

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**“EFECTO DE NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN DE EXTRACTO DE LEVADURA EN
DIETAS DE NOVILLOS EN FINALIZACIÓN”.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

P R E S E N T A:

MVZ. JUAN DIEGO NAVARRETE REYES

Director de tesis

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez

Co-Director de Tesis

Dr. Jaime Salinas Chavira

Asesores

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez

Dr. Sergio Antonio Soto Navarro

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra

Mexicali, B.C.

Enero de 2014.

Efecto de nivel de suplementación de extracto de levadura en dietas de novillos en finalización. Tesis presentada por Juan Diego Navarrete Reyes, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez

Director de Tesis

Dr. Jaime Salinas Chavira

Co-Director de Tesis

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez

Asesor

Dr. Sergio Antonio Soto Navarro

Asesor

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra

Asesor

Mexicali, B.C.

Enero de 2014.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
HIPÓTESIS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Minerales de importancia biológica.....	5
Generalidades del cromo.....	6
Las levaduras como portadoras y fuente de elementos de importancia biológica.....	7
Riesgo toxicológico.....	8
Usos comunes.....	9
Absorción, distribución y funciones biológicas.....	9
Requerimientos nutricionales del Cr.....	12
Efecto de la suplementación de cromo sobre parámetros digestivos y productivos.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
CONCUSIONES.....	23
LITERATURA CITADA.....	24

LISTA DE TABLAS

	pag
Tabla 1. Dieta basal.	17
Tabla 2. Tratamientos y distribución de acuerdo al diseño experimental.	18
Tabla 3. Efecto de la suplementación de distintos niveles de levadura alta en cromo en características de la digestión.	20

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos.

Por todo su amor y confianza depositada en mí, por su apoyo moral que me han proporcionado y por nunca haber dejado de preocuparse y ver por mi bienestar para poder alcanzar mis metas.

Por eso y muchas cosas más, ¡que Dios los bendiga!.

A mi director de tesis

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez

Al Co-Director de tesis

Dr. Jaime Salinas Chavira

Por su confianza y apoyo para poder llevar a cabo la realización de la presente investigación, y un especial agradecimiento al Dr., Francisco Martín Montaña Gómez por su amistad, su apoyo incondicional y confianza depositada en mi durante la realización del presente trabajo de investigación.

A mis Asesores

Dra. Olga Manríquez Núñez

Dr. Sergio Antonio Soto Navarro

Dr. Víctor Manuel Gonzáles Vizcarra

Por el haber dedicado parte de su valioso tiempo en la revisión de mi investigación y a sus oportunos comentarios y correcciones, los cuales fueron fundamentales para el mejoramiento de esta investigación.

Al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, a la Unidad de Metabolismos del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias por permitirme formarme profesionalmente como Maestro en Ciencias Veterinarias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado al aceptarme como becario y así poder realizar los estudios de Maestría en Ciencias Veterinarias en tiempo y forma.

A la Fundación Produce Baja California por el gran apoyo y cooperación brindada para la realización del presente proyecto de investigación.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sr. Alejandro Navarrete Martínez

Sra. Eugenia Reyes López

Les dedico el presente trabajo de investigación de todo corazón por el apoyo incondicional y moral que a lo largo de mi vida me han brindado, por la educación, amor, cariño y confianza que han depositado en mí durante mi formación académica, ya que sin su apoyo no podría lograr esta meta.

Por esto y muchas razones más, los amo por siempre.....GRACIAS.

A MIS HEMANOS:

Pedro †, Santos †, Griselda, María Guadalupe, Juan Erick, Avelina.

Por su gran amor, consejos y apoyo incondicional que me han brindado durante mi vida, y han sido toda mi dedicación para poder lograr esta triunfo.

Que Dios los bendiga.

RESUMEN

Se utilizaron cuatro novillos raza Holstein (292 kg PVV) habilitados con cánulas tipo “T” en rumen y en duodeno (6 cm del esfínter pilórico), habilitados con comedero individual y bebedero automático compartido. En un diseño de Cuadrado Latino 4 x 4 con el fin de evaluar el efecto del nivel de suplementación de Cr en dietas de finalización para novillos sobre las características de digestión y función ruminal. La dieta basal fue formulada en base a maíz amarillo hojueado. Se añadió 0.40% de óxido crómico como marcador inerte para cálculo del flujo a duodeno y de excreción fecal de materia seca. Los animales fueron alimentados dos veces al día en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 h. El consumo (BMS) se ajustó al 2.2% del peso vivo. El experimento consistió en cuatro períodos experimentales de 14 días (10 para adaptación a la dieta y 4 para colección de muestras).

Los tratamientos consistieron en el nivel de suplementación de levadura de cromo **Celmanax®**), siendo asignados de la siguiente manera: Tmt 1: 0.0gr; Tmt 2: 0.5gr; Tmt 3: 1.0gr y Tmt 4: 1.5gr/d/animal. los tratamientos no lograron afectar estadísticamente ($P > 0.05$) la digestión ruminal de MO ($P = .89$), FDN ($P = .23$), almidón ($P = .68$), N de la dieta ($P = .49$), ni la eficiencia microbial ($P = .31$). Resultados similares fueron observados al calcular la digestión en tracto total, ya que las respuestas no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$) para MS ($P = .17$), MO ($P = .14$), FDN ($P = .15$) almidón ($P = .45$) o N ($P = .21$). Los niveles de suplementación

de levadura utilizados en este experimento no fueron capaces de alterar significativamente la digestión ruminal ni la eficiencia en tracto total de la dieta.

Palabras clave: Bovinos, Metabolismo, Levadura, Digestión.

ABSTRACT

Were enabled four Holstein steers (292 kg VW) with cannulas type "T" in rumen and duodenum (6 cm of the pyloric sphincter), with individual feeder and drinker shared auto-enabled. In a design of Latin square 4 x 4 for the purpose of evaluating the effect of the level of Cr supplementation in diets of completion for steers on the characteristics of digestion and rumen function. The basal diet was formulated on the basis of steam-flake yellow corn. It added 0.40% chromic oxide as inert marker for calculation of flow to duodenum and fecal excretion of dry matter. The animals were fed twice a day in two equal at 08:00 and 20:00 h. parts. Consumption (BMS) was adjusted to 2.2% of the live weight. The experiment consisted of four experimental periods of 14 days (10 for adaptation to diet and 4 for collection of samples). Treatments were according with Celmanax® chromium yeast supplementation level), to be allocated in the following manner: TMT 1: 0.0gr; 2 TMT: 0.5gr; 3 TMT: Tmt and 1.0gr 4: 1.5gr/d/animal. The treatments did not affect statistically ($P > 0.05$) OM ruminal digestion ($P = .89$), NDF ($P = .23$), starch ($P = .68$), N of the diet ($P = .49$), or microbial efficiency ($P = .31$). Similar results were observed when calculating the total tract digestion, since the responses were not statistically significant ($P > 0.05$) for DM ($P = .17$), OM ($P = .14$), NDF ($P = .15$) starch ($P = .45$) or N ($P = .21$). Levels of supplementation of yeast used in this experiment were not able to significantly alter the digestion, ruminal and total tract of dietary efficiency.

Key words: Cattle, Metabolism, Yeast, Digestion.

INTRODUCCIÓN

Cada día es más importante optimizar los recursos alimentarios destinados a los animales domésticos, ya que originan el mayor porcentaje de los costos directos en las empresas pecuarias. Una manera de mejorar considerablemente el uso de los alimentos, es conocer y aplicar adecuadamente las propiedades nutritivas que se ofrecen en las dietas de los animales (SAGARPA, 2010).

La modernización de los procesos productivos en la ganadería, ha llevado a la intensificación de los esquemas de producción, lo que implica mejores dietas para el ganado, dietas balanceadas sustentadas en granos forrajeros y oleaginosos, así como de la utilización de promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo.

De igual manera se emplean vitaminas para que el organismo pueda realizar reacciones metabólicas específicas que no pueden realizar las células del organismo a partir de metabolitos simples, y elementos minerales para desempeñar funciones esenciales como disolventes en los líquidos o como constituyentes de los compuestos esenciales.

El cromo (Cr) es el último elemento orgánico reconocido como esencial para el animal y su importancia biológica radica en capacidad de mantener unos niveles normales de azúcar en sangre. La naturaleza exacta del FTG (factor de tolerancia a la glucosa) y el mecanismo mediante el cual potencializa la acción de la insulina en el organismo aún no se conoce totalmente, pero se sabe que ayuda a promover la absorción celular de la insulina al facilitar su transferencia a través de las membranas de las células.

Existen pocos estudios sobre la función digestiva de dietas para finalización de bovinos suplementadas con cromo, la poca información que se tiene se basa en resultados de investigaciones previas encontrándose

resultados controversiales, por lo cual es factible realizar un trabajo de investigación sobre el presente tema.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de nivel de suplementación de cromo sobre la función digestiva de dietas para bovinos en finalización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto de nivel de suplementación de cromo sobre la función ruminal.

Evaluar el efecto de nivel de suplementación de cromo sobre la función digestiva en tracto total.

HIPÓTESIS

La suplementación de cromo en dietas para novillos en finalización pudiera mejorar la función digestiva y la eficiencia de las dietas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Minerales de importancia biológica

Aunque existen más de 20 sustancias minerales a las que se les atribuyen funciones específicas, o coadyuvantes de otras en el organismo, lo cierto es que solo para siete de ellos se han establecido por la RDA (Recommended Daily Allowances) las necesidades diarias (Illera et al, 2000). De ellos hay siete macroelementos calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S), y ocho microelementos cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y zinc (Zn). Un elemento mineral es considerado esencial si su deficiencia en la dieta es capaz de producir daño funcional y/o estructural. La incorporación del nutriente puro en la dieta deficitaria, debe corregir inmediatamente los signos de deficiencia y restaurar la salud normal del animal (Ruiz y Ruiz, 1990).

Se ha encontrado que elementos trazas como el cromo (Cr), níquel (Ni), silicio (Si), estaño (Sn) y vanadio (V) son esenciales para una o más especies animales de laboratorio, con base en estudios de crecimiento de animales que consumieron dietas purificadas, bajo condiciones ambientales controladas. Sin embargo no se ha encontrado significancia práctica de ninguno de estos minerales en la alimentación de rumiantes. En general, la mayor parte de los elementos trazas funcionan como constituyentes o como activadores de enzimas, y son indispensables en cantidades mínimas para mantener diferentes funciones metabólicas en el organismo animal (Ruiz y Ruiz, 1990).

Sin embargo los minerales que podemos considerar como activos en nuestro organismo son el calcio, zinc, cobalto, cobre, cromo, flúor, fósforo, hierro, yodo, magnesio, manganeso, molibdeno, potasio, selenio y sodio (Illera et al., 2000).

Generalidades del cromo

Características químicas.- El nombre deriva de la palabra griega *chroma*, que significa “color”. Este elemento fue aislado por primera vez de su mineral crocita (plomo rojo siberiano), $Pb_6CrO_4 \cdot PbO$, por el químico francés Vanquelin (Daub y Seese, 1996). El azul intenso y profundo representa al cobalto, y el níquel adopta un verde marino; mientras que el cromo provoca cierta vacilación, es el camaleón de los elementos: de ahí su nombre (Ball, 2001).

El cromo, su símbolo Cr. Elemento de transición duro, de color plateado; n.a. 24; p.a. 52,00; d. 1,19; p.f. $1.87^{\circ}C$; p.e. $2.672^{\circ}C$. su principal mineral es la cromita ($FeCr_2O_4$). El metal presenta una estructura cúbica centrada en el cuerpo. Se extrae al calentar cromita con cromato sódico y realizar un proceso electrolítico (Diccionario, 2000).

El cromo (Cr) es un elemento de transición con distintos estados de oxidación Cr^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} siendo la trivalente la forma más estable. Se encuentra en la corteza terrestre en pequeñas cantidades en las rocas y el suelo (Melo y Tapia, 2007).

Fuentes de cromo

El Cr está presente en los alimentos en las dos formas posibles: complejos orgánicos e inorgánicos. El estado trivalente del cromo (Cr^{3+}) es el que se encuentra en los compuestos biológicos y es el responsable de su actividad nutricional (Anderson, 2000).

El cromo (III) ocurre naturalmente en el ambiente y es un elemento nutritivo esencial. Castro, (2002), menciona las siguientes fuentes que suministran minerales a los animales:

Agua: el agua bebida por los animales contiene algunos minerales, pero en cantidades muy pequeñas. Por eso no se debe de contar con el agua para suplir los niveles de minerales requeridos por el animal.

Suelo: tiene también algunos minerales, sin embargo, no es conveniente que el ganado coma del suelo, porque es posible que contenga sustancias o microorganismos que puedan causar enfermedad.

Forraje: el pasto contiene casi todos los minerales esenciales para el ganado, pero en países tropicales los pastos cuentan con bajos niveles. Por eso es un error pensar que el pasto es suficiente para llenar los requerimientos de minerales del ganado.

El Cr dietético se encuentra en pequeñas cantidades en la levadura de cerveza, granos integrales de cereales, arroz integral, brocoli, productos cárnicos, quesos, productos lácteos, huevos, setas comestibles, maní, y patatas. Se encuentra también en ciertas hierbas como el tomillo, cinamón, regaliz y en la pimienta. Debido a que el Cr aparece en los alimentos solamente en concentraciones de trazas, y por el hecho de que solo 1-2 % del Cr dietético es absorbido, se recomienda la suplementación con Cr (Otero et al, 2008).

Las levaduras como portadoras y fuente de elementos de importancia biológica

Las bacterias y las levaduras poseen la habilidad de enlazar los metales (Beveridge, 1986; Brady y Duncan, 1994). La propiedad de enlazar metales por los microorganismos ha derivado en una tercera aplicación importante para la salud humana, el enriquecimiento de la biomasa de levadura con cationes metabólicamente esenciales o importantes para el metabolismo celular como el Cr y Se, entre otros (Anderson, 1997).

Las levaduras y otros microorganismos acumulan cantidades variables de los minerales presentes en su medio de crecimiento. Entre 7.5 y 8.1% de cenizas se pueden encontrar en la biomasa de levadura cultivada para propósitos reposteros y la que se recupera de la producción de cerveza, la levadura procedente de la destilación alcohólica no difiere mucho de esta composición en tanto no sea manipulada en condiciones de temperatura extrema. La mayor parte de estas cenizas es fosfato de potasio, pero las levaduras poseen la habilidad de acumular otros iones disponibles (pero no necesarios para su funcionamiento metabólico) en elevadas concentraciones. Por lo tanto, el contenido mineral de las células recuperadas de un medio particular de propagación puede ajustarse de manera que sean significativas desde el punto de vista nutricional o como suplementos para la salud de animales y seres humanos (Otero et al. 2008).

Se ha observado que las paredes celulares de las levaduras son capaces de enlazar cantidades importantes de Ca^{2+} y también de un amplio rango de iones de metales pesados (Rothstein y Hayes, 1956).

Riesgo toxicológico

Un posible exceso de cromo se relaciona con el estado de oxidación del elemento. El cromo trivalente, forma predominante en los alimentos es poco toxico por vía oral y su absorción escasa; el cromo hexavalente es un carcinógeno pulmonar en humanos (Melo y Tapia, 2007).

En un estudio de carcinogenia a largo plazo en ratas a las que se suministró cromo (III) por vía oral no se observó ningún aumento de la incidencia de tumores. En ratas, el cromo (VI) es cancerígeno por inhalación, pero los escasos datos disponibles no son indicativos de capacidad cancerígena por vía oral. En estudios epidemiológicos se ha determinado una asociación entre la exposición por inhalación al cromo (VI) y el cáncer de

pulmón. El CIIC ha clasificado el cromo (VI) en el Grupo 1 (cancerígeno para el ser humano) y el cromo (III) en el Grupo 3. Los compuestos de cromo (VI) muestran actividad en una amplia diversidad de pruebas de genotoxicidad *in vitro* e *in vivo*, pero los compuestos de cromo (III) no muestran dicha actividad (OMS, 2003).

Usos comunes

Los usos más importantes tienen lugar en la preparación de las aleaciones de acero. La adición de cromo al acero con hierro vuelve el acero mucho más resistente a la corrosión y a la abrasión. Los aceros con cromo –níquel se conocen como acero inoxidable. Las aleaciones de níquel-cromo se utilizan como elementos de calentamiento en resistencias (Daub y Seese, 1996).

Como muchos otros elementos de transición, el cromo se emplea frecuentemente en la preparación de catalizadores. Probablemente es su capacidad de pasar por diversos estados de oxidación la responsable de su eficacia como catalizador en diversas reacciones (Parry, 1973).

Absorción, distribución y funciones biológicas

El organismo absorbe solo cantidades pequeñas del cromo de la dieta, y muchos otros factores reducen su absorción (Roberts et al, 2003), la ruta principal por la que el Cr penetra en el cuerpo es el tracto digestivo. (Anderson, 2000) y una dieta en la que destaquen los alimentos muy procesados y el azúcar agota las reservas de cromo; una dieta rica en grasas reduce la absorción del cromo (Roberts et al, 2003).

Una forma del mineral (picolinato de cromo) se proporciona como una ayuda para perder peso y formar músculo. Sin embargo los resultados de las investigaciones llevadas a cabo para documentar estos beneficios han sido

diversos (Roberts et al, 2003). El picolinato es una sustancia natural que hace que el cromo pueda ser fácilmente asimilable por el organismo, por ello es la forma más efectiva y asimilable del cromo, estos efectos del picolinato de cromo sobre el metabolismo de la insulina y de la grasa corporal son muy semejantes (Illera et al, 2000).

Debido a las bajas concentraciones de este mineral en tejidos biológicos es difícil evaluar su biodisponibilidad, sin embargo la solubilidad de sus sales varia y su absorción es sensible a las reacciones fisicoquímicas que se llevan a cabo en el tracto gastrointestinal. Las diferencias en solubilidad definen su solubilidad y aprovechamiento de este mineral: el cromo trivalente puede formar complejos con muchos ligandos diferentes que pueden aumentar o disminuir su absorción y retención en los tejidos (Melo y Tapia, 2007).

La característica esencial del cromo ha sido establecida en los últimos años, aunque sus funciones biológicas no están del todo establecidas. El cromo es necesario para un correcto metabolismo de los carbohidratos, proteínas y de los lípidos, al parecer mediante la potenciación de la actividad de la hormona insulina (IML, 2012). Así mismo, el cromo (Cr) y selenio (Se) son considerados como modificadores del metabolismo, que permiten mejorar la calidad de la canal cuando son suplementados en formas orgánicas por medio de levadura (Domínguez et al., 2009).

El cromo es un oligomineral necesario para el metabolismo normal de los azúcares y las grasas. Mejora la eficiencia de la insulina, una hormona que orquesta el traslado de los azúcares y las grasas hacia el interior de las células corporales para ser utilizados o almacenados como energía. Cuando los niveles de cromo son bajos la insulina no puede actuar bien. Esto puede dar origen a las condiciones necesarias para la aparición de la diabetes mellitus, la obesidad y las enfermedades cardíacas. El incremento en la ingestión diaria de este elemento esencial para ayudar a controlar la diabetes puede ayudar a perder peso y a reducir los niveles de colesterol (Challem y Brown, 2007).

La biodisponibilidad de las fuentes de Cr se ha determinado sobre la base de su capacidad para alterar el metabolismo de la glucosa (Anderson et al 1978;. Vinson y Hsiao, 1985). La forma activa forma parte de un complejo denominado factor de tolerancia a la glucosa (FTG), que contiene cromo, glutatión y vitamina B3, y su absorción parece estar influida por las presencia de oxalatos y aminoácidos (que potencian su disponibilidad) y de los fitatos que reducen su disponibilidad (IML, 2012). El cromo está muy distribuido en los tejidos corporales, las mayores concentraciones se encuentran en el hígado, los riñones, el bazo y los huesos (Roberts et al, 2003), El Cr absorbido circula como Cr^{3+} libre, ligado a las transferrinas u otras proteínas del plasma, o como complejos como el factor de tolerancia a la glucosa (GTF)-Cr. El Cr trivalente que circula sin enlazar, puede ser tomado por los tejidos, y su distribución por el organismo depende de la especie, edad y forma química (Anderson, 2000). Este compuesto incrementa la tolerancia a la glucosa. La absorción de este mineral se efectúa en el intestino por un proceso de difusión pasiva no mediada y su aprovechamiento puede mejorar con la ingesta simultanea de ácido ascórbico. Su principal medio de transporte es la transferrina. El cromo es captado de manera rápida por el hueso y se puede almacenar en el bazo, hígado y riñón. La mayor parte se excreta a través de las heces y una pequeña parte a través de la orina (Melo y Tapia, 2007).

El cromo es un elemento de bajo peso molecular que potencia la acción de la insulina (Lukaski, 1999) para metabolizar las proteínas, los ácidos grasos y los carbohidratos, y promueve el metabolismo de los nutrientes dentro de las células. Otras funciones son la activación de diversas enzimas, en este papel, el cromo ayuda a metabolizar la energía; también activa la tripsina, una enzima digestiva (Roberts et al, 2003).

Requerimientos nutricionales de cromo

En los últimos años se ha utilizado Cr orgánico a partir de metionina de cromo en las dietas para bovinos en finalización en corral de engorda, a niveles de 400 ppb, para medir sus efectos en el desempeño productivo y características de la canal en bovinos en engorda intensiva en corral (Barajas et al., 2008a, 2008b). Los requerimientos de Cr no han sido definidos, pero se sabe que 100 ppm en forma de cloruro son tóxicos (NRC, 2001) y que las formas orgánicas se absorben 20 a 30 veces más que las inorgánicas (Hernández, 2007).

Efecto de la suplementación de Cromo sobre parámetros digestivos y productivos

Debido a que el cromo de los alimentos y de los suplementos de cloruro de cromo se absorbe poco en el aparato digestivo, se desarrolló el compuesto picolinato de cromo. Este es derivado de aminoácidos, potencializa la captación de cromo por parte del intestino (Silverthorn et al., 2009). El Cr absorbido circula como Cr^{3+} libre, ligado a las transferrinas u otras proteínas del plasma, o como complejos como el factor de tolerancia a la glucosa (GTF)-Cr. El Cr trivalente que circula sin enlazar, puede ser tomado por los tejidos, y su distribución por el organismo depende de la especie, edad y forma química (Anderson, 2000).

Kitchalong, et al (1995), no observaron diferencias entre tratamientos dietéticos en CMS, GDP, o equilibrio de N, al administrar 250 ppm de tripicolinato de cromo (CrPic). Sin embargo, observaron que animales capones alimentados tenía 18 % menos grasa en la décima costilla ($P = 0.082$) y un menor grado de rendimiento ($P = 0.014$). De igual manera Acosta et al. (2011), no encontraron respuesta favorables en las variables productivas al suplementar premezclas con Se y Cr quelatados a concentraciones de 0,3 mg/kg y 0,4 mg/kg en borregos en finalización. Debido a que no se han precisado los requerimientos de cromo y que la respuesta a su suplementación es poco consistente, estos autores no recomiendan su incorporación en dietas

de finalización en corral. Mientras que Gentry *et al* 1999, no encontraron diferencia significativa suplementando 400 ppm de tripicolinato de cromo, en corderos Suffolk, encontrando en sus resultados diferencias mínimas e inconsistentes sobre la producción y criterios metabólicos.

La adición de cromo (Cr) a las dietas para cerdo ha probado ser benéfica, pero las respuestas han sido inconsistentes (Page *et al.*, 1990; Page *et al.*, 1993). La respuesta a la adición de cromo en las dietas, a partir de las distintas fuentes mencionadas, ha variado. Lindemann *et al.* (1995) observaron una disminución en el espesor de grasa dorsal y un aumento en el área del músculo *longissimus*, utilizando como fuente picolinato de cromo, lo que no fue observado por Boleman *et al.* (1995) y Mooney y Cromwell (1995) en estudios similares.

Algunas investigaciones informan que la eficacia de la suplementación Cr – YC (orgánicos) mejora la ganancia de peso, pero depende, en parte, del nivel de administración (Domínguez *et al.*, 2009) y por el tipo de Cr - TA utilizado (solo o en combinación con minerales) Kellems *et al.* (1990).

La suplementación con Cr - TA es beneficiosa para los rumiantes alimentados con dietas altas en energía, mejorando el rendimiento del crecimiento, el balance de nitrógeno, y la digestión de nutrientes (Dawson *et al.* 1990, Cole *et al.* 1992 y Krehbiel *et al.* 2003). Sin embargo, otros estudios informaron no hay beneficios de la dieta la suplementación de Cr- TA. De acuerdo con este último, Zinn *et al.*, (1999) reportaron que el consumo de 28 g / hd d-1 de la suplantación de levadura alta en cromo suplementario no influyó en la ADG y eficiencia alimenticia durante los primeros 56 días después de su llegada al cebadero.

Chang y Mowat (1992) mostraron un marcado incremento en la ganancia diaria de peso y la eficiencia de terneros alimentados con levadura de alto

cromo suplementario durante los primeros 28 días de su llegada al cebadero. De la misma manera, Barajas et al. (2008) reportaron aumentos en la GMD y el Bajo KPH para novillos durante 215 días con una dieta de finalización a base de maíz enriquecido con cromo -metionina (0,34 mg kg⁻¹ de alimentar).

Domínguez et al. (2009) observaron aumentos lineales en el PV final, se observaron ADG, eficiencia alimenticia y la reducción lineal de la canal en corderos alimentados con grasa de terminar suplemento de la dieta con selenio de levadura (0 ó 0,30 mg Se- levadura) y cromo – levadura. (0, 0,25 o 0,35 mg Cr - levadura); resultados similares fueron reportados por Valdés et al. (2011) en novillas en finalización suplementadas con levadura enriquecida con cromo. En contraste, Swanson et al. (2000) reportaron ningún efecto sobre la GDP y el aumento de la eficiencia en novillos alimentados con una dieta a base de ensilaje de maíz suplementado con 0, 10, 0.20 o 0.40 mg/kg de MS de cromo a partir de levadura de cromo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Metabolismo Digestivo del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, localizada a un kilómetro del fraccionamiento Campestre en la ciudad de Mexicali, Baja California. El clima se considera como cálido muy seco, con una temperatura media anual de 22°C, con oscilaciones de la media mensual mayores a 14° C, con lluvias en invierno (SARH, 2007).

Materiales

Se utilizaron cuatro novillos raza Holstein (292 kg PVV) habilitados con cánulas tipo “T” en rumen y en duodeno (6 cm del esfínter pilórico), estuvieron con comedero individual y bebedero automático compartido. En un diseño de Cuadrado Latino 4 x 4 con el fin de evaluar el efecto del nivel de suplementación de Cr en dietas de finalización para novillos sobre las características de digestión y función ruminal. Dieta basal (DB) formulada en base materia seca (BMS) en base a maíz amarillo hojueleado. Se añadió 0.40% de óxido crómico como marcador inerte para cálculo del flujo a duodeno y de excreción fecal de materia seca (MS).

Métodos

Los animales fueron alimentados dos veces al día en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 h. El consumo (BMS) se ajustó al 2.2% del peso vivo, ofreciéndose durante la prueba alimento fresco.

El experimento consistió en cuatro períodos experimentales de 14 días (10 para adaptación a la dieta y 4 para colección de muestras). Durante el periodo de colección de muestras, las muestras duodenales (700 ml/d) y fecales (200 g base fresca) se tomaron a cada novillo dos veces al día en los siguientes

horarios: día 1, 10:30 y 16:30 h; día 2, 09:00 y 15:00 h; día 3, 07:30 y 13:30 h y día 4, 06:00 y 12:00 h. Las muestras de cada novillo, en cada periodo de colección, se mezclaron con el propósito de formar una muestra compuesta misma que se congeló a -20°C para análisis posteriores. A las 4 h posconsumo (12:00 h), en el último día de cada periodo, se determinó el pH (Orion 261S, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA) del contenido ruminal de una muestra obtenida ($\pm 500\text{ mL}$) de cada novillo mediante el uso de una bomba de vacío (Cole Parmer Instrument, Vernon Hill, IL). El último día, del último periodo experimental, se obtuvieron muestras del fluido ruminal de todos los novillos, se mezclaron y del resultante se tomó una alícuota para aislamiento de bacterias ruminales por centrifugación diferencial (Bergen et al., 1968).

Las muestras generadas se sujetaron a todos, o parte de los siguientes análisis: Materia seca (MS; estufa desecando a 105°C , hasta peso constante), cenizas, N kjeldhal y nitrógeno amoniacal de acuerdo con lo estipulado por la AOAC (1990), energía bruta (EB) (utilizando una bomba calorimétrica adiabática modelo 1271; Parr Instrument Co., Moline, IL), purinas (Zinn y Owens, 1986), óxido crómico (Hill y Anderson, 1958), almidón (Zinn, 1990) y fibra detergente neutra (FDN) (Goering y Van Soest, 1970); corregida para cenizas insolubles). La cantidad de materia orgánica microbiana (MOM), así como el nitrógeno microbiano (NM) que fluye a duodeno se calcularon con base en los análisis de las bacterias aisladas en el fluido ruminal así como en las muestras obtenidas de duodeno, usando purinas como marcadores microbianos (Zinn y Owens, 1986). La materia orgánica fermentada (MOF) en rumen se calculó de acuerdo a la cantidad de MO consumida y las proporciones de MO microbiano y MO total determinadas en duodeno (Zinn et al., 1996). El N consumido que escapa de la digestión ruminal (proteína de escape) se consideró como el equivalente al total de N que ingresa al duodeno menos la suma de las cantidades de N amoniacal y N microbiano que fluyen al duodeno.

Tabla 1. Dieta basal.

Ingrediente	Representación %
DDG's	19.5
Maíz hojueleado a vapor	58.1
Suplemento *	2.9
Grasa amarilla	2.0
Melaza de caña	5.9
Sudan, heno	11.6
Total	100

Suplemento *: Piedra caliza 49.39%; Oxido crómico 8.69 %; TM Sal 12.17%; Oxido de magnesio 3.13%; Urea 26.08% y Rumensin® 90 0.52%.

Diseño experimental

Los datos se analizaron en un diseño de cuadrado Latino 4 x 4 de acuerdo al siguiente modelo: $Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_j + P_k + \zeta_{lk} + E_{ijkl}$ en el cual, μ es la media general, B_i es el tratamiento, A_j es el periodo, P_k repetición, ζ_{lk} el efecto del animal en la repetición y E_{ijkl} es el error residual. Se consideró diferencia significativa cuando $P \leq 0.05$ (Hicks, 1973).

Tabla 2. Tratamientos y distribución de acuerdo al diseño experimental

	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4
Periodo 1	Tmt 1	Tmt 2	Tmt 3	Tmt 4
Periodo 2	Tmt 2	Tmt 3	Tmt 4	Tmt 1
Periodo 3	Tmt 3	Tmt 4	Tmt 1	Tmt 2
Periodo 4	Tmt 4	Tmt 1	Tmt 2	Tmt 3

Donde Tmt = tratamiento (levadura de cromo **Celmanax®**), siendo asignados de la siguiente manera: Tmt 1: 0.0gr; Tmt 2: 0.5gr; Tmt 3: 1.0gr y Tmt 4: 1.5gr/d/animal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta es mostrado en la tabla 3. No se observó efecto de los tratamientos ($P > 0.05$) sobre el flujo a duodeno de MO ($P = .76$), FDN ($P = .23$), almidón ($P = .68$), N microbial ($P = .33$) ni N de la dieta ($P = .49$).

De la misma manera, los tratamientos no lograron afectar estadísticamente ($P > 0.05$) la digestión ruminal de MO ($P = .89$), FDN ($P = .23$), almidón ($P = .68$), N de la dieta ($P = .49$), ni la eficiencia microbial ($P = .31$). Resultados similares fueron observados al calcular la digestión en tracto total, ya que las respuestas no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$) para MS ($P = .17$), MO ($P = .14$), FDN ($P = .15$) almidón ($P = .45$) o N ($P = .21$).

En cuanto a efectos lineales o cuadráticos en respuesta a los tratamientos, tampoco se observaron efectos estadísticamente significativos ($P > 0.05$). Solo en el caso del porcentaje de digestión ruminal de FDN se observó una tendencia lineal ($P < 0.10$) en respuesta al incremento de Cr en la dieta, obteniéndose valores de 41.00, 41.48, 46.13 y 45.87, respectivamente.

Tabla 3. Efecto de la suplementación de distintos niveles de levadura alta en cromo en características de la digestión.

ITEM	Levadura de cromo g/d				Valor – P		
	0	0.5	1.0	1.5	Trat	Lineal	Cuad
Repeticiones consumo, g/d ¹	4	4	4	4			
MS	6014.52	6015.52	6016.52	6017.52	-	-	-
MO	5637.20	5638.14	5639.08	5640.01	-	-	-
NDF	1227.11	1227.31	1227.52	1227.72	-	-	-
Almidón	2937.36	2937.85	2938.34	2938.83	-	-	-
N	135.78	135.80	135.82	135.84	-	-	-
Flujo a duodeno, g/d							
MO	2873.96	2893.74	2981.34	2901.06	.76	.63	.53
NDF	723.97	718.23	661.25	664.57	.23	.08	.86
Almidón	343.08	323.07	387.25	375.66	.68	.41	.92
N	146.84	144.63	156.67	143.83	.32	.89	.32
N microbial	89.16	84.75	91.90	86.85	.33	.99	.90
N amoniacal	6.47	5.61	6.09	6.07	.48	.67	.29
N de la dieta	51.20	54.26	58.68	50.91	.49	.84	.20
Digestión ruminal, %							
MO	64.83	63.71	63.43	63.96	.89	.65	.56
NDF	41.00	41.48	46.13	45.87	.23	.07	.86
Almidón	88.32	89.00	86.82	87.22	.68	.41	.92
N de la dieta	62.29	60.04	56.79	62.52	.49	.84	.20
NM eficiencia ²	24.43	23.65	25.81	24.14	.31	.71	.58
N eficiencia ³	1.03	1.02	1.11	1.01	.33	.88	.29
Excreción fecal, g/d							
MS	1284.53	1204.56	1307.86	1199.75	.17	.38	.71
MO	1117.41	1043.14	1143.06	1033.03	.14	.34	.61
NDF	629.97	614.74	653.70	549.32	.15	.16	.16
Almidón	20.23	16.85	23.08	16.24	.37	.66	.56
N	33.16	30.68	34.21	31.91	.21	.97	.93
Digestión total del tracto%							
MS	78.64	79.98	78.26	80.06	.17	.38	.71
MO	80.18	81.50	79.73	81.68	.14	.33	.61
NDF	48.66	49.91	46.75	55.26	.15	.16	.16
Almidón	99.31	99.43	99.21	99.45	.45	.68	.59
N	75.58	77.41	74.81	76.51	.21	.96	.93

¹ El consumo de la materia seca fue restringido al 2.2 % del peso vivo diariamente.

² Nitrógeno microbial, g/kg MO fermentada.

³ N no amoniacal que fluye al intestino delgado como una fracción del N consumido.

Las causas por las cuales los niveles de Cr suplementados no fueron capaces de afectar la digestibilidad de los componentes de la dieta no son claras. Aunque Roberts et al. (2003) sostienen que solo 1-2 % del Cr dietético es absorbido una dieta rica en grasas reduce la absorción del cromo, la dieta base utilizada en nuestra investigación solo contemplo un 2% de grasa.

Kitchalong et al. (1995), observaron que animales capones alimentados tenía 18 % menos grasa en la décima costilla ($P = 0.082$) y un menor grado de rendimiento ($P = 0.014$). Así mismo, Domínguez et al. (2009), observaron aumentos lineales en el PV final, GDP y eficiencia alimenticia, así como una reducción lineal del peso de la canal en corderos alimentados con grasa de suplemento de la dieta con selenio de levadura (0 o 0.30 mg Se-levadura) y cromo – levadura.(0, 0.25 o 0.35 mg Cr-levadura). Resultados similares fueron reportados por Valdés et al. (2011), en novillas en finalización suplementadas con levadura enriquecida con cromo. La suplementación con Cr - TA es beneficiosa para los rumiantes alimentados con dietas altas en energía, mejorando el rendimiento del crecimiento, el balance de nitrógeno, y la digestión de nutrientes (Dawson et al. 1990; Cole et al. 1992 y Krehbiel et al. 2003).

Mientras que Lindemann et al. (1995) observaron una disminución en el espesor de grasa dorsal y un aumento en el área del músculo *longissimus*, utilizando como fuente picolinato de cromo, este tipo de respuestas no fue observado por Boleman et al. (1995) y Mooney y Cromwell (1995) en estudios similares. En estudios realizados por Kitchalong, et al. (1995), no se observaron diferencias entre tratamientos dietéticos en CMS, GDP, o equilibrio de N, al administrar 250 ppm de tripicolinato de cromo (CrPic). De igual manera Acosta et al. (2011), no encontraron respuesta favorables en las variables productivas al suplementar premezclas con Se y Cr quelatados a concentraciones de 0.3 mg/kg y 0.4 mg/kg en borregos en finalización. Debido a que no se han precisado los requerimientos de cromo y que la respuesta a su suplementación es poco consistente, estos autores no recomiendan su incorporación en dietas de finalización en corral. En este mismo sentido, Gentry et al. (1999), no

encontraron diferencia significativa al suplementar 400 ppm de tripicolinato de cromo en corderos Suffolk, encontrando en sus resultados diferencias mínimas e inconsistentes sobre la producción y criterios metabólicos.

Swanson et al. (2000), tampoco reportaron efecto sobre la GDP y el aumento de la eficiencia en novillos alimentados con una dieta a base de ensilaje de maíz suplementado con 0, 10, 0.20 o 0.40 mg/kg de MS de cromo a partir de levadura de cromo. Otros estudios informaron que no hay beneficios de la dieta la suplementación de Cr- TA. De acuerdo con este último, Zinn et al., (1999) reportaron que el consumo de 28 g/d de levadura alta en cromo suplementario no influyó en la GDP y eficiencia alimenticia durante los primeros 56 días en corral.

CONCLUSIONES

Los niveles de suplementación de levadura de Cr utilizado en este experimento no fueron capaces de alterar significativamente la digestión ruminal ni la eficiencia en tracto total de la dieta.

LITERATURA CITADA

- Acosta R., L. C. Mendoza, M. G. D., Mota S. N., Osorio T. A. I., Lee R. H., Hernández G. P. A., 2011. Efecto del selenio y cromo orgánicos sobre el comportamiento de ovinos en finalización: Nota técnica. REVISTA CIENTÍFICA, vol. XXI, núm. 2, pp. 152-155.
- Anderson, R. A., 1997. Elevated intake of supplemental chromium improved glucose and insulin variables in individuals with type 2 diabetes. Diabetes 46:p.1786-1791.
- Anderson, R. A. 2000. Chromium in the prevention and control of diabetes. Diabetes and Metabolism. 26 (1): p. 22-27.
- Anderson R. A., Brantner, J. H. and Polansky, M. M., 1978. An improved assay for biologically active chromium in food samples and in animal tissues. J. Agric. Food Chem. 26:1219–1221.
- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 15th ed. Arlington, VA, USA.
- Ball P. 2001. La invención del color. Ed. Turner publicaciones, S. L. Madrid, España.
- Barajas R., Cervantes B. J., Velázquez E. A., Romo J. A. Juárez F. y Rojas P. J. 2008. Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls: I. Results during cool season in the northwest of Mexico. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science Vol. 59, 2008
- Barajas, R., Cervantes, B. J., Velázquez, E.A., Romo, J.A., Juárez, F., Rojas, P.J. & Peña, F.R. 2008. Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls: II. Results including trough hot and humidity season in the northwest of Mexico.

Proceeding of West Section of American Society of Animal Science, USA.
59:374.

Bergen W. G., Purser D. B., and J.H. Cline. 1968. Effect of ration on the nutritive quality of microbial protein. J. Anim. Sci. 27: 1497 - 1501.

Beveridge T. J., 1986. Biotechnol. Bioeng. Symp. 16, p. 127-139.

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

Brady, D.; Duncan, J. R., 1994. Enzyme Microbial Technol 16: p. 633-638.

Castro R. A., 2002. Ganadería de carne. Producción bovina. Tomo II. Ed., Gestión empresarial. Costa Rica. Pg. 87-88 y 259.

Challem J., y Brouwn. L., 2007. Guías practicas de salud, nutrifarmacia y medicina natural. Vitaminas y minerales esenciales para la salud. Los nutrientes fundamentales para potenciar tu energía y aumentar tu vitalidad. Ed., Nowtilus S. L. Madrid, España.

Chang X. & Mowat D. N. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. J. Anim. Sci. 70: 559

Cole N. A., Purdy, C. W. & Hutcheson, D. P. 1992. Influence of yeast culture on feeder calves and lambs. J. Anim. Sci. 70: 1682

Daub G. W., y Seese S. W., 1996. Química. 7ª edición. Ed. Pearson Educación. Traducido del inglés de la obra: Basic Chemistry. Impreso en México por Prentice Hall Hispanoamericana, S. A. Pg.275

Dawson K. A., Newman K. E. & Boling J. A. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. J. Anim. Sci. 68: 3392

Diccionario, 2000. Ciencias. Ed. Oxford-Complutense, S A. Madrid, España.

Domínguez V. I. A., González S. S. M., Pinos R. J. M., Bórquez J. L. G., Barcena G. R., Mendoza M. G., Zapata L., Landois L. L. P. 2009. Effects of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. **Anim. Feed Sci. Technol.** 52: 42–49.

Gentry L. R., Fernandez J. M., Ward T. L., White T. W., Southern L.L., Bidner T. D., Thompson D. L., Horohov† Jr., D. W., Chapa A. M., and Sahlu‡ T. 1999. Dietary Protein and Chromium Tripicolinate in Suffolk Wether Lambs: Effects on Production Characteristics, Metabolic and Hormonal Responses, and Immune Status. *J. Anim. Sci.* 1999. 77:1284–1294.

Goering H. K., and PJ Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). ARS, USDA Agr. Handbook No. 379.

Hernández, C. L. M., Guerrero, L. M. I., Pérez, CH. M. L., López A. R., Ramírez B. E. 2007. Interaction of dietary selenium and magnesium level on digestive function in lambs fed high concentrate diets. *J. Appl. Anim. Res.* 31:41-46.

Hicks C. R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.

Hill, F. N and Anderson, D. L. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587-603.

Illera M. M., Illera del Portal J. e Illera del Portal J. C., 2000. Vitaminas y minerales. Ed. Complutenses. Madrid, España. Pg. 7 y 178.

Instituto Medico Láser S. L., Infonutrición. Última actualización 26/04/2012. Recuperado el 27 de abril del 2012. www.infonutricion.com/nutrientes-minerales.html .

- Kitchalong L., Fernandez J. M., Bunting L. D., Southern L. L. and Bidner T. D. 1995. Influence of Chromium Tripicolinate on Glucose Metabolism and Nutrient Partitioning in Growing Lambs. J. Anim. Sci. 1995. 73:2694-2705
- Krehbiel C. R., Rust S. R., Zhang G. & Gilliland S. E. 2003. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. J. Anim. Sci. 81:E120
- Lindemann M.D., Cromwell G.L., Monegue H. H. and Purser K. W.,. 1995. Effect of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs^{1,2} ,J. Anim Sci. 86:2971-2978.
- Lukaski, H. C. 1999. Chromium as a supplement. Annu. Rev. Nutr. 19:279–302.
- Melo R. V. y Tapia O. C., 2007. Bioquímica de los procesos metabólicos. Ed. Reverté. 2ª edición. España. Pg. 359-369.
- Mooney K. W. and Cromwell G.L. 1995. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 73:3351-3357.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7 th Ed. National Academy Press. Washington, D.C. USA. Pp. 381.
- OMS. 2003. *Chromium in drinking-water*. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/4).
- Otero M. A., Saura G. y Martínez J. A., 2008. Enriquecimiento de biomasa de levadura con micronutrientes esenciales. ICIDCA. Sobre los derivados

de la cañade azúcar, vol. XLII, núm. 1-3. Pp. 60-68.
revista@icidca.edu.cu .

Parry R W., 1973. Química: fundamentos experimentales. Ed., Reverté S. A. Barcelona, España.

Page, T. G., Southern L. L., Ward T. L., and D. L. Thompson D. L., Jr. 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 71:656–662.

Page T. G., Ward T. L. and Southern L. L. 1990. Chromium supplementation of corn-soybean meal diets for finishing swine. J. Anim. Sci. 68(Suppl. 1):39 (Abstr.).

Roberts A. J., O'Brien M. E., y Subak-Sharpe G., 2003. Encyclopedia de la medicina ortomolecular. Nutriceuticos suplementos nutricionales, vitaminas, minerales, oligoelementos y alimentos curativos. Ed. Robinbook. 3ª edición. Barcelona, España. Pg. 209-210.

Rothstein, A., Hayes, A.D., 1956. Arch. Biochem. Biophys. 63:p. 87-99,

Ruiz E. M., y Ruiz A., 1990. Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación., 1ª edición. IICA-RISPAL. San José, Costa Rica.

SIAP.SAGARPA. (2010). La producción de carnes en México. Claridades Agropecuarias. Noviembre, No. 207.

Silverthom D. U., y Johnson B. R., 2009. Fisiología humana; un enfoque integrado. 4ª edición. Ed., Medica Panamericana. Buenos Aires. Pg., 21.

Swanson K. C., Harmon D. L., Jacques K. A., Larson B. T., Richards, C. J., Bohnert, D. W. & Paton S. J. 2000. Efficacy of chromium-yeast supplementation for growing beef steers. Anim. Feed Sci. Technol.86:95

- Valdés G. Y. S., Aguilera S. J. I., Barreras A., Estrada A. A., Gómez V. A., Plascencia A., Ríos F. J., Reyes J. J., Stuart J., Torrentera N. G. 2011. Comportamiento del crecimiento y características de la canal de novillas en lote seco alimentado con diferentes niveles de levadura viva enriquecida con cromo o con clorhidrato de zilpaterol. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 45, Numero 4. 2011.
- Vinson J. A. and Hsiao K. H. 1985. Comparative effect of various forms of chromium on serum glucose: An assay for biologically active chromium. *Nutr. Rep. Int.* 32:1–7
- Zinn, R. A. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767-775.
- Zinn R. A., Alvarez E.G., Rodriguez S. & Salinas J. 1999. Influence of yeast culture on health, performance and digestive function of feedlot steers. *Proc. West Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 50:335
- Zinn R. A. and Owens F. N. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66:157-166.
- Zinn R. A., Montaña M. and Y. Shen. 1996. Comparative feeding value of hullness vs covered barley for feedlot cattle. *J Anim Sci* 74:1187-1193.