un peso inicial de 40.9 kg y tres niveles de CrPic, el testigo, 250 y 500 ppb de CrPic. En el Experimento 2 se utilizaron 105 cerdos con un peso inicial de 14.5 kg en promedio y divididos en grupos de 7 de acuerdo a los tratamientos utilizados.

El objetivo de este experimento fue utilizar dos factores a) dos niveles de lisina, cantidades que fueron de 100 y 120% superior a lo indicado por la NRC y b) diferentes niveles de Cr, el testigo, 100, 200, 500 y 1000 ppb. En la interacción con el Cr y la lisina se encontró que se obtiene mejores resultados en cuanto a ganancia de peso con un 100 % de lisina y con 200 ppb de CrPic. La adición de 200 ppb de Cr redujo la grasa dorsal ($p < .04$) e incrementó el área del músculo en el lomo ($P < .04$).

Se obtuvieron muestras de sangre antes y después de alimentar a los animales, y entre los resultados observados se determinó que la insulina se afectó y también la relación insulina: glucosa de manera positiva ($P < .003$) en los suplementados con Cr, señalándose que produce una respuesta biológica favorable en los cerdos.

Por otra parte, se han realizado experimentos con el objetivo de medir el efecto de CrPic y Propionato de Cromo sobre el crecimiento y las características de la canal, además de los resultados que se obtienen en el suero sanguíneo. En el Experimento 1, se utilizaron 36 cerdos con un peso promedio de 20 kg.; fueron divididos al azar con los siguientes tratamientos:

- 1) Ración en base a maíz y pasta de soya
- 2) Ración del tratamiento 1 más 200 ppb de CrPic; y
- 3) Ración del tratamiento 1 más 200 ppb de CrProp.

Se midieron los pesos cada 28 días, se tomaron muestras de sangre para poder realizar los estudios correspondientes. Entre algunos de los resultados encontrados tenemos que en ambos suplementos decrece la ganancia de peso diario ($P < .005$). Los cerdos alimentados con CrPic bajaron la concentración de NEFA en comparación con los otros tratamientos ($P < .02$). En la determinación de glucosa no se encontraron diferencias entre los tratamientos. Durante las pruebas de insulina se encontró que ayudó de forma positiva ($p < .01$) en cerdos alimentados con Propionato de Cromo pero no en los suplementados con CrPic. La glucosa en la mitad de la prueba decreció notablemente ($P < .03$) en los cerdos alimentados con Cr en las dos formas.

En el Experimento 2 se utilizaron 48 cerdos con un peso inicial de 23 kg y peso final de 115 kg. Se utilizaron las mismas raciones con igual tipo de tratamientos, dando como resultado que la ganancia de peso diario con respecto al alimento no se vio afectada ($P < .10$). Ninguna de las

mediciones dio resultados diferenciados. Finalmente, se concluye que en relación a glucosa e insulina dieron resultados positivos en ambas fuentes de Cr como son Propionato de Cromo y CrPic se incrementó la sensibilidad de insulina (Matthews *et al.*, 2001)

Shelton *et al.*, (2003) en dos experimentos realizados para determinar y medir el efecto de la suplementación de Cr en forma de Propionato de Cromo en relación con la ganancia de peso, la calidad de la canal y la respuesta en sangre en cerdos en etapa de engorda finalización. En el Experimento 1 se utilizaron 96 cerdos con un peso vivo promedio de 28 kg hasta llegar a 109 kg y en el Experimento 2 se utilizaron 144 cerdos con pesos promedios de 26 kg de peso vivo inicial hasta llegar a un promedio de 111 kg los cuales fueron divididos al azar. En el Experimento 1 se utilizaron 6 tratamientos que incluyeron el testigo, 50, 100, 200 ppb de Propionato de Cromo usando en los dos últimos baja energía metabolizable. Finalmente, en el Experimento 2 se utilizó la misma fórmula base que en el anterior adicionando además 0, 100, 200 y 300 ppb de Cr en la forma antes mencionada.

Los resultados señalan que en el Experimento 1 no se encontraron diferencias significativas en las mediciones realizadas en cuanto a peso, sin embargo, encontraron que hubo aumento en el área del músculo y se redujo la grasa dorsal en cerdos alimentados con 200 ppb de Propionato de Cromo. En estos mismos animales, la concentración con respecto a NEFA decreció en cerdos del tratamiento con baja energía metabolizable.

En el Experimento 2, la adición de Cr decreció el NEFA ($P < .09$) y en el N en el plasma también decreció ($P < .02$), aumentando el colesterol total y las lipoproteínas de alta densidad ($P < .09$). En conclusión, Shelton *et al.*, (1993) señalan que el Propionato de Cromo tiende a no tener efecto en relación a la conformación muscular y encontraron una respuesta positiva en las mediciones realizadas en el plasma de los cerdos.

En estudios realizados por Boleman *et al.*, (1995) para determinar cómo afecta el CrPic, utilizaron 2 cerdos a los cuales se les aplicaron tres tratamientos: 1) el que no fue suplementado tenía un peso inicial de 19.1 hasta llegar a 106.4 kg de peso vivo, 2) de 19.1 hasta los 57.2 kg de peso vivo y además fueron adicionados con 200 ppb hasta el peso antes mencionado y sin nada hasta llegar a los 106.4 kg, 3) se adicionó 200 ppb de CrPic de los 19.1 hasta los 106.4 kg.

Se encontró que se redujo la ganancia de peso diario ($p < .08$), la grasa encontrada en la 10ª costilla se redujo ($P < .01$) en cerdos del segundo tratamiento y el porcentaje del área del músculo aumentó en los cerdos del tercer tratamiento ($P < .09$) en comparación al tratamiento testigo. El peso de los pulmones se redujo en los cerdos del segundo tratamiento ($P < .08$) en comparación con el tercer tratamiento. Para determinar la separación físico- química de los diferentes tratamientos se dijo que este se incrementó en los cerdos del tercer tratamiento ($P < .07$) también se redujo la grasa intermuscular en comparación con el grupo control y éste en comparación con el segundo tratamiento. Finalmente, Boleman *et al.*, (1995) concluyen que los resultados sugieren que la suplementación con CrPic en la etapa de crecimiento finalización puede afectar positivamente el área del músculo y decrece la deposición de grasa, sin embargo, algunas veces no siempre los pesos pueden ser mejores debido al uso de este producto.

En otros dos experimentos que realizaron Ligt *et al.*, (2002) para determinar el efecto del CrPic en cerdos, se utilizaron 36 animales castrados con un peso inicial de 25 kg hasta llegar a 65 kg de peso vivo en un arreglo factorial 2x3 con un testigo y con 200 ppb de Cr y con diferentes niveles de Energía Metaboizable (EM) entre los que se encuentran 70, 80 y 90%. Por otra parte, se utilizaron 30 cerdos con pesos de 23 kg hasta llegar a 68 kg usando un arreglo factorial 2x4, teniendo un testigo y una suplementación con 200 ppb y con diferentes fuentes de energía.

En ambos experimentos, los animales fueron sacrificados a los 50 días para evaluar los pesos de los órganos internos; encontrando que aumentó el nivel de energía ($P < .01$) y la grasa en la 10ª costilla del cerdo ya sacrificado y enfriado ($P < .01$) también aumentó el área del músculo ($P < .01$). Similares resultados se encontraron en el Experimento 2, donde la concentración de insulina fue mas baja que en el Experimento 1, la relación entre insulina – glucosa fue altamente significativo ($P < .001$). Se concluye que los niveles de energía marcan una diferencia en el crecimiento en cerdos en esta etapa de crecimiento, además de que la suplementación con Cr puede tener un efecto sobre las características de la canal.

En una investigación realizada por Lien *et al.*, (2001) para analizar los efectos con la suplementación de CrPic, en el crecimiento, características de la canal y algunas mediciones en la sangre en cerdos en etapa de crecimiento- finalización. Se utilizaron 60 cerdos de la raza Landrace x Yorkshire x Duroc (LYD), con pesos promedio al inicio de 46.65 kg., los cuales fueron distribuidos completamente al azar en tres grupos con dos repeticiones. Estos fueron suplementados con 0, 200 y 400 ppb de Cr en forma de CrPic durante 90 días. Fue pesado el consumo de alimento diario y se encontró que hubo diferencias significativas en lo antes mencionado ($P < .05$). Al suplementar con este producto se encontró que existe una relación directamente proporcional ya que a medida que se aumentó la dosis de CrPic se mejoran las características de la canal y es inversamente proporcional en cuanto al nivel de grasa en el “ojo del lomo” ($P < .05$), ya que disminuye al aumentar la dosis de CrPic.

Con los parámetros en sangre se encontraron disminuciones significativas en relación a insulina en el grupo de cerdos con 400 ppb y hubo decrecimiento en la glucosa en el grupo de 200 ppb ($P < .05$). En el diámetro y volumen de grasa en los grupos suplementado con Cr, tendieron a aumentar en comparación con el grupo control ($P = .07$). En estudios realizados *in vitro* indican que la incorporación de este producto en relación con la glucosa dentro de los lípidos totales se han disminuido con la suplementación de CrPic ($P < .05$). En resumen los resultados encontrados demuestran que la suplementación con CrPic en cerdos da resultados positivos en relación a ganancia de peso y los demás factores medidos (Lien *et al.*, 2001).

4.17.2 Ratones

En la mayoría de los estudios se ha utilizado como fuente de Cr el CrPic; Hegsted *et al.*, (1997) utilizaron tres diferentes fuentes de Cr Nicotinato (CrNico), Clorato (CrCl) y Picolinato (CrPic), de los cuales se utilizaron 300 ppb en cada uno de los casos y se hicieron mediciones para determinar el crecimiento y la composición del cuerpo de los ratones. Se utilizaron 60 ratones machos de la raza Harlan destetados y dividieron en grupos de 20 animales. La composición del cuerpo fue medido desde la 5ª semana hasta la 10ª, no existiendo diferencias significativas entre los diferentes grupos en relación al crecimiento, masa muscular y en el tejido.

4.18 UTILIZACIÓN DEL CrPic EN RUMIANTES.

Los rumiantes tienen mayores requerimientos de glucosa debido a la glucogénesis hepática por su absorción intestinal, y en los tejidos se encuentra mayor resistencia a la insulina a diferencia en el tejido de los no rumiantes (Bunting *et al.*, 1994)

Estos mismos autores señalan que la suplementación con Cr produce múltiples beneficios tanto en salud como a nivel nutricional en el ganado doméstico. Generalmente una respuesta positiva muestra mayor inmunocompetencia ante manejos los cuales estresan al ganado y gracias al Cr existe mejor deposición energética tanto en la grasa como en el tejido. Por otra parte, Moonsie-Shageer y Mowat (1993) observaron que la suplementación con Cr favorece mejores respuestas del sistema inmunológico en rumiantes sometidos a estados de estrés.

En ganado lechero la absorción de Cr es relativamente estable cuando el consumo diario es de 40 a 240 µg/día (Lyons, 1994).

4.18.1 Ovinos

Forbes *et al.*, (1998), investigaron las diferencias en producción (carne y lana) y criterios fisiológicos en corderas jóvenes de dos diferentes razas que fueron alimentados con concentrado en base de 13.5% de proteína cruda. Fueron divididas en dos grupos, uno testigo y otro grupo suplementado con 370 ppb de Tripicolinato de Cromo.

Las razas seleccionadas fueron Suffolk (SFK), por su función zootécnica de producción de carne y Gulf Coast Native (GCN), por ser productora de lana; la primera contaba con un peso promedio de 58.9 kg y la segunda con peso promedio de 44.9 kg. Las ovejas fueron alimentadas con concentrado base durante 10 días. Ya estando en la fase experimental, los animales fueron divididos al azar. Sobre los días 0, 11 y 22 después de privarles el alimento durante 18 h los animales fueron sangrados por la vena yugular y también fueron pesados.

Se realizó la prueba de tolerancia a la glucosa. Los análisis estadísticos de los metabolitos y medidas de hormonas fueron conducidos sobre diferentes condiciones, encontrándose varios cambios al momento de hacer la mediciones de los días 11 y 22 en comparación con el día 0. No se apreciaron diferencias en el consumo diario de alimento ni en el parámetro de glucosa. En

comparación con el alimento base y el suplementado con Cr decreció el plasma en NEFA ($P<.04$), en insulina se encontraron también una disminución ($P<.09$).

Cuando fueron comparados los efectos del CrPic con respecto a la raza, en la raza Suffolk (SFK) se encontró una diferencia altamente significativa ($p<.0001$) en el consumo de alimento diario y también sobre la ganancia de peso diario. En los resultados encontrados en el plasma en las variables con respecto a glucosa e insulina ha una clara compensación ($p<.06$) y se ha reducido por debajo de las curvas en comparación con la raza Gulf Coast Native (GCN). Se concluyó que las diferencias encontradas fueron únicamente entre las dos razas, más no así entre los animales de la misma raza al comparar los grupos testigos y los tratados con tripicolinato de cromo.

En un experimento realizado por Mostafa-Tehrani *et al.*, (2005), evaluaron las diferencias sobre como el Cr en forma de Nicotinato no afecta a los componentes de la canal en ovinos de la raza Shal se utilizaron 70 animales los cuales comenzaron con un peso promedio de 37 Kg. el alimento fue en base a cebada con un 12% de proteína cruda el concentrado fue dividido en cuatro grupos uno control, 200, 600 y 1000 ppb de Cr pero en la forma de nicotinato (CrNic) el experimento duro 105 días y al final del mismo fueron sacrificados todos los animales.

Al momento de analizar los resultados la ganancia de peso diario no se encontraron diferencias. A los ovinos suplementados con 200 ppb de Cr en forma de CrNic se encontró diferencia en el peso de la cabeza ($p<.005$), piel ($p<.04$), hígado ($p<.02$) y disminuyó el peso de la grasa interna ($p<.01$). También aumentó el peso de la caja torácica ($p<.05$). En los grupos suplementados con 600 y 1000 ppb de Cr en forma de CrNic tienden a incrementar el peso del pecho ($p<.05$) y disminuir el peso de la grasa en la cola ($p<.09$). En el final del trabajo se concluye que los ovinos suplementados con Cr en forma de CrNic presentaron mayores aumentos de peso en los órganos internos y en la disminución de la grasa interna.

4.18.2 Ganado Lechero

En un estudio realizado con ganado Holstein se utilizaron 10 novillas con pesos promedios de 98 kg y 14 novillos con peso promedio de 122 kg, los cuales fueron alimentados con una dieta en base a maíz y semilla de algodón con 15% de proteína cruda para las primeras y 13% para el grupo de machos castrados. Además, se les adicionaron 350 ppb Tripicolinato de Cromo. La duración de la prueba para el Experimento 1 fue de 58 días y 56 días para el Experimento 2. En el 1, se llevaron

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

acabo varias mediciones entre las cuales encontramos el balance del Nitrógeno, la prueba de tolerancia a la glucosa y la prueba de los cambios en insulina. En los primeros resultados encontrados fue que el colesterol disminuyó significativamente ($p < .05$) en los alimentados con CrPic, durante la semana 4. En la prueba de glucosa, los animales alimentados con CrPic presentaron diferencias significativas en relación a glucosa ($p < .05$).

Se concluye que el CrPic suplementado en vaquillas como en novillos reduce significativamente el colesterol en sangre, así como mejora claramente los niveles de glucosa en la sangre (Bunting *et al.*, 1994).

En otra investigación realizada por Bunting *et al.*, (2000), encontraron que utilizando propionato de Cr tiende a incrementar el crecimiento en vacas gracias a la mayor degradación a nivel ruminal. Además de que provoca mejor costo de mantenimiento el cual se encuentra asociado al incremento de la actividad metabólica del GTI en el tejido.

4.19 TOXICOLOGÍA DEL CrPic.

La máxima concentración de Cr tolerable en el ganado para carne es de 1000 ppm en la forma trivalente como es CrCl₃ (NRC, 1996).

4.20 DEFICIENCIA DE CR.

En un estudio realizado por Anderson (1994) menciona los síntomas que se observan frente a la deficiencia de Cr en varias especies, como por ejemplo humanos, cerdos, ratas, entre otros.

Tabla 1. Síntomas de la deficiencia de Cr en varias especies (Anderson, 1994)

Funciones	Especies
Intolerancia a la Glucosa	Humanos, ratones, mono, Cerdos
Incrementa la circulación de insulina	Humanos, ratas y cerdos
Glicosuria	Humanos y ratas
Hipercalcemia	Humanos, ratas y ratones
Desordenes en el crecimiento	Humanos, ratas, ratones y pavos
Hipercalcemia	Humanos
Incrementa el colesterol y triglicéridos	Humanos, ratas, ratones y ganado
Incrementa las plaquetas en la aorta	Ratas, ratones y conejos
Incr. las plaquetas en la aorta en la superficie interna	Conejos
Neuropatología	Humanos
Encefalopatía	Humanos
Lesiones en la Cornea	ratas y monos
Incr. La presión intraocular	Humanos
Reduce la fertilidad y el numero de espermas	Ratas
Disminuye la longevidad	Ratas y Ratones
Reduce las uniones de insulina	Humanos
Reduce el numero de los receptores de insulina	Humanos
Reduce la proporción del Músculo	Humanos, ratas y cerdos
Incrementa la proporción de grasa en el cuerpo	humanos y cerdos
Reduce la respuesta inmune	Ganado
Incrementa Morbilidad del sistema inmune	Ganado

5. OBJETIVO GENERAL.

Conocer el efecto del Picolinato de Cromo (CrPic) sobre el aumento de peso en corderos de raza pelibuey en etapa postdestete.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Determinar la ganancia de peso vivo en corderos alimentados con diferentes niveles de CrPic.

Determinar el efecto de los diferentes tratamientos en la concentración de glucosa, triglicéridos y colesterol a nivel sanguíneo.

Determinar el índice de conversión alimenticia entre cada unos de los tratamientos ofertados.

7. HIPÓTESIS

El Picolinato de Cromo (CrPic) favorece la ganancia diaria de peso en ovinos posdestete, además de aumentar el nivel de glucosa y disminuir los niveles de triglicéridos y colesterol.

8. MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el municipio de San Miguel El Alto, Jalisco, ubicado al norte del Estado de Jalisco, en las coordenadas 21° 07' 07'' de latitud norte y 102° 10' 00'' al 102° 35' 00'' de longitud oeste, a una altura promedio de 1,844 metros sobre el nivel del mar. Su extensión territorial es de 510.93 km² (Figura 2).



Figura 1. Ubicación geográfica de San Miguel El Alto, Jalisco

El clima del municipio es semiseco con otoño, invierno y primavera secos y semicálidos con invierno benigno. La temperatura media anual es de 17.8 °C y precipitación anual de 634.5 milímetros con un régimen de lluvia en los meses de julio y agosto. Los vientos dominantes son dirección noreste. El promedio de días con heladas al año es de 23.

8.1 ANIMALES

El experimento se inició el día 1 de junio de 2006, se utilizaron 27 ovinos (n=27) de edad promedio de 70 días y de 10 Kg. de peso. Se identificaron al azar en la oreja izquierda mediante la utilización de aretes de color azul numerados del 21 al 47.

Posteriormente, se procedió a pesar a los animales utilizando una báscula digital marca “Torrey” modelo “Clase III” con capacidad máxima de 40 Kg. y una mínima de 0.01 Kg.. Finalmente, fueron separados al azar según el número de arete en 9 corrales asignados como se especifican en la Tabla 1.

Tabla 2. Identificación y asignación de corrales de los animales, San Miguel El Alto, Jalisco, 2007.

No.	Arete	Corral
1	21	3
2	22	9
3	23	2
4	24	5
5	25	8
6	26	9
7	27	2
8	28	1
9	29	3
10	30	6
11	31	1
12	32	2
13	33	7
14	34	6
15	35	1
16	36	7
17	37	4
18	38	4
19	39	5
20	40	9
21	41	4
22	42	8
23	43	6
24	44	3
25	45	7
26	46	5
27	47	8

8.2 PERIODO DE ADAPTACIÓN

Los ovinos fueron sometidos a un periodo de adaptación al medio ambiente y a la nueva dieta durante 15 días. Logrado esto, los ovinos fueron distribuidos al azar en los nueve corrales de tres ovinos cada uno con libre acceso tanto al alimento como al agua.

La fórmula del alimento administrado aparece en la Tabla 3

BORREGOS ENGORDA	
200,00	SORGO MOLIDO
283,00	SORGO ENTERO
200,00	MAIZ ROLADO
140,00	PASTA DE SOYA
100,00	SALVADO
40,00	MELAZA
7,00	CALCIO
30,00	MICROMINERAL.
1000,00	TOTAL

Tabla 3. Fórmula del concentrado.

8.3 INFRESTRUCTURA

Los corrales utilizados medían 1 m de ancho por 3 m de largo y 1.5 m de alto, fueron divididos con una malla cuadrículada electro soldada de alambroón, el piso era de cemento, con techo de láminas de asbesto de 5 m de largo, para otorgarle sombra completa a los corrales.

El alimento y el agua fueron ofrecidas en botes de plástico individuales, ambos (alimento y agua) eran cambiados diariamente para evitar posibles pérdidas en el consumo por deterioro.

8.4 TRATAMIENTOS

Se utilizaron tres tipos de tratamientos:

Tratamiento 1: Grupo Testigo

Tratamiento 2: 300 ppb de CrPic

Tratamiento 3: 600 ppb de CrPic

8.5 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL CONCENTRADO

Se realizó el análisis químico proximal del alimento en el Laboratorio de Nutrición del Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, con el objetivo de determinar si el alimento cumplía con los requerimientos nutrimentales recomendados por la NRC 1985, para ovinos en etapa de engorda. Los resultados encontrados se especifican en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados del análisis químico proximal del concentrado utilizado en el experimento, 2007.

Parámetros	MUESTRA
Humedad (%)	8.4
Materia seca (%)	91.6
Proteína cruda. (%)	13.79
Fibra cruda (%)	3.55
Cenizas (%)	6.88
Extracto etéreo (%)	2.19

8.6 TOMA DE MUESTRAS DE SANGRE

Al inicio de la prueba se tomaron muestras de sangre desde la vena yugular utilizando tubos al vacío de 7 ml de la marca Vacuntainer, extrayéndose 5 ml de sangre dejándola reposar con el propósito de obtener el suero para realizar los exámenes de determinación de glucosa, triglicéridos y lípidos. La sangre extraída se llevó a un laboratorio de análisis particular localizado en San Miguel El Alto, Jalisco. Se utilizó una centrífuga marca “Único” modelo “Power Spin M24 Centrifuge” para obtener la mayor cantidad de suero para realizar los exámenes mencionados.

La sangre se centrifugó durante 6 minutos a una velocidad de 2500 revoluciones por minuto (rpm). Después se separó el suero en contenedores de 2 ml marca Axygen., posteriormente se refrigeraron a una temperatura de 3 °C en un refrigerador casero, hasta el día siguiente para realizar las determinaciones correspondientes.

En el laboratorio del hospital veterinario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes se hicieron las pruebas de Lípidos, Triglicéridos y Colesterol (mg/dL), utilizando los instrumentos marca Ortho-Chemical Diagnostics modelo Vitros DT60 II Sistem Chemistry. Mediante el uso de una pipeta se extrajeron 20 µl de suero de cada una de las muestras los animales del experimento y se procedió a realizar los exámenes.

Se utilizaron pequeñas láminas de plástico llamadas slides de la marca Vitros, las cuales se insertaron en el equipo, se colocaron 20 µl en la parte central y se llevaron a cabo las mediciones de las sustancias a examinar.

8.7 MANEJO DE LOS OVINOS

Pasados los quince días de adaptación se realizó un nuevo pesaje (inicio de la prueba) además de la desparasitación utilizando Iver-zoo 1% (ivermectina base 10 mg) 0.5 ml por animal vía subcutánea y la vacunación con Bayovac Blacklegol 7 (bacterina de diferentes tipos de *Clostridium*), administrando 2 ml por cada animal por vía intramuscular en la pierna.

Se realizaron pesajes cada quince días para determinar la ganancia de peso vivo y el índice de conversión que se logró al final de la prueba (90 días). Al mismo tiempo, se pesó diariamente para evaluar el consumo de alimento promedio por animal hasta al final del experimento a los 90 días.

Se tomaron muestras de sangre al inicio, a los 45 y a los 90 días de iniciada la prueba, para determinar glucosa, triglicéridos y colesterol de manera individual.

8.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los datos relacionados con la ganancia de peso vivo, índice de conversión, consumo de alimento diario, química sanguínea (glucosa, triglicéridos y colesterol) fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico SAS (SAS versión 6, 1999), considerando un diseño completamente aleatorizado (Steel y Torrie 1980). Cuando existieron diferencias entre

trataientos se procedió a realizar la separación de medias mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1980)

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Ganancia de Peso Diario (GPD)

Los resultados de ganancias de peso evaluado cada 15 días se especifican en el Gráfico 1, mostrando los tres grupos del experimento.

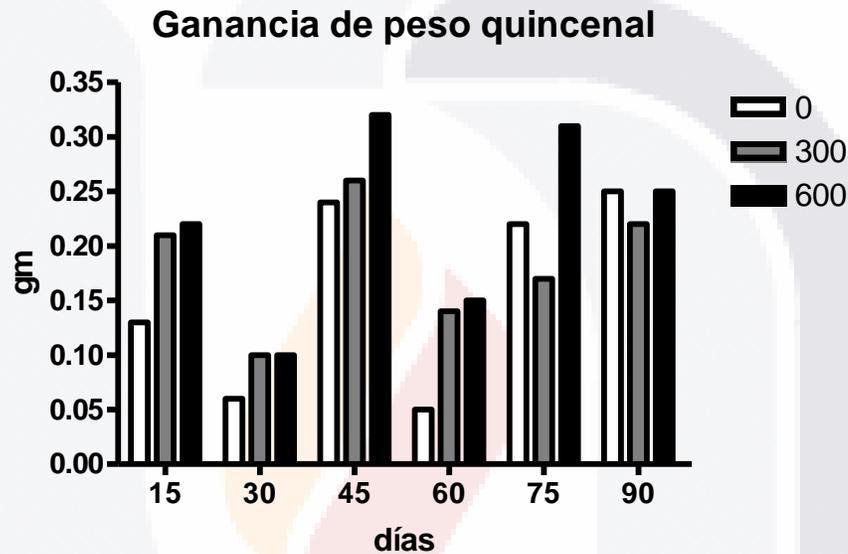


Gráfico 1. Pesos promedios quincenales por grupo según tratamiento, San Miguel El Alto, Jal (2007).

En el Gráfico 1, los resultados obtenidos demuestran marcadas diferencias entre los grupos, donde los animales del tratamiento 3 (600 ppb) aumentaron en promedio 222 gr/día en comparación con el grupo 2 quienes obtuvieron 179 gr/día y el grupo testigo con 160 gr/día. Por otro lado, entre mediciones se aprecian descensos y posteriores recuperaciones en las cuales siempre predominó el grupo 3, el que alcanzó su máxima expresión a los 45 días con 319 grs.

En el Gráfico 2 y 3, se observan los pesos finales por grupo obtenidos durante la realización de la prueba y la desviación estándar correspondiente.

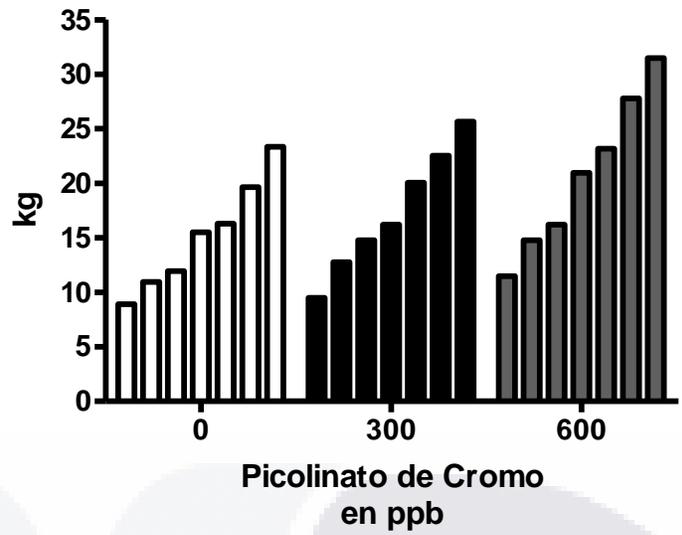
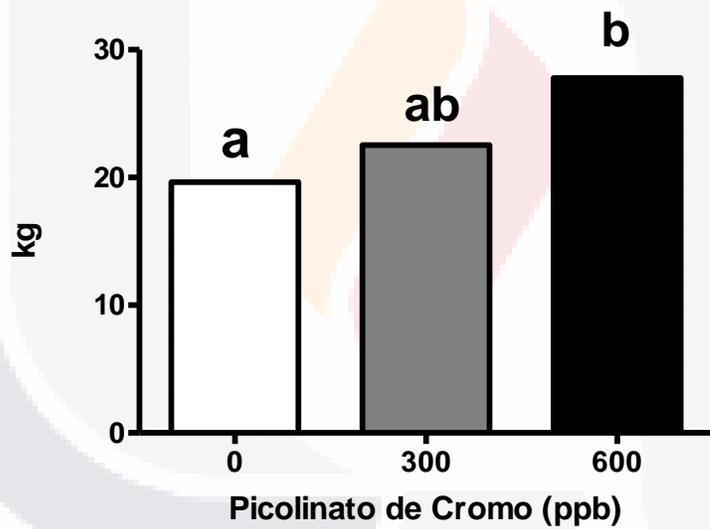


Grafico 2. Pesos promedios quincenales por grupo según tratamiento, San Miguel El Alto, Jal (2007).



Grafica 3. Desviación estándar de pesos promedios por grupo al final de la prueba según tratamiento.

El análisis estadístico para la variable ganancia de peso al final de la prueba demostró diferencias significativas entre los grupos tratados y el grupo control ($P < 0.07$). El grupo del tratamiento 3 presentó 8.1 kg y 5.8 kg más que el grupo control y el grupo del tratamiento 2, respectivamente.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, el efecto de la adición de CrPic en la ración afecta positivamente el aumento de peso en los ovinos. Uyanik (2001) menciona que el uso de cromo inorgánico en dosis de 200 y 400 ppb no tiene un efecto significativo en la ganancia de peso diaria, sin embargo, disminuyen el depósito de grasa subcutánea, principalmente en ovejas suplementadas con 400 ppb.

Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Kitchalong *et al.*, (1995), quienes determinaron que la adición de tripicolinato de cromo en borregos no afecta la ganancia diaria de peso. Sano *et al.*, (1999); Gentry *et al.*, (1999) y Sano *et al.*, (2000) también mencionan que no existe efecto positivo sobre este parámetro en ovinos suplementados con cromo.

En investigaciones realizadas en cerdos por Page *et al.*, (1993); Lindemann *et al.*, (1995) y Shelton *et al.*, (2003) y Kim *et al.*, (2009) quienes suministraron CrPic, los animales aumentaron la ganancia de peso diario, además de presentar disminución en la grasa dorsal. Por otro lado, Shelton *et al.*, (2003) utilizaron propionato de cromo y observaron que los niveles de ganancia de peso aumentaron y las características de la canal fueron positivas obteniendo resultados significativos ($P < 0.08$).

Finalmente, Van de Light *et al.*, (2002) demostraron que suplementando cerdos con 200 ppb de CrPic presentaron mayor ganancia de peso ($P < 0.01$) en comparación con el grupo testigo.

9.2 CONSUMO DE ALIMENTO

En cuanto al consumo de alimento, los animales del tratamiento 3 presentaron mayor consumo que los animales del tratamiento 2 y que el testigo al final de la prueba. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($P > 0.77$)

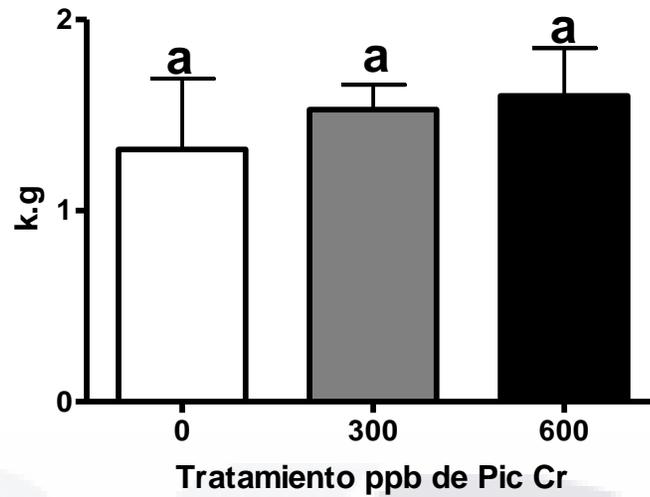


Gráfico 4: Consumo promedio de alimento según grupo de tratamiento, San Miguel el Alto, Jal. (2007)

9.3 PARÁMETROS SANGUÍNEOS.

9.3.1 Triglicéridos

La literatura indica que el Cr disminuye el nivel sanguíneo de triglicéridos, lo cual se traduce en menor deposición de grasa corporal, por lo que se analizaron estos parámetros para determinar el efecto del CrPic sobre los borregos en etapa de engorda.

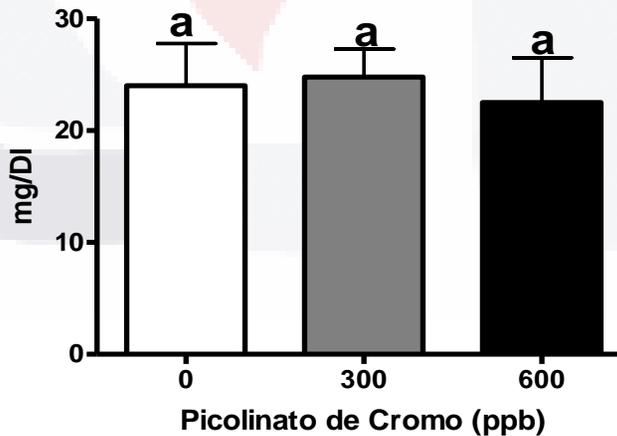


Gráfico 5. Niveles de Triglicéridos en ovinos según Tratamiento, San Miguel el Alto, Jal. (2007)

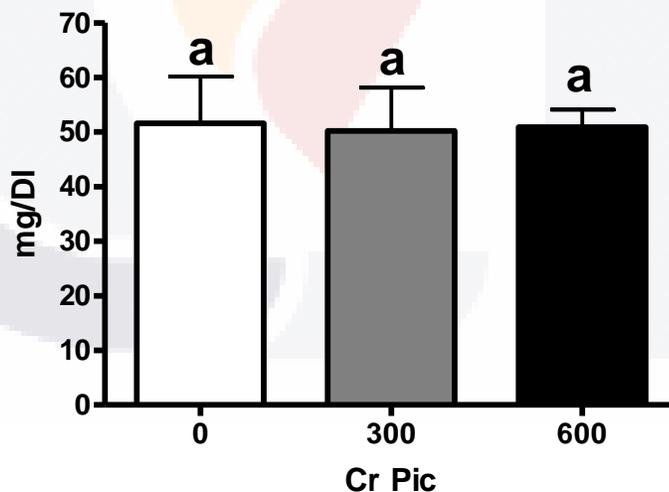
Como se aprecia en el Gráfico 5, los niveles de triglicérido a nivel sanguíneo no presentaron diferencias significativas ($P>0.01$) entre cada uno de los tratamientos.

Uyanik (2001) menciona que el uso de cromo inorgánico con ovinos en dosis de 200 y 400 ppb produce disminución del nivel sanguíneo de triglicéridos en comparación con el grupo control, siendo mayor este efecto en el grupo con más alta cantidad de cromo.

En estudios realizados en cerdos por diversos autores (Page *et al.*, (1993) y Lien *et al.*, (2001)) determinaron que la suplementación con CrPic no afecta los niveles sanguíneos de triglicéridos en los tratamientos utilizados ($P>0.10$), lo que concuerda con lo obtenido en la presente investigación.

9.3.2 Colesterol

Los niveles de colesterol en ovinos deben fluctuar entre 44.1 – 90.1 mg/dL. (Amstutz, 2000). Con el uso de CrPic se pretende que disminuya la grasa corporal y por ende la observada en el suero sanguíneo. En la Gráfica 6, se muestran los valores obtenidos en cuanto a los niveles de colesterol sanguíneo en los tres tipos de tratamientos.



Gráfica 6: Niveles de colesterol en ovinos según tratamiento.

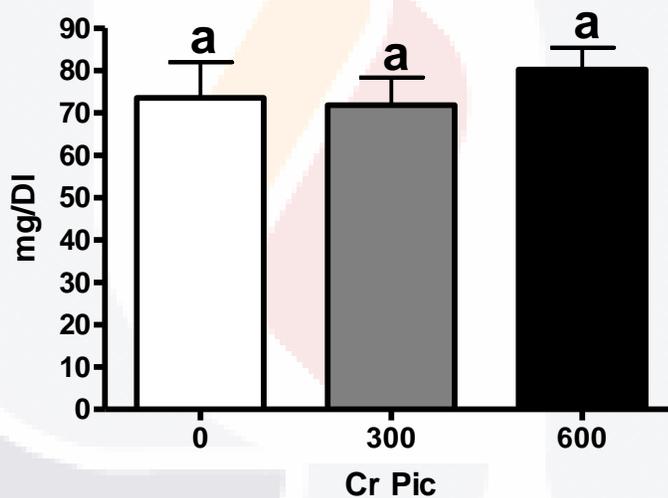
En la Gráfica 6, podemos observar que la cantidad de colesterol se mantiene similar en los tres grupos de tratamiento, no presentando diferencias significativas ($P>0.62$).

Los resultados obtenidos no concuerdan con lo reportado por Uyanik (2001) quien menciona que el uso de cromo inorgánico en dosis de 400 ppb produce aumentos significativos del nivel sanguíneo de colesterol alrededor del día 40 del experimento. Además, Kitchalong *et al.*, (1999) mencionan que el colesterol sanguíneo disminuyó en 17% en ovinos suplementados con 250 ppb de CrPic.

Por otra parte, los resultados concuerdan con lo reportado por Lindemann *et al.*, (1995) quienes determinaron que el efecto del CrPic en cerdos no presenta diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($P > 0.01$).

9.3.3 Glucosa

En la Gráfica 7, se aprecia que la glucosa en la sangre en los tres grupos es alta en relación a los parámetros normales que fluctúan entre 44,0 – 81,2 mg/dL (Amstutz, 2000).



Gráfica 7: Niveles de Glucosa sanguínea en ovinos según grupo.

El CrPic se asume como Factor Tolerante de la Glucosa (FTG) y por ende debe aumentar sus niveles en la sangre. El comportamiento de los niveles de glucosa sanguínea durante la presente investigación presentó disminuciones progresivas, observándose valores decrecientes entre los días 0, 45 y 90 días. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.29$) entre los diferentes tratamientos.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Los valores obtenidos concuerdan con lo reportado por Uyanik (2001) quienes suplementaron ovejas con cromo inorgánico respectivamente, reportando disminuciones leves de los niveles de glucosa sérica.

En otra investigación, Uyanik *et al.*, (2002) suplementaron pollos broilers con clorhidrato de cromo en dosis de 2.2 y 4.5 mg, obteniendo disminuciones en los niveles de glucosa sérica. Finalmente, Van de Ligt *et al.*, (2002) reportan que la adición de CrPic en cerdos en crecimiento no produce efectos en los niveles de este parámetro sanguíneo.

Mooney *et al.*, (1997) determinaron como el CrPic afecta los niveles de glucosa en la sangre y como puede este ser importante para un mejor metabolismo, ellos dentro de los resultados que encontraron fueron una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el grupo tratado y el grupo que no fue suplementado con cromo y debido a este aumento el autor concluye que el aumento en la ganancia de peso se debió a que se encontró un aumento de glucosa en la sangre ($P < 0.001$).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

1. La adición de 600 ppb de CrPic favorecen en forma significativa el aumento de peso diario en ovinos post destete.
2. El CrPic no afecta los niveles sanguíneos de Triglicéridos, Colesterol y Glucosa.
3. El índice de conversión alimenticia fue mayor en los animales suplementados con 600 ppb,

Finalmente, es necesario continuar con las investigaciones en el uso de este suplemento ya que los resultados obtenidos en el presente estudio y en lo reportado por la literatura científica difieren entre las diferentes especies animales utilizadas.

11. BIBLIOGRAFÍA

Abraham A.S., Sonnenblick M., Eini M. 1982. *The effect of chromium on cholesterol induced atherosclerosis in rabbits.* Atherosclerosis, 42, 371-372.

Alvarado, A. G., Blanco, S. R., Mora, E. M. 2002. *El cromo como elemento esencial en los humanos.* Rev. Costaric. Ceinc. Méd. 23 1-2

Amoikon, E. K., Fernandez, J. M., Southern, L. L., Thompson, D. L., Ward, T. L., Olcott, B. M., 1995. *Effect of Chromium Tripicolinate on Growth, Glucose Tolerance, Insulin Sensitivity, Plasma Metabolites, and Growth Hormone in Pigs.* J. Anim. Sci. 73:1123-1130.

Amstutz, H. E. 2000. *El Manual Merck de Veterinaria.* Quinta edición en español. p. p. 2454-2455.

Anderson R. A. 1994. *Stress effects on chromium nutrition of humans and farm animals.* In: *Proceedings of Alltech's Annual Symposium, Biotechnology in the Feed Industry.* Nottingham University Press, U K, 267-274.

Anderson R. A. 1997a. *Chromium as an essential nutrient for humans.* Regulatory Toxicology and Pharmacology, 26, S34-S41.

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

Barnhart J. 1997. *Occurrences, uses, and properties of chromium.* Regulatory Toxicology Pharmacology. 26, S3-S7.

Boleman, S. L., Boleman, S. J., Bidner, T. D., Southern, L. L., Ward, J. E. Pontif, Pike, M. K. 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 Biochemistry of the essential Ultratrace Elements.* Plenum Press, New York. 175-199.

Borgs P., Mallard B.A., 1998. *Immune-endocrine interactions in agricultural species: Chromium and its effect on health and performance.* Domestic Animal Endocrinology. 15, 431-438.

Burton J. L., Mallard B. A., Mowart D. N. 1993. *Effects of supplemental chromium on immune responses of periparturient and early lactation dairy cows.* J. Anim. Sci. 71, 1532-1539.

Bunting L. D., Fernandez J. M., Thompson D. L., Southern L. L. 1994. *Influence of Chromium picolinate on glucose usage and metabolic Criteria in Growing Holstein Calves.* J. Anim. Sci. 72: 1591-1599.

Bunting L. D., L. D. Tarifa T. A. Crochet B. T. Fernandez J. M. Depew C. L. Lovejoy J. C. *Effects of dietary inclusión of Chromium Propionate and Calcium Propionate on glucosa disponsal and gastrointestian development in Dairy Calves.* J. Dairy Sci. 83:2491-2498.

Burton J. L., Nonnecke B. J., Elsasser T. H., Mallard B. A., Yang W. Z., Mowart D. N. 1995. *Immunomodulatory activity of blood serum from chromium-supplemented periparturient dairy cows.* Veterinary Immunology and Immunopathology. 49, 29-38.

Chen N.S.C., Tsai A., Duer I. A. 1973. *Effects of Chelating agents of chromium absorption in rats.* J. Nut. 103, 1183-1186.

Christensen J. M., Holst E., Bonde J. P., Knudesen L. 1993. *Determination of Chromium in blood and serum evaluation of quality control procedures and estimation of reference values in danish subjects.* Science of the Total Enviroment, 132, 11-25.

Church, D. C. 1974. *Fisiología digestiva y nutrición de los Rumiantes.* Vol. 2, Editorial Acriba.

Cohen M. D., Kargacin B., Klein C. B., Costa M. *Mechanisms of chromium carcinogenity and toxicity.* 1993. Critical Reviews in Toxicology. 23, 255-281

Davis C. M., Vicent J. B. 1997. *Insolation and characterization of a biologically active chromium oligopeptide from bovine liver.* Archives of Biochemistry and Biophysics. 339, 335-343.

Davis C. M., Sumarail K. H., Vincent J. B. *A biological active may active a membrane phosphotyrosine phosphatase.* Biochem. 1996. 35:12953-12969.

Doisy R. J., Streeten D. H. P., Freeberg J. M., Schneider A. J. 1976. *Chromium metabolism in man and biochemical effects. Essential and Toxic Elements.* Vol. 2. Academic Press, New York. 79-104.

Dubois F., Belleville F. 1991. *Chromium – physiological role and implications for human disease.* Pathologie-Biologie (Paris), 39. 801-808.

Ducros V., 1992. *Chromium metabolism.* Biological Trace Element Research., 32, 65-77.

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

Forbes C. D., Fernandez J. M., Bunting L. D., Southern L. L., Thompson Jr. D. L., Gentry L. R., Chapa A. M. 1998. *Growth and metabolic characteristics of Suffolk and Gulf Coast Native yearling ewes supplemented with Chromium Tripicolinate.* Small Ruminant Research. Vol 28 pages 149-160.

Furnival E.P., Corbert J.L., Inskip M. W. 1990. *Evaluation of contolled release divices for administration of chromium sesquioxide using fistulated grazing sheep. Variation in marker concentration in faeces.* Australian Jornal of Agrucultural Research. 41, 969-975.

Furnival E.P., Corbert J.L., Inskip M. W. 1990. *Evaluation of contolled release divices for administration of chromium sesquioxide using fistulated grazing sheep. Variation in rate of release for the divice.* Australian Jornal of Agrucultural Research. 41, 977-986.

Garcia M.R., Newcomb M. D., Trout W. E. 1997. *Effects of dietary chromium picolinate supplementation on glucose tolerance and ovarian and uterine function in gilts.* J. Anim. Sci. (Abstract)

Hegested Ph.D., Keenan M., Morris S. 1997. *Effects of various forms of dietary chromium on growth and body composition in the rat.* Nutrition Research. 17 283-294.

Hostettler-Allen, R. L., L. Tappy, and J. W. Blum. 1994. *Insulin resistance, hyperglycemia, and glucosuria in intensively milk-fed calves.* J. Anim. Sci. 72:160-173.

Hunt C. D., Stoecker B. J. 1996. *Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints and paradigms for boron, chromium and fluoride dietary recommendations.* Journal of Nutrition, 126, 2441S-2451S.

Jeebhoy 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 longterm total parenteral nutrition.* American Journal of Clinical Nutrition. 30, 531-538.

Jiménez, A. J., Orozco, J. R., Ruiz, I. J. 2004. *Uso de proteinato de Zinc en el Desarrollo de la Codorniz (Coturnix coturnix japónica).* Tesis de Licenciatura: 1-10.

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

Kerger BD, Paustenbach DJ, Corbett G. E., Finely BL. 1996. *Absorption and elimination of trivalent and hexavalent chromium in humans following ingestion of bolus dose in drinking water.* Toxicol Appl Pharmacol 141:145-58.

Kitchalong, L., Fernandez, J. M., Bunting, L. D., Southern, L. L., Bidner, T. D. 1995. *Influence of Chromium Tripicolinate on Glucose Metabolism and Nutrient Partitioning in Growing Lambs.* J. Anim. Sci. 73:2694-2705.

Kim D. S., Kim T. W., Kang J. S. 2004. *Chromium picolinate supplementation improves insulin sensitivity in diabetic rats.* Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.

Kornegay, E. T., Wang, Z., Wood, C. M., Lindemann, D. M. 1997. *Supplemental Chromium Picolinate Influences Nitrogen Balance, Dry Matter Digestibility, and Carcass Traits in Growing-Finishing Pigs.* J. Anim. Sci. 75:1319-1323.

Kumpulainen J., Lehto J., Koivistoinen P., Uusitupa M., 1983. *Determination of chromium in human milk, serum and urine by electrothermal atomic absorption spectrometry without preliminary ashing.* Science of the Total Environment, 31, 71-80.

Ligt C. P., Lindemann M. D., Cromwell G. L., 2002. *Assessment of chromium Tripicolinate supplementation and dietary energy level and source on growth, carcass and blood criteria in growing pigs.* J. Anim. Sci. 80: 483-493.

Lien T. F., Yang K. H., Link K. J, 2005. *Effects of chromium propionate supplementation on growth performance, serum traits and immune response in weaned pigs.* Asian-Australian Journal of Animal sciences. 18, 403-408.

Lindemann, M. D., Wood, C. M., Harper, A. F., Kornegray, E. T. 1993. *Chromium Picolinate Additions to Diets of Growing/Finishing Pigs.* J. Anim. Sci. 71 (Suppl. 1): 14 (Abstr.)

Lindemann, M. D., C. M. Wood, A. F. Harper, E. T. Kornegay, R. A. Anderson. 1995. *Dietary Chromium Picolinate Additions Improve Gain:Feed and Carcass Characteristics in Growing-Finishing Pigs and Increase Litter Size in Reproducing Sows.* J. Anim. Sci. 73: 457-465.

Lindemann M. D., Harper A. F., Kornegay E. T. 1995. *Further assessment of the effects of supplementation of chromium for chromium picolinate on fecundity in swine.* J. Anim. Sci. (abstr.)

Lindemann M. D., Carter S. D., Chiba L.I., Dove C. R., LeMieux F. M., Souther L. L. 2004. *A regional evaluation of Chromium Tripicolinate supplementation of diets fed to reproducing sows.* Journal of Animal Science, 82, 2972-2077.

Lien, T. F., C. P. Wu, B. J. Wang, M. S. Shiao, T. Y. Shiao, B. H. Lin, J. J. Lu, C. Y. Hu. 2001. *Effect of Supplemental Level of Chromium Picolinate on the Growth Performance, Serum Traits, Carcass Characteristics and Lipid Metabolism of Growing-Finishing Pigs.* British Society of Animal Science. 72: 289-296.

Los Municipios de Jalisco. *Colección: Enciclopedia de los Municipios de México. Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Jalisco.* 1988

Lyons T. P. 1994. *Biotechnology in the feed industry: 1994 and beyond*. J. Anim. Sci. 73:2694-2705

Matthews, J. O., A. D. Higbie, L. L. Southern, D. F. Coombs, T. D. Bidner, 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, 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.

McNamara J.P., Valdez F. 2005. *Adipose tissue metabolism and production responses to calcium propionate*. Journal of Dairy Science, 88, 498-507.

Mohamedshah F.Y., Moser-Veillon P. B., Yamin I. S., Douglass L. W., Anderson R.A., Veillon C. 1998. *Distribution of stable isotop of chromium in serum, urine, and breast milk in lactating woman*. American Journal of Clinical Nutrition, 67, 1250-1255.

Mosafa-Therani A., Ghorbani G., Zare-Shahneh A., Mirhadi S. A. 2005. *Non-carcass components and wholesale cuts of Iranian fat-tailed lamb fed chromium nicotinate or chromium chloride*. Small Ruminants Research. 63 12-19.

Mooney, K. W., Cromwell. 1997. *Efficacy of Chromium Picolinate and Chromium Chloride as Potential Carcass Modifiers in Swine*. J. Anim. Sci. 75.2661-2671

Moonsie-Shageer, S., and D. N. Mowat. 1993. *Effect of level of supplemental chromium on performance, serum constituents, and immune status of stressed feeder claves*. J. Anim. Sci. 71:232

Morand-Fehr, P., Boyazouglu, J. 1999. *Present State and Future Outlook of the Small Ruminant Sector*. Small Ruminant Research. 34 175-188.

Normas oficiales mexicanas en material de control de residuos tóxicos, NOM-004-ZOO-1994, Publicada el 25 de octubre de 1996.

Nutrient Requirements of Sheep, Sixth Revised Edition, 1985, National Academy Press, Washington D C.

Page, T.G., Southeren, L. L., Ward, T. L., Thompson, D. L. 1993. *Effect of Chromium Picolinate on Growth and Serum and Carcass Traits of Growing- Finishing Pigs*. J. Anim. Sci. 71: 656-662

Pechova A., Illek J., Sindelar M., Pavlata L. 2002. *Effects of chromium supplementation on growth rate and metabolism in fattening bulls*. Acta Veterinaria Brno. 71 535-541.

Pechova A., Podhorsky A., Lokajova E., Pavlatava., Illek J. 2002. *Metabolic effects of chromium supplementation in dairy cows in the peripartal period*. Acta Veterinaria Brno, 71 9-18.

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

Quintana J. A., (1999). *Avitecnicia Manejo de la saves domésticas más comunes*. Editorial Trillas. 15-19

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

Senasica, (2002). *Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera*. Manual de Buenas Practicas Pecuarias en el Sistema de Producción de Ganado Productor de Carne en Confinamiento.

Soto, L. C., Delgado, M., Cuellar, A. 2006. *Situación de la ovinocultura en México*. www.ergomix.com.(12/octubre/2006)

Stoecker B. J. 1999. **Chromium.** In: **Shils M. E., Olson J. A., Shike M., Ross A. C.:** *Modern Nutrition in Health and Disease*. 9th. Ed Williams & Wilkins. 277-282.

Stiffler J. S., Polansky M. M., Anderson R. A. 1999. *Overproduction of insulin in the chromium-deficient rat*. Metablism, 48, 1063-1068.

Stell, R.G.D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach* (2nd. Ed.). MacGraw-Hill Book Co., New York.

Shelton J. S., Payne R. L., Johnston S. L., Bidner T. D., Southern L. L., Odgaard R. L., Page T. G. 2003. *Effect of chromium propionate of growth, carcass traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs.* J. Anim. Sci. 81: 2515-2524.

Shimada A. 2005. *Nutrición Animal.* Trillas. 107-124.

Veillon C., Patterson K.Y. 1999. *Analytical issues in nutritional chromium research.* Journal of Treace Elements in Experimental Medicine, 12, 99-109.

Vicent, B. J. 2000. *The Biochemistry of Chromium.* J. Nut. 715-718.

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

Yang W. Z., Mowat D. N., Subiyatno A., Liptrap R. M., 1996. *Effects of Chromium supplementation on early lactation performance of Holstein cows.* Canadian Journal of Animal Sciences, 76, 221- 230.

CITAS DE INTERNET:

www.correrayuda.com/nutricion/Informaci%F3n%20sobre%20el%20policotinato%20de%20cromo.htm (12/octubre/2006).