



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

EVALUACIÓN DE DOS COMPUESTOS COMERCIALES CON CROMO+SELENIO QUELATADOS Y *Saccharomyces cerevisiae* EN DIETAS PARA OVINOS EN ENGORDA

Miriam Reséndiz Hernández

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

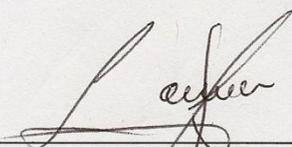
2012

La presente tesis titulada EVALUACIÓN DE DOS COMPUESTOS COMERCIALES CON CROMO+SELENIO QUELATADOS Y *Saccharomyces cerevisiae* EN DIETAS PARA OVINOS EN ENGORDA realizada por la alumna: Miriam Reséndiz Hernández bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

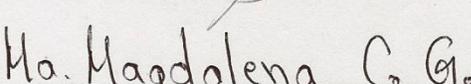
MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

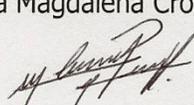
CONSEJERO


Dr. José Ricardo Bárcena Gama

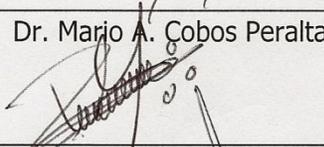
ASESOR


Dra. María Magdalena Crosby Galván

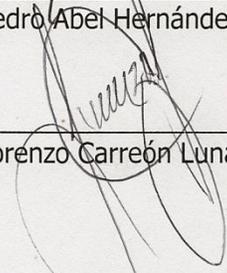
ASESOR


Dr. Mario A. Cobos Peralta

ASESOR


Dr. Pedro Abel Hernández García

ASESOR


Dr. Lorenzo Carreón Luna

Montecillo, Texcoco, Estado de México, mayo de 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Colegio de Postgraduados por haberme permitido realizar mis estudios de maestría.

A mis papás porque siempre han creído en mí y por su apoyo incondicional.

Al Dr. Ricardo Bárcena Gama, por su esmero, dedicación, paciencia y amistad para mi formación profesional y la elaboración de esta tesis.

A la Dra. Magdalena Crosby Galván, por su paciencia, dedicación, enseñanza, disposición y sencillez.

Al Dr. Mario A. Cobos Peralta, por facilitar el trabajo en el Laboratorio y apoyo en la revisión de tesis.

Al Dr. José G. Herrera Haro, por su apoyo y enseñanza.

A los Doctores Lorenzo Carreón Luna y Pedro Abel Hernández García, por sus valiosas sugerencias y tiempo dedicado en la elaboración de esta tesis.

A la empresa Biotecap, quien proporcionó material para la investigación.

A todos los compañeros y amigos que me ayudaron durante la investigación.

DEDICATORIAS

Con cariño y respeto, dedico esta tesis a las personas más importantes en mi vida:

A mis padres Martha y Adán, por su apoyo y amor incondicional.

A mis hermanos Mary, Arturo, Lalo y Adán, por la satisfacción de tenerlos.

A mis sobrinos... por la inmensa alegría que dan a mi vida...

A mis amigas (os) del alma...

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Función del cromo en el organismo.....	5
Requerimientos de cromo.....	6
Uso del cromo en la producción pecuaria.....	6
Función del selenio en el organismo.....	8
Requerimientos de selenio.....	9
Uso del selenio en la producción pecuaria.....	9
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	10
Metabolismo de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	10
Uso de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en rumiantes.....	11
HIPÓTESIS.....	14
OBJETIVO.....	15
Objetivos particulares.....	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
Localización.....	16
Tratamientos experimentales.....	16

Prueba de comportamiento.....	18
Diseño experimental y análisis estadístico.....	19
Prueba metabólica.....	20
Determinación de la digestibilidad <i>in situ</i> de la MS, FDN, FDA y PC.....	20
Determinación de pH, AGV, N-NH₃ en fluido ruminal.....	21
Diseño experimental y análisis estadístico.....	22
RESULTADOS.....	23
DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES.....	43
LITERATURA CITADA.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Página
1	Composición de las dietas empleadas en los diferentes tratamientos experimentales.....	17
2	Composición química de las dietas en los diferentes tratamientos experimentales.....	18
3	Variables productivas y digestibilidad total aparente de la MS y MO en corderos alimentados con dietas completas adicionadas con Cr+Se quelatados y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	24
4	Digestibilidad (%) <i>in situ</i> de la MS en las dietas experimentales.....	26
5	Digestibilidad (%) <i>in situ</i> de la FDN en las dietas experimentales.....	27
6	Digestibilidad (%) <i>in situ</i> de la FDA en las dietas experimentales.....	28
7	Digestibilidad (%) <i>in situ</i> de la PC en las dietas experimentales.....	29
8	pH y concentración (mM) de AGV, N-NH ₃ (g/dL) en el fluido ruminal de corderos alimentados con las dietas experimentales.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Digestibilidad total aparente de la MS y MO de las dietas experimentales.....	23
2	GDP de corderos alimentados con dietas completas adicionadas con Cr+Se quelatados y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>.....	25
3	Digestibilidad <i>in situ</i> de la MS de las dietas experimentales...	25
4	Digestibilidad <i>in situ</i> de la FDN de las dietas experimentales..	27
5	Digestibilidad <i>in situ</i> de la FDA de las dietas experimentales..	28
6	Digestibilidad <i>in situ</i> de la PC de las dietas experimentales...	30
7	Concentración de AGV, N-NH3 y pH del fluido ruminal de corderos alimentados con dietas completas adicionadas con Cr+Se quelatados y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>.....	30

EVALUACIÓN DE DOS COMPUESTOS COMERCIALES CON CROMO+SELENIO QUELATADOS Y *Saccharomyces cerevisiae* EN DIETAS PARA OVINOS EN ENGORDA

Miriam Reséndiz Hernández

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos fuentes orgánicas queladas comerciales, Cr-levadura y Se-levadura, y de *Saccharomyces cerevisiae* (SC), en la digestibilidad *in situ* de la MS, FDN, FDA y PC; pH, AGV y N-NH₃ en el rumen; consumo de MS, ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), peso y contenido de grasa de la canal de borregos. Los tratamientos fueron: 1) testigo (T; sin Cr, Se, ni SC); 2) T + Cr + Se; 3) T + SC; y 4) T + Cr + Se + SC, los cuales se asignaron al azar a 20 borregos criollos (29.88 ± 2.98 kg) en finalización para el experimento de variables productivas; y en un cuadro latino 4 x 4 con cuatro borregos machos (30 ± 2 kg) con cánula ruminal para evaluar degradación *in situ* y variables de fermentación ruminal. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM (SAS), y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). La degradación *in situ* fue mayor ($p \leq 0.05$) solamente para la MS (DISMS) en los tratamientos con Se + Cr y SC comparado con el testigo y Se + Cr + SC, así como para la FDA (DISFDA) en el tratamiento con Se + Cr respecto al testigo. No hubo diferencias ($p > 0.05$) en pH, AGV o N-NH₃ ruminal. La GDP fue menor ($p \leq 0.05$) en el testigo respecto a los demás tratamientos, mientras que el peso de la canal fue mayor ($p \leq 0.05$) en el tratamiento con Se + Cr comparado con el testigo, pero las demás variables productivas no cambiaron. Se concluye que la adición de Cr y Se quelados combinados tuvieron efectos benéficos en la ganancia de peso y peso de la canal en borregos en finalización, no así la adición de SC. No hubo efectos sinérgicos entre los aditivos y no se afectaron las variables de fermentación ruminal.

Palabras clave: Cromo, selenio, levadura, ovinos, digestibilidad, rumen.

EVALUATION OF TWO TRADE WITH CHROMIUM + SELENIUM CHELATED COMPOUNDS AND *Saccharomyces cerevisiae* IN SHEEP IN FEEDLOT DIETS

Miriam Reséndiz Hernández

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the effect of two commercial chelated organic sources, Cr-yeast and Se-yeast, and *Saccharomyces cerevisiae* (SC), on *in situ* degradation of DM, NDF, ADF and CP; pH, VFA and N-NH₃ in the rumen; DM intake, daily weight gain (ADG), feed conversion (FC), weight and fat content of the carcass of lambs. Treatments were: 1) control (T; without Cr, Se or SC); 2) T + Cr + Se; 3) T + SC; and 4) T + Cr + Se + SC, which were assigned randomly to 20 cross-breed finishing lambs (29.88 ± 2.98 kg) for the experiment of productive variables; and in a 4 x 4 Latin square design with four sheep males (30 ± 2 kg) fitted with ruminal cannula to assess *in situ* degradation and variables of ruminal fermentation. The data were analyzed using the GLM (SAS) procedure, and the treatments means were compared by the Tukey test ($p \leq 0.05$). *In situ* degradation was higher ($p \leq 0.05$) only for DM (DISDM) in the treatments with Se + Cr and SC compared with the control and Se + Cr + SC, as well as the ADF (DISADF) in the treatment with Se + Cr regard to the control. There were no differences ($p > 0.05$) in ruminal pH, VFA, or N-NH₃. The ADG was lower ($p \leq 0.05$) in the control respect to the other treatments, whereas the weight of the carcass was higher ($p \leq 0.05$) in Cr + Se treatment compared to the control, but the other variables did not change. It was concluded that the addition of Cr and Se chelated combined had beneficial effects on the weight gain and weight of the carcass of finishing lambs, but not the addition of SC. There was no synergy effects among the additives and did not affected the ruminal variables of fermentation.

Keywords: chromium, selenium, yeast, sheep, digestibility, rumen.

INTRODUCCIÓN

La nutrición de ovinos, como de cualquier especie animal, considera, en principio, que la dieta que consuman contenga todos los nutrimentos en forma balanceada para aportar las cantidades necesarias de proteína, energía, vitaminas, minerales y cubrir sus requerimientos de mantenimiento y producción.

Entre éstos nutrimentos, los minerales son de suma importancia, pues intervienen en varias funciones esenciales en el organismo ya que actúan en funciones estructurales, transferencia de energía, síntesis de proteínas, sistemas enzimáticos (metaloenzimas), en la regulación de la presión osmótica, la permeabilidad de las membranas celulares, en la transportación de oxígeno como componente de la vitamina B12, sistema inmune y en muchas otras más (McDowell *et al.*, 1993).

Se consideran 21 minerales esenciales y, que de acuerdo a las cantidades requeridas por el organismo se han clasificado en macrominerales y microminerales, marcando la importancia que tiene su estructura química en la respuesta de sus funciones en el organismo, lo que induce a estudiar estos elementos por separado, sobre todo de los microminerales, aún con la complejidad que reviste la interacción fisiológica entre ellos y considerando que pueden presentarse deficiencias o toxicidades debido a su consumo (Bach y Devant, 2004). La información científica de los distintos microminerales en la nutrición animal y su repercusión en la producción es menos abundante que con macrominerales, esto es debido a su complejidad de estudio ya que existen

numerosas interacciones entre ellos que alteran la eficiencia y utilización de los mismos

Normalmente la suplementación de microminerales a las raciones se realiza con fuentes orgánicas o inorgánicas (Bach y Devant, 2004); sin embargo, estudios recientes mencionan que las fuentes orgánicas son más biodisponibles para el animal que las inorgánicas y, por lo tanto, son absorbidos con mayor facilidad, pues son más solubles en todo el tracto digestivo y disminuyen el riesgo de interacciones negativas con otros minerales (Lindermann *et al.*, 1995).

El Cromo (Cr) y Selenio (Se) son dos microminerales esenciales para los rumiantes, los cuales son considerados como modificadores metabólicos (Dikeman, 2007), y a pesar de que los requerimientos de Cr no están bien definidos y, aunque para el Se dan algunas recomendaciones (NRC, 1985), no se consideran las concentraciones de estos minerales en las dietas basales, por lo que el potencial de las fuentes naturales, sintéticas o de fuentes orgánicas e inorgánicas requieren de mayor investigación. Por estas razones, es importante generar más información que permita el uso de los microminerales de forma más eficiente. El Cr interviene en el metabolismo energético como un componente activo en el factor de tolerancia a la glucosa que mejora la sensibilidad de los tejidos a la utilización de la insulina y de la glucosa, además, también interviene en el metabolismo de lípidos y ácidos nucleicos (Grijalva *et al.*, 2001). El Se tiene diversas funciones en el organismo animal, interviene en el crecimiento, reproducción e integridad de tejidos actuando como coenzima en alrededor de 15 selenoenzimas, destacando su actividad en la glutatión peroxidasa cuya función

está relacionada con la protección del daño oxidativo y en el establecimiento del estado redox (Kayanoki *et al.*, 1996). La mayoría de los estudios referentes a la suplementación con Cr o Se en la dieta de rumiantes, se refieren a los efectos que estos causan en el consumo de alimento, ganancia de peso, y disminución de grasa en la canal (Domínguez *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2011), principalmente, relacionando su efecto a las funciones fisiológicas descritas anteriormente, pero poco se hace referencia a su efecto en la degradabilidad y fermentación ruminal, pues se considera que estos minerales serán absorbidos a nivel de tracto posterior y que su efecto en el metabolismo del rumen puede ser mínimo

El uso de levaduras en la nutrición de rumiantes, principalmente el *Saccharomyces cerevisiae*, no es reciente, y se ha utilizado para alterar el metabolismo del rumen e incrementar la producción animal. La acción de las levaduras se centra en el rumen, mejorando la estabilidad del pH (Desmond, 2006), incrementando la digestibilidad de la fibra del alimento (Macedo *et al.*, 2009) y el consumo, así como la producción de ácidos grasos volátiles (Dolezal *et al.*, 2005), debido a cambios favorables en los microorganismos del rumen, y bajo el concepto de que los minerales en forma orgánica son más biodisponibles (Sharadamma *et al.*, 2011). En los últimos años se han elaborado, en forma comercial, compuestos minerales quelatados con levaduras, los cuales deben de ser evaluados en diferentes cantidades y condiciones para determinar su efecto en la degradabilidad del alimento en el rumen y en el comportamiento productivo del animal.

REVISIÓN DE LITERATURA

La producción mundial de ganado ovino ha tenido un importante desarrollo, siendo pocos los países con grandes contribuciones. China ocupa el primer lugar en producción ovina, sin embargo toda es absorbida por su mercado interno, debido a su densa población (FAO, 2004). Pero países como Australia y Nueva Zelanda tienen producciones de carne ovina, tales que contribuyen al mercado de exportación. México recurre a dichos países, debido a que no es autosuficiente, y sus importaciones representan el 105% de la producción interna, a pesar de que en el país, la producción de carne ovina ha tenido un incremento del 62.5 % en el periodo 1999-2006 (FAO, 2007).

Según Minson (1990), la productividad animal, está influenciada por la ingestión de proteína, energía, vitaminas y minerales por su parte Lawrie (1991), menciona que la causa principal de una deficiente alimentación para el animal, se manifiesta en la utilización de los tejidos corporales para cubrir la demanda de energía y proteína. Sin embargo, es escasa la investigación en nutrición mineral para ovinos en México y pocas veces considerada en la elaboración de dietas (Domínguez y Huerta, 2008).

Además de la importancia mineral en la nutrición animal, la utilización de aditivos de origen microbiano en dietas para animales ha ido aumentando, siendo numerosas las investigaciones realizadas, reportándose diversos efectos en rumiantes, como son las modificaciones de los procesos digestivos y metabólicos (Díaz *et al.*, 2009), y a algunos trastornos o carencias nutricionales que se

manifiestan con algunos signos asociados a deficiencias o excesos de macro y microelementos (McDowell *et al.*, 1997).

Función del cromo en el organismo

El cromo (Cr) es un elemento traza esencial en animales, actúa en el metabolismo energético, como factor de tolerancia a la glucosa (Schwarz y Mertz, 1959). Su deficiencia provoca deterioro del metabolismo de la glucosa debido a su relación con la insulina (Steele, 1977), ya que forma un complejo entre esta y sus receptores (McDonald *et al.*, 2006), y Grijalva *et al.* (2001) lo consideran nutriente indispensable en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. Además de Cr, el factor de tolerancia a la glucosa contiene ácido nicotínico, glicina, ácido glutámico y cisteína (Anderson *et al.*, 1988) por lo que potencializa la acción de la insulina; sin embargo, no sustituye a la hormona anabólica (Anderson *et al.*, 1996).

Lefavi *et al.*, (1993) sugieren que, independientemente del metabolismo de la glucosa, el Cr también interviene en el metabolismo de lípidos, debido a que, en seres humanos, se ha reportado que disminuye la concentración de colesterol y triglicéridos en sangre, cuando se ha suplementado con Cr en su alimentación. Tanto en humanos como en animales, el bajo consumo de Cr se asocia al metabolismo anormal de lípidos (Anderson, 1987), además, se considera un modificador metabólico, como lo son los anabólicos esteroidales, somatotropina y beta agonistas entre otros, que promueven una mayor eficiencia alimenticia,

umentando el rendimiento y disminuyendo la acumulación de grasa en la canal, por lo cual se considera un nutriente esencial (Dikeman, 2007).

Requerimientos de cromo

Los requerimientos diarios de Cr tanto para animales como para humanos han sido difíciles de establecer (NRC, 1997). En ganado no se ha estudiado su absorción; sin embargo, en humanos se absorbe alrededor del 0.5 al 2 % del Cr en los alimentos (Anderson y Kozlovski, 1985). Actualmente no se han establecido requerimientos de Cr en la dieta, para que sea suplementado en la dieta de animales, pero se acepta que su papel dentro del organismo es esencial (NRC, 1997). En dietas para animales, no siempre se reporta la aportación de Cr que tienen éstas, pues en rumiantes y cerdos aún se desconoce el requerimiento exacto, en aves se recomienda 0.5 ppm (NRC, 2005).

Uso de cromo en la producción pecuaria

Las formas más utilizadas de Cr trivalente, es en compuestos de cloruro de cromo, nicotinato de cromo y picolinato de cromo (Ethan *et al.*, 2007). El nicotinato de cromo, es utilizado para bajar los niveles de lípidos en sangre (Abdel-Monem *et al.*, 2007), ya que en cerdos y bovinos se ha encontrado disminución de triglicéridos y colesterol en suero e incrementa las lipoproteínas (Page *et al.*, 1993).

El efecto de la adición de Cr en la alimentación de ovinos en engorda, promueve beneficios relacionados con la eficiencia productiva, afecta en forma significativa las concentraciones de colesterol y glucosa en plasma de ovinos, y

que mejora las características, composición química y retención de energía de la canal en ovinos (Domínguez *et al.*, 2009). Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2011), recomiendan su no incorporación en dietas para borregos en finalización, debido a que no obtuvieron respuesta en variables productivas, al suplementar dietas con cromo orgánico.

La utilización de Cr en dietas para aves es limitado; sin embargo, Jackson *et al.*, (2008) reportaron que al adicionar Cr como propionato de Cr en dietas para pollos en engorda, en diferentes dosis (0.2, 0.4 y 0.8 ppm) en diferentes periodos (1 a 42 días y 1 a 49 días) encontraron que se mejora la eficiencia alimenticia en las fases finales y disminuye la mortalidad, aunque en rendimiento de la canal no se ve afectado, esto es evidente en el tratamiento con 0.4 ppm.

En corderos en finalización, suplementados con 0.25 ppm de Cr como propionato de Cr, no se afectaron las variables productivas como consumo de materia seca y ganancia diaria de peso; sin embargo, la grasa dorsal disminuyó en 18 % y, el colesterol en plasma, 17 %, pero la concentración de glucosa, albumina, proteína total, insulina, glucagón y tiroxina en sangre, no se afectó por los tratamientos (Domínguez *et al.*, 2009). En bovinos en engorda, al suplementar 0.8 ppm de Cr como picolinato de Cr, tampoco se observaron diferencias entre tratamientos en consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, ni en la concentración molar de ácidos grasos volátiles en rumen (Besong *et al.*, 2001).

Función del selenio en el organismo

El Selenio (Se) es un micronutriente esencial (Schwars, 1957, citado por Vale, 1999) que actúa a nivel subcelular por medio de la enzima Glutación Peroxidasa (GSH-Px) dentro de las mitocondrias, para proteger a las membranas celulares de los daños peroxidativos (Kayanoki *et al.*, 1996); incrementa el metabolismo celular al incrementar la fosforilación oxidativa; con lo cual aumenta la actividad microbicida de linfocitos y macrófagos por el aumento de la síntesis de inmunoglobulinas IgM, (Sheffy, 1979, citado por Vale, 1999).

El Se tiene diversas funciones en el organismo animal, como crecimiento, reproducción e integridad de tejidos, su función está relacionada con la vitamina E (McDowell *et al.*, 1993), puesto que es un componente esencial de más de 30 seleno-proteínas en los mamíferos (Brown y Arthur, 2001). Dentro de la enzima glutación peroxidasa tiene función biológica, ya que forma parte de alrededor de 15 seleno-enzimas, con importante función en la regeneración del sistema antioxidante y en el establecimiento del estado redox intracelular (Rayman, 2008).

Himeno *et al.*, (1996), refieren que el selenio absorbido es transportado en plasma unido a una proteína específica, mientras que en sangre, el 80 % de selenio se encuentra en los glóbulos rojos y el 20% en plasma unido a proteínas plasmáticas (McConnel y Roth, 1962 citado por Silva *et al.*, 2000). La absorción de selenio se lleva a cabo principalmente en duodeno y ciego, (Toyoda *et al.*, 1995, citado por Silva *et al.*, 2000). El intercambio metabólico y lugar de entrada del Se es en el hígado, donde se encuentra unido en 61 % a proteínas, de ahí es

transferido al resto de las células (McConnel y Cho, 1965, citado por Silva *et al.*, 2000).

Requerimientos de selenio

Referente a los requerimientos, en ovinos se establece entre 0.1 - 0.2 ppm (NRC, 1985). Lesiones macroscópicas que son la degeneración de las fibras musculares (músculo blanco) que se presentan generalmente en rumiantes pueden sugerir la deficiencia de Se. En vacas lecheras el requerimiento oscila alrededor de 0.3 ppm (NRC, 1989). Aunque el requerimiento de Se en el animal depende de varios factores, como la forma química en que se proporciona, el estado nutricional del animal, así como su estado fisiológico. En rumiantes, la digestibilidad del Se es baja, aproximadamente 11 % en bovinos (Koenig *et al.* 1991) y 29 % en ovinos (Wright and Bell, 1966, citado por Silva *et al.*, 2000).

Uso de selenio en la producción pecuaria

El Se puede ser aportado al animal en forma inorgánica como selenito o selenato de sodio o en forma orgánica como seleno-aminoácidos (seleno-methionina o seleno-cisteína) contenidos, y comúnmente formando parte de la proteína de levaduras (Ku *et al.*, 1973; Mateo *et al.*, 2007).

Según Mahan *et al.*, 2005, el Se tiene la capacidad de integrarse a la estructura química de varias proteínas durante su síntesis, principalmente reemplazando al azufre (S); esto lo pudieron observar mediante el uso de granos cultivados en diferentes regiones de los Estados Unidos, donde hallaron que hay áreas en que los suelos son muy ricos en Se y éste es de fácil disposición para ser

absorbido por las plantas, de ahí que el nivel de Se en el grano cultivado refleja el contenido en el suelo.

El Se orgánico, generalmente, sobrepasa el rumen, siendo retenido y utilizado en forma efectiva (Silva *et al.*, 2000). Algunas investigaciones muestran que el nivel sanguíneo de la enzima GSH-Px es mayor con Se orgánico y el nivel del mineral en la leche puede aumentar de 4 a 5 veces (Silva *et al.*, 2000). Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2011), al suplementar premezclas con Se (0.3 ppm) y cromo (0.4 ppm) en borregos en finalización, no obtuvieron respuesta en variables productivas. Por lo que sugieren formular cubriendo los requerimientos de Se contenidos en el NRC según la ganancia de peso.

Saccharomyces cerevisiae

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* (SC) fue la primera en obtener su genoma totalmente secuenciado, por lo que ha sido estudiada como modelo eucariota por muchos años (Madigan *et al.*, 2009). La SC es rica en proteínas (40-45 %) de alto valor biológico y vitaminas del complejo B, por lo que es una de las levaduras más usadas y ampliamente comercializadas (Aghdamshahriar *et al.*, 2006, citado por Peralta *et al.*, 2008).

Metabolismo de *Saccharomyces cerevisiae*

Esta levadura es anaeróbica facultativa, capaz de mantener un metabolismo totalmente aeróbico o fermentativo. Tiene como ambiente principalmente frutas y jugos de frutas (Madigan *et al.*, 2009). Las vías anabólicas incluyen procesos reductivos, mientras que en las vías catabólicas procesos son oxidativos, donde

ambos procesos utilizan NADP y NAD respectivamente, ya que en su mayoría, las levaduras obtienen su energía química del ATP (Ogawa *et al.* 2000). Aunque es conocido que las levaduras utilizan azúcares como su principal fuente de carbono, respecto al metabolismo del nitrógeno, la mayoría son capaces de asimilar fuentes nitrogenadas simples para sintetizar aminoácidos y proteínas (Ostergaard *et al.* 2000).

Uso de *Saccharomyces cerevisiae* en rumiantes

La levadura SC ha sido utilizada ampliamente en la nutrición animal, aunque con resultados variables y poco repetibles. Crosby (1995), no observó respuesta en ovinos a la adición de la levadura en variables ruminales (concentración de ácidos grasos volátiles, pH, volumen y nitrógeno amoniacal), así como en la digestibilidad aparente de materia seca, fibra detergente neutro y ácido. Sin embargo, se han encontrado resultados diferentes como el aumento en la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica. Desmond (2006) menciona que la SC promueve efectos benéficos en la fisiología ruminal, como estabilidad en el pH, mientras que Dolezal *et al.* (2005) infieren que mejora la producción de ácidos grasos volátiles e incrementa la utilización de amoníaco. La eliminación de oxígeno en el medio ruminal, facilita el crecimiento de bacterias celulíticas, esta es una de las características de SC, además de ser fuente de productos esenciales como aminoácidos, enzimas y vitaminas (Callaway y Martin, 1997).

Desnoyers *et al.*, (2009), analizaron la influencia de SC en variables ruminales en animales productores de leche (bovinos, cabras, ovinos y búfalos). La suplementación de la levadura, disminuyó la concentración de ácido láctico en

rumen, pero no tuvo efecto en la composición de la leche, ni en la proporción acetato/propionato; sin embargo, numerosos factores intervienen en cada experimento para obtener efecto por la suplementación de levadura. Por esto algunos de los resultados suelen ser inconsistentes. Entre otros resultados, están los referentes a la estabilización del pH en el rumen, el incremento de la digestibilidad total aparente de la materia seca y del contenido de la grasa en leche, pero no tiene influencia en el contenido de proteína.

El efecto que tiene la levadura en la acidosis ruminal y producción de metano en vacas secas puede deberse a la cepa utilizada, Chung *et al.*, (2011) no encontraron efectos en el consumo de materia seca, peso vivo final, ni en la digestibilidad total aparente de la materia seca, al incluir la levadura en su dieta. Sin embargo, se observó una disminución en el pH ruminal, la producción de metano se redujo en 10 %, pero en la concentración de ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal y lactato no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos, aunque la producción de acetato disminuyó y la de propionato aumentó. Aunque Thrune *et al.* (2009), obtuvieron resultados diferentes, pues en la concentración de AGV en rumen disminuyó cuando el pH se incrementó.

La literatura científica reporta, en lo general, resultados obtenidos con la suplementación mineral de Cr o Se relacionando su efecto con el metabolismo de la insulina, como factor de tolerancia a la glucosa o actividad metabólica con la glutatión peroxidasa, respectivamente, considerando que el consumo de estos minerales y su biodisponibilidad puedan afectar el consumo de alimento, ganancia de peso, composición y rendimiento de la canal; sin embargo, pocas

investigaciones mencionan el efecto de éstos minerales en la degradabilidad y patrones de fermentación del alimento a nivel ruminal y su relación con la productividad animal independientemente de su actividad metabólica en el propio animal.

En la nutrición animal, hay varios compuestos importantes que interfieren en la eficiencia de la producción pecuaria, en particular en los rumiantes, algunos elementos no han tenido la asociación correcta entre nutrientes, por lo que es importante generar más información al respecto.

HIPÓTESIS

La inclusión de compuestos comerciales con Cromo + Selenio quelatados y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a dietas para ovinos en engorda, promueve efectos positivos en variables productivas, digestibilidad del alimento y fermentación ruminal.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de dos compuestos comerciales, uno con Cr y Se quelatados y otro con levadura *Saccharomyces cerevisiae* como aditivos en dietas para ovinos en finalización, en la digestibilidad del alimento, variables de fermentación ruminal y respuesta productiva.

Objetivos particulares

- ⊙ Evaluar el efecto del Cr y Se quelatados en variables productivas, digestibilidad y fermentación ruminal.
- ⊙ Evaluar el efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en variables ruminales y productivas de ovinos en engorda.
- ⊙ Determinar el efecto de la combinación de minerales quelatados y SC en la respuesta productiva, digestibilidad y variables ruminales en ovinos en finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La presente investigación se realizó en dos etapas, la primera fue una prueba de comportamiento productivo y la segunda consistió en un ensayo metabólico. Ambas pruebas se realizaron en la granja experimental y laboratorios de Nutrición Animal y Microbiología Ruminal del Programa de Ganadería del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, ubicados en el km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Edo. de México. El clima es templado semi seco, con una temperatura media anual de 15.9°C, con heladas poco frecuentes y una precipitación pluvial media anual de 686.0 mm y una altitud media de 2800 msnm.

Tratamientos experimentales

Se formuló una dieta basal para ovinos en finalización con 30% de forraje, picado a través de una criba de 4 cm, y 70% concentrado de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos (NRC, 1985). Los tratamientos experimentales fueron; 1) dieta basal (T); 2) T + Cr+Se quelatados (aditivo 1); 3) T + *Saccharomyces cerevisiae* (SC; aditivo 2) y 4) T + Cr-Se + SC; (aditivo 1 + 2) (Cuadro 1) y su composición química se presentan en el Cuadro 2. El producto utilizado fue de levaduras núcleo Biotecap® con *Saccharomyces cerevisiae* (Selenio con levadura 590 mg/kg; Cromo con levadura 990 mg/kg) con presentación en polvo que fueron mezclados junto con el concentrado, y posteriormente con el forraje. La cantidad adicionada (0.15 % Biotecap) de cada producto proporcionó a las dietas 0.90 mg/kg de Se y 1.4 mg/kg de Cr y 1×10^{10} ufc

de CS/g de compuesto. A la dieta basal se le determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC) y cenizas (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de acuerdo a Van Soest *et al.* (1991).

Los tratamientos experimentales que fueron utilizados en la prueba de comportamiento y en la metabólica son los mismos y se describen en esta parte.

Cuadro 1. Composición de las dietas empleadas en los diferentes tratamientos.

Ingrediente (%)	Dieta base			
	Testigo	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 1 + 2
Maíz molido	20	20	20	20
Maíz entero	10	10	10	10
Gluten	4	4	4	4
Sorgo molido	15	15	15	15
Sorgo entero	10	10	10	10
Urea	0.5	0.5	0.5	0.5
Rastrojo de maíz	17	17	17	17
Premezcla mineral	1.5	1.5	1.5	1.5
Melaza	11.5	11.5	11.5	11.5
Alfalfa	10	10	10	10
Acidbuff	0.5	0.5	0.5	0.5
Aditivo 1	-	0.15	-	0.15
Aditivo 2	-	-	0.15	0.15

Aditivo 1 Selenio + cromo quelatados (Biotecap[®]), el cual aporta 0.9 ppm de Se y 1.4 ppm de Cr

Aditivo 2 Cultivo de levadura *Saccharomyces cerevisiae* cepa 7907 (Biotecap[®]), que aporta $1 \cdot 10^{10}$ levaduras g^{-1}

Cuadro 2. Composición química de las dietas en los diferentes tratamientos.

Nutriente (%)	Dieta base			
	Testigo	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 1 + 2
Materia seca	86.39	85.12	85.46	86.22
Proteína cruda	13.69	12.71	13.51	13.17
Fibra detergente neutro	29.98	30.85	31.76	32.82
Fibra detergente ácido	19.96	20.46	19.20	19.51
Cenizas	6.45	5.99	5.63	6.63

Aditivo 1 Selenio + cromo quelatados (Biotecap[®])

Aditivo 2 Cultivo de levadura *Saccharomyces cerevisiae* cepa 7907 (Biotecap[®])

Prueba de comportamiento

Se utilizaron 20 ovinos machos criollos con peso vivo promedio de 29.88 ± 2.98 kg distribuidos de acuerdo a un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales donde se les ofreció el alimento a las 8:00 y 15:00 h. Los animales fueron pesados al iniciar el experimento, desparasitados 10 días antes del inicio del estudio, con Ivermectina 1% (0.5 mL por cada 25 kg de peso vivo) y suplementados con Vigantol ADE (3 mL animal⁻¹), y se determinó durante este tiempo, el consumo voluntario para establecer la cantidad de alimento a ofrecer. Los animales tuvieron libre acceso a agua limpia y fresca durante todo el periodo experimental. El experimento tuvo una duración de 42 días, se determinó el

consumo diario de alimento mediante la diferencia de peso entre el alimento ofrecido y el rechazado del día siguiente y los animales fueron pesados cada 14 días, antes de ofrecer el alimento por la mañana, para determinar la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia, además se midió el espesor de la grasa dorsal con ultrasonido (Silva *et al.*, 2005). Al final del periodo experimental, los ovinos fueron sacrificados para determinar el rendimiento de la canal caliente.

Durante el periodo experimental se colectaron heces de cada animal para determinar cenizas ácido insolubles bajo la metodología de Van Keulen y Young (1977), esta determinación también se realizó en las dietas experimentales, para determinar la digestibilidad total aparente de la MS y MO.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, considerando a cada animal como una repetición. Los resultados se analizaron usando el procedimiento GLM del programa estadístico SAS (2002). Las medias de tratamientos fueron comparadas con la prueba de Tukey (Steel and Torrie, 1997), considerándose diferentes si $P < 0.05$, de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ij} = Variable respuesta en tratamiento i , repetición j .

μ = Media general τ_i = Efecto del tratamiento i ε_{ij} = Error aleatorio

Prueba metabólica

Se utilizaron cuatro ovinos machos con cánula ruminal permanente y peso vivo promedio de 30 ± 2 kg, distribuidos al azar de acuerdo a un diseño de cuadro latino 4×4 , en jaulas metabólicas individuales donde se les ofreció el alimento a las 7:00 y 19:00 h, y agua limpia y fresca. Los animales tuvieron un periodo de adaptación a las dietas y jaulas de siete días, y fueron pesados, desparasitados (Ivermectina; 1 mL kg^{-1}) y vitaminados (Vigantol ADE; 3 mL animal^{-1}) al inicio del experimento. Durante este periodo se determinó el consumo voluntario para establecer la cantidad de alimento a ofrecer. El experimento tuvo una duración de 40 días, con cuatro periodos de nueve días, siete de adaptación a las dietas y dos para toma de muestras. Se determinó el consumo diario de alimento mediante la diferencia de peso entre el alimento ofrecido y el rechazado del día siguiente y los animales fueron pesados al final del experimento.

Determinación de la digestibilidad *in situ* de la MS, FDN, FDA y PC

Se determinó la digestibilidad *in situ* de acuerdo a la técnica descrita por Vanzant *et al.* (1998) de la MS, FDN, FDA y PC usando bolsas ANKOM[®] F57 (tamaño de poro $25 \mu\text{m}$), que fueron llevadas a peso constante utilizando una estufa de aire forzado marca RIOSA modelo MCS72 con temperatura de 65°C durante 24 horas, se estabilizaron en un desecador, se identificaron y pesaron. Se colocaron en cada bolsa 0.5 g de las dietas experimentales, previamente molidas en un molino Willey con malla de 2 mm; las bolsas fueron selladas mediante calor utilizando un termosellador marca Impulse Sealer, modelo AIE-200. Se utilizaron 80 bolsas por cada periodo de muestreo, 24 por animal, cuatro por cada tiempo de

incubación, fueron sumergidas en agua tibia (38° C) por cinco minutos y colocadas en una red, antes de ser depositadas en el rumen para ser incubadas por 3, 6, 12, 24 y 48 h posteriores al alimento ofrecido por la mañana. Posteriormente las bolsas fueron retiradas del rumen transcurrido el tiempo correspondiente, se lavaron con agua corriente hasta quedar limpias, se secaron a temperatura ambiente (26.0° C) por 24 h y, posteriormente, en una estufa de aire forzado a 55° C por 24 h y pesadas para determinar la MS, PC, FDN y FDA residual. Adicionalmente se calculó la tasa de digestión (k_d), como logaritmo natural del residual de la fracción potencialmente digestible de cada metabolito.

Determinación de pH, AGV y N-NH₃ en el líquido ruminal.

Para determinar la concentración de pH, ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno amoniacal (N-NH₃), en el primer día de muestreo de cada periodo experimental, se colectaron 50 mL de líquido ruminal 3 horas después de suministrar el alimento de la mañana a los animales. El líquido fue filtrado usando una capa doble de gasas e inmediatamente se midió el pH con un potenciómetro portátil (ORION, modelo SA 210), y posteriormente se colocaron 4 mL de líquido ruminal en un tubo de ensaye con 1 mL de ácido metafosfórico al 25 % (v/v), para lograr una concentración de 4:1. Las muestras se congelaron para su posterior análisis de AGV y N-NH₃.

Para determinar la concentración de AGV, las muestras fueron descongeladas y una alícuota de 3 mL fue centrifuga a 12,000 rpm durante 10 minutos; el sobrenadante se colocó en viales de vidrio de 1 mL y se procedió a medir la concentración de AGV de acuerdo a Erwin *et al.* (1961) utilizando 2 µL

inyectados a un cromatógrafo de gases Perkin Elmer, modelo Claurus 500, con automuestreador y equipado con una columna capilar FFAP con longitud de 15 m, temperatura de inyector de 240° C, detector de ionización de flama (FID) de 250° C y de horno de 80° C (1 min) con incrementos de 20° C min⁻¹ hasta alcanzar 140° C (3 min) con flujo de gases (H₂ y aire) de 40 mL min⁻¹ para el aire y 400 mL min⁻¹ para el nitrógeno. La determinación de la concentración de N-NH₃ se realizó de acuerdo a McCollough, (1967). Una muestra del líquido ruminal descongelado de 2 mL se centrifugó a 3,000 rpm por 10 min, del sobrenadante se colectaron 20 µL y se depositaron en tubos de ensaye de 10 mL adicionando 1 mL de fenol y 1 mL de hipoclorito de sodio. Las muestras se incubaron en baño maría a 37° C por 30 min y se adicionaron 5 mL de agua destilada para diluir las muestras, se agitaron en un vortex (Genie 2, modelo G-560) y se realizó la lectura en un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible CARY 1-E VARIAN a una DO de 630 nm.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental cuadro latino 4 x 4, para Los resultados se analizaron usando el procedimiento GLM del programa estadístico SAS (2002). Las medias de tratamientos fueron comparadas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1997), considerándose diferentes si P< 0.05, de acuerdo al siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + C_j + T_{(k)} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable respuesta en periodo_i, animal_j, tratamiento_k

μ = Media general H_i = Efecto de la periodo_i C_j = Efecto de la animal_j

T_k = Efecto del tratamiento_k ϵ_{ijk} = Error aleatorio

RESULTADOS

Los resultados de las variables productivas y digestibilidad total aparente (DTA) de la MS y MO se presentan en el Cuadro 3 y Figura 1. La GDP fue mayor ($P<0.05$) en los tratamientos que contenían Cr+Se quelatados con respecto al testigo, pero no diferentes con el tratamiento con SC (Figura 2). En consumo de MS, conversión alimenticia, rendimiento de la canal y grasa dorsal no se observaron diferencias, pero el peso de la canal fue mayor ($P<0.05$) en el tratamiento con Se+Cr quelatados que en la del testigo, no teniendo diferencias con los demás tratamientos. Sin embargo, DTA de MS fue mayor ($P<0.05$) en el tratamiento con SC comparado con los demás, y la DTA de la MO también fue mayor ($P<0.05$) que el testigo, pero no diferente con los tratamientos adicionados con SC y Se-Cr quelatados más SC.

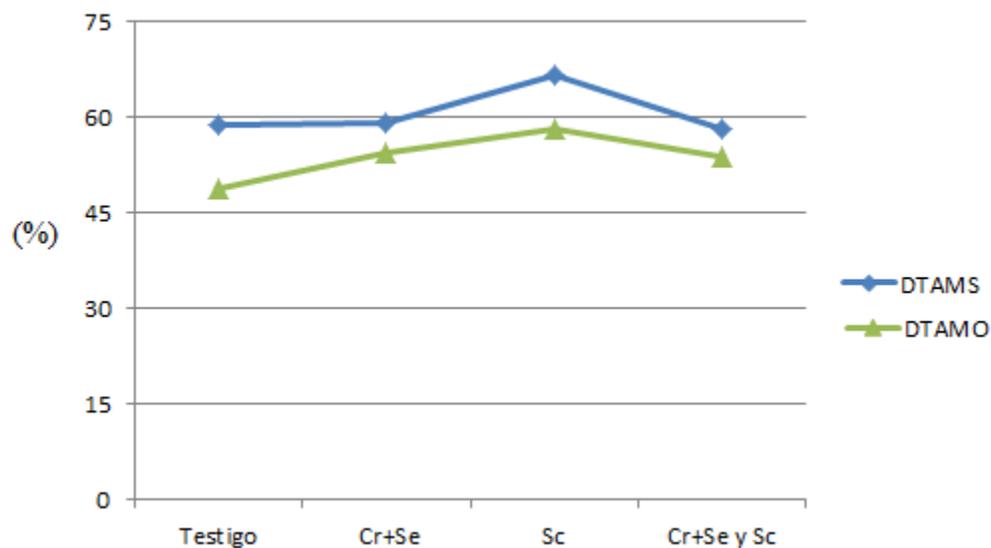


Figura 1. Digestibilidad total aparente de la MS y MO de las dietas experimentales

Cuadro 3. Variables productiva, rendimiento de la canal y digestibilidad total aparente de la MS y MO de corderos alimentados con dietas adicionadas completas con Cr+Se quelatados y *Saccharomyces cerevisiae*.

Variable	Testigo	Cr+Se	SC	Cr+Se y SC	EE
Peso vivo inicial (Kg)	29.95	30.25	29.11	30.21	1.43
Peso vivo final (Kg)	38.81	41.80	40.57	41.84	1.16
GDP (Kg)	0.211 ^b	0.275 ^a	0.272 ^{ab}	0.277 ^a	0.016
Conversión alimenticia	6.26	5.05	5.09	5.05	0.41
CMS (Kg)	1.32	1.39	1.39	1.39	0.30
Peso de la canal (Kg)	19.61 ^b	22.17 ^a	21.04 ^{ab}	21.38 ^{ab}	2.12
Rendimiento de la canal (%)	50.52	53.03	51.86	51.10	1.10
Grasa dorsal (mm)	3.0	2.8	3.0	2.8	0.14
DTAMS (%)	58.88 ^b	59.27 ^b	66.66 ^a	58.34 ^b	1.25
DTAMO (%)	48.82 ^b	54.37 ^{ab}	58.30 ^a	53.87 ^{ab}	1.44

EE: Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con letras diferentes en una fila, son diferentes (p<0.05)
 Testigo: Dieta basal Cr+Se: Dieta basal+0.9 ppm de Se+1.4 ppm de Cr
 SC: 1.5*10¹⁰ ufc de *Saccharomyces cerevisiae*



Figura 2. GDP de corderos alimentados con dietas completas adicionadas con Cr +Se quelatados y *Saccharomyces cerevisiae*.

Los resultados de las digestibilidades *in situ* (DIS) de MS en las diferentes horas de muestreo, y tasas de digestión (k_d), se presentan en el Cuadro 4 y Figura 3. La DISMS fue mayor ($P < 0.05$) en el tratamiento con SC comparado con los demás a las 3, 6 y 12 h; sin embargo, a las 24 h no se observaron diferencias pero a las 48 h, la DISMS de los tratamientos con Se+Cr quelatados y con SC fueron mayores ($P < 0.05$) que en el testigo y Se+Cr quelatados + SC. Las tasas de digestión no fueron diferentes entre tratamientos.

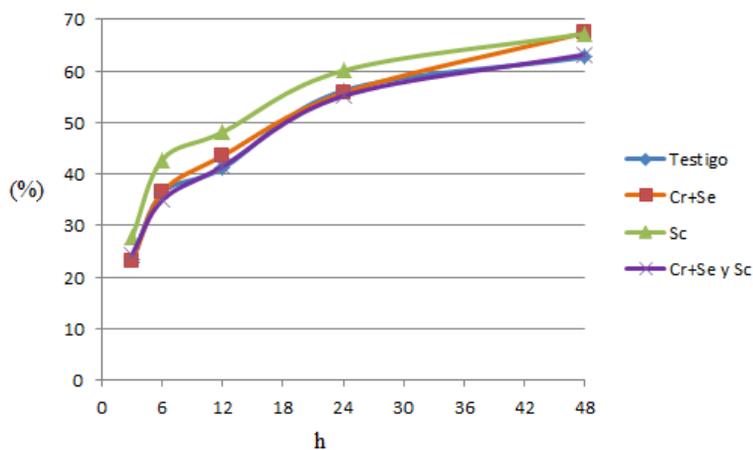


Figura 3. Digestibilidad *in situ* de la MS de las dietas experimentales.

Cuadro 4. Digestibilidad *in situ* de la MS (%) en dietas experimentales

Tiempo (h)	Testigo	Cr+Se	SC	Cr+Se y SC	EE
3	23.46 ^b	22.97 ^b	27.83 ^a	24.39 ^b	0.70
6	36.37 ^b	36.47 ^b	42.79 ^a	34.94 ^b	1.06
12	41.15 ^b	43.55 ^b	48.13 ^a	41.50 ^b	1.17
24	56.17 ^a	55.74 ^a	60.07 ^a	55.14 ^a	1.33
48	62.66 ^b	67.42 ^a	67.24 ^a	63.19 ^b	0.83
<i>K_d</i>	8.22	6.03	7.63	7.27	0.58

EE: Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con letras diferentes en una fila, son diferentes ($p < 0.05$)
Testigo: Dieta basal Cr+Se: Dieta basal+0.9 ppm de Se+1.4 ppm de Cr
SC: 1.5×10^{10} ufc de *Saccharomyces cerevisiae*

La DISFDN fue mayor ($P < 0.05$) en el tratamiento con Se+Cr quelatados + SC a las 6 que en los demás tratamientos y mayor a las 12 h que el testigo y el tratamiento con Se+Cr quelatados (Cuadro 5). Sin embargo, a las 24 y 48 h no hubo diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. Las K_d , no fueron diferentes entre tratamientos.

Cuadro 5. Digestibilidad *in situ* de la FDN (%) en dietas experimentales

Variable (h)	Testigo	Cr+Se	SC	Cr+Se y SC	EE
3	17.44	18.23	22.05	22.78	1.42
6	26.64 ^b	25.76 ^b	28.78 ^{a^b}	34.59 ^a	1.48
12	32.42 ^b	31.25 ^b	38.03 ^{ab}	42.31 ^a	1.79
24	45.35	47.81	53.02	47.81	1.96
48	63.10	63.61	65.76	60.79	1.92
<i>Kd</i>	4.31	4.92	5.86	4.74	0.52

EE: Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con letras diferentes en una fila, son diferentes ($p < 0.05$)
 Testigo: Dieta basal Cr+Se: Dieta basal+0.9 ppm de Se+1.4 ppm de Cr
 SC: 1.5×10^{10} ufc de *Saccharomyces cerevisiae*

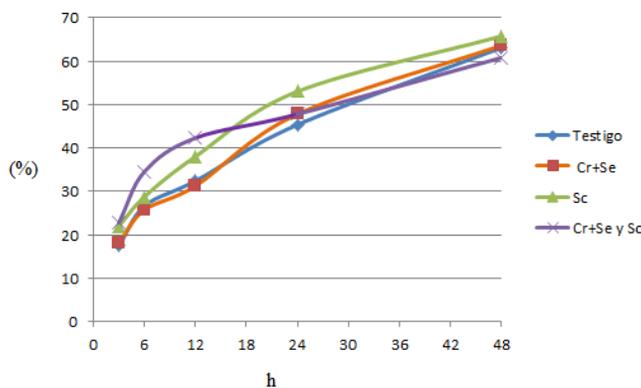


Figura 4. Digestibilidad *in situ* de la FDN de las dietas experimentales.

La DISFDA en el tratamiento con Cr+Se quelatados fue mayor ($P < 0.05$) a las 12 h que la del tratamiento con Cr+Se + SC, pero no diferente con la de los demás tratamientos; sin embargo, a las 24 y 48 h, la DISFDA fue mayor ($P < 0.05$) a la del

testigo sin diferencias con los demás tratamientos (Cuadro 6 y Figura 5). Las K_d no fueron diferentes entre tratamientos.

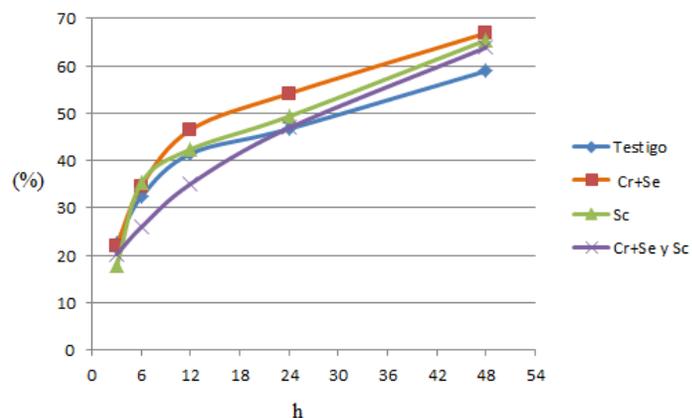


Figura 5. Digestibilidad *in situ* de la FDA de las dietas experimentales.

Cuadro 6. Digestibilidad *in situ* de la FDA (%) en las dietas experimentales

Variable (h)	Testigo	Cr+Se	SC	Cr+Se y SC	EE
3	22.53	21.98	17.74	20.20	2.03
6	32.35	34.61	35.29	25.92	2.43
12	41.44 ^{ab}	46.48 ^a	42.36 ^{ab}	35.07 ^b	2.27
24	46.70 ^b	54.15 ^a	49.34 ^{ab}	46.89 ^{ab}	1.84
48	58.89 ^b	66.90 ^a	65.43 ^{ab}	63.88 ^{ab}	1.83
<i>K_d</i>	4.95	5.76	4.63	4.48	0.41

EE: Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con letras diferentes en una fila, son diferentes ($p < 0.05$)
 Testigo: Dieta basal Cr+Se: Dieta basal+0.9 ppm de Se+1.4 ppm de Cr
 SC: 1.5×10^{10} ufc de *Saccharomyces cerevisiae*

La DISPC fue mayor ($P < 0.05$) a las 3 y 6 h en el tratamiento con SC que la del tratamiento con Se+Cr + SC, pero no diferentes con el testigo y Cr+Se quelatados. Sin embargo a las 12, 24 y 48 no se observaron diferencias entre los tratamientos. Las K_d no fueron diferentes entre tratamientos (Cuadro 7 y Fig. 6)

Cuadro 7. Digestibilidad *in situ* de la PC (%) en las dietas experimentales

Variable (h)	Testigo	Cr+Se	SC	Cr+Se y SC	EE
3	21.66 ^{ab}	21.82 ^{ab}	23.10 ^a	18.05 ^b	1.22
6	28.63 ^{ab}	28.20 ^{ab}	31.84 ^a	24.43 ^b	1.62
12	34.79	36.73	39.30	33.26	1.66
24	42.97	43.04	45.90	41.71	1.50
48	53.37	54.72	53.77	52.78	1.56
<i>K_d</i>	5.14	4.84	6.23	5.38	0.45

EE: Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con letras diferentes en una fila, son diferentes ($p < 0.05$)
 Testigo: Dieta basal Cr+Se: Dieta basal+0.9 ppm de Se+1.4 ppm de Cr
 SC: 1.5×10^{10} ufc de *Saccharomyces cerevisiae*

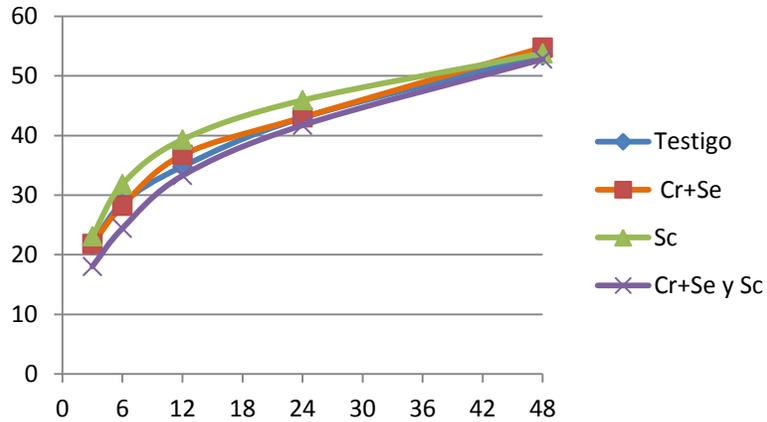


Figura 6. Digestibilidad *in situ* de la PC de las dietas experimentales.

Los resultados de pH y concentración de AGV y N-NH₃ en el líquido ruminal, se presentan en el Cuadro 8 y Figura 7. No hubo diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos en ninguna de las variables de fermentación ruminal.

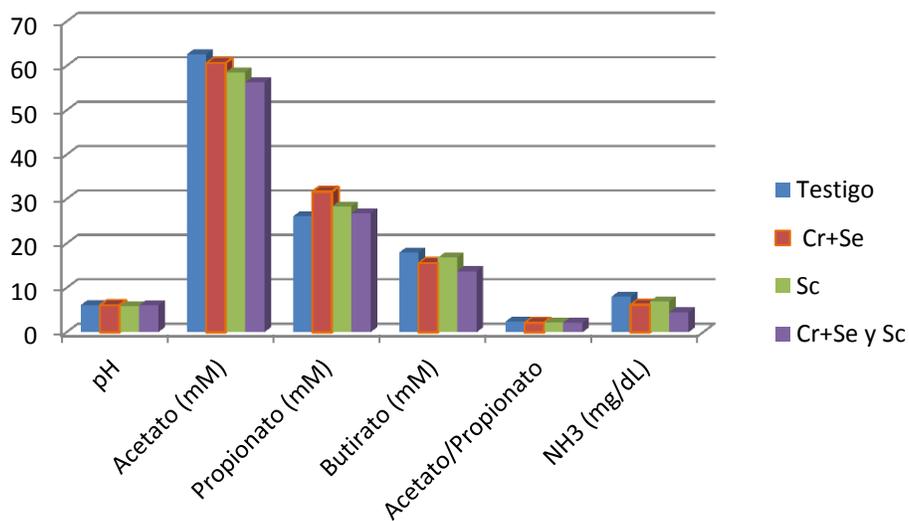


Figura 7. Concentración de AGV, N-NH₃ y pH del fluido ruminal de corderos alimentados con dietas completas adicionadas con Cr+Se quelatados y *Saccharomyces cerevisiae*.

Cuadro 8. pH y concentración de AGV (mM), N-NH₃ (mg/dL) en el fluido ruminal de corderos alimentados con las dietas experimentales

Variable	Testigo	Cr+Se	SC	Cr+Se y SC	EE
pH	6.16	6.12	5.90	6.04	0.06
AGV Totales (mM)	106.81	108.19	103.72	96.86	3.83
Acetato (mM)	62.66	60.68	58.57	56.28	1.84
Propionato (mM)	26.15	31.69	28.32	26.83	3.2
Butirato (mM)	18.00	15.62	16.83	13.75	1.15
Acetato/Propionato	2.42	2.16	2.24	2.14	0.19
N-NH ₃ (mg/dL)	8.00	6.23	6.95	4.50	1.04

EE: Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con letras diferentes en una fila, son diferentes (p<0.05)
 Testigo: Dieta basal Cr+Se: Dieta basal+0.9 ppm de Se+1.4 ppm de Cr
 SC: 1.5*10¹⁰ ufc de *Saccharomyces cerevisiae*

DISCUSIÓN

La mayoría de los estudios referentes a la suplementación con Cr o Se en la dieta de rumiantes, se refieren a los efectos que estos causan en el consumo de alimento, ganancia de peso, composición y rendimiento de la canal relacionando su efecto, en el caso del Cr, con el metabolismo de la insulina, como factor de tolerancia a la glucosa (Striffler *et al.*, 1995), o en el caso del Se, relacionándolo con su actividad metabólica con la glutatión peroxidasa. Si bien es cierto que el efecto de estos microminerales está relacionado directamente con el metabolismo de carbohidratos y lípidos y eliminación de peróxidos principalmente, también es cierto que cuando se habla de su esencialidad, y que en dietas deficientes en estos microminerales hay que suplementar, poco se ha investigado de su efecto en la degradabilidad y fermentación del alimento en el rumen, pues se considera que estos serán absorbidos a nivel de tracto posterior y que poco efecto tendrán en el metabolismo del rumen. Por esta razón, las investigaciones con minerales se enfocan, generalmente, en la biodisponibilidad de estos a nivel de intestino delgado considerando que los minerales orgánicos (quelatados) son más biodisponibles que los inorgánicos. Existe también numerosos estudios relacionados con las levaduras, principalmente del *Saccharomyces cerevisiae* y sus efectos benéficos en la producción animal como un factor de modificación de la fermentación ruminal, mejorando la digestibilidad del alimento al favorecer la estabilización del pH y actividad de bacterias celulíticas (Hučko *et al.*, 2009;

Srinivas *et al.*, 2010), así como la síntesis de proteína microbiana (Beauchemin *et al.*, 2006).

Se encontraron escasos estudios en donde la suplementación de minerales, ya sean orgánicos o inorgánicos, tiene efectos a nivel ruminal. No se conoce a ciencia cierta si estos minerales tienen algún efecto en el metabolismo de la flora microbiana respecto a la digestibilidad de la materia seca o proteína en el rumen, o en la concentración de ácidos grasos volátiles y pH, lo cual puede afectar la respuesta animal. Tradicionalmente, cuando se suplementa con minerales la dieta de rumiantes, se determina su concentración en sangre o en algunos tejidos, específicamente, al Cr se le relaciona con el nivel de glucosa sanguínea como un factor de tolerancia a la glucosa, por lo que cualquier deficiencia puede afectar la actividad de la insulina y su funcionamiento fisiológico; y al Se, se le relaciona directamente con la actividad de la enzima glutatión peroxidasa en el mantenimiento de membranas y eliminación de peróxidos; sin embargo, estos efectos no lo relacionan con el metabolismo ruminal bajo la hipótesis de que estos minerales suelen sobrepasar el rumen y ser absorbidos en el intestino delgado, ya sean en forma inorgánica u orgánica unidos a la fracción de proteína bacteriana (Koenig *et al.*, 1997), aunque estudios con ratones sugieren que el Se, en ésta forma, es menos disponible que en forma inorgánica (Serra *et al.*, 1997), lo cual pudiera ser aplicable también al Cr.

Los resultados reportados en la literatura sobre el incremento en ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia o rendimiento y composición (grasa) de la canal, están relacionados con alteraciones a nivel de

rumen, por lo que es importante determinar si las concentraciones de Se o Cr afectan el metabolismo en el rumen, principalmente a nivel de la digestibilidad de la materia seca, fibra, producción de AGV y nitrógeno amoniacal, así como su posible efecto en el pH, que pueden afectar a la población microbiana y, por lo tanto, la respuesta productiva de los animales. El efecto de estos minerales en el metabolismo del rumen, no es claro, pero una forma indirecta de evaluarlo es determinando la degradabilidad y variables de la fermentación ruminal cuando se suplementan en forma quelatada con levaduras inactivas, como sucede con la propia levadura cuando ésta es evaluada.

No se conocen realmente los requerimientos en rumiantes del Cr y Se, e incluso de la propia levadura, aunque se recomiendan niveles máximos tolerables; sin embargo, los estudios demuestran que niveles por encima de las recomendaciones no afectan la salud animal y en varios casos, el rendimiento se ha mejorado, dando como respuesta que el efecto de la suplementación mineral fue a nivel del metabolismo del propio animal y no por algún efecto a nivel ruminal, contrario a los que se menciona con el SC, cuya actividad benéfica se centra en el rumen.

En el presente estudio, las dosis incluidas a la dieta basal de Cr y Se quelatados fueron de 1.4 y 0.9 mg/kg, respectivamente, cantidades por encima de las recomendaciones del NRC (1985), que considera que para Se son de 0.1 a 0.3 ppm y para Cr no los menciona. Sin embargo, aun cuando estos valores se encuentran por debajo de los niveles considerados como tóxicos que van de 5 a 30 ppm para Se, y para el Cr no existen niveles considerados (NRC, 1985), la

Unión Europea (UE) menciona que no deben sobrepasar las 1000 ppm consumidos por día, pero no se indica un máximo legal. Es difícil contrastar los máximos legales establecidos por la (UE) y las necesidades mínimas de microminerales, pues ambos se expresan en ppm y no se indica la disponibilidad con la cual se han estimado las necesidades. Si se ignora la disponibilidad de las diferentes fuentes, parece ser que los máximos legales establecidos por le UE permiten cubrir las necesidades de los rumiantes. Bach y Devant (2004), Bunting (2007), mencionan que las concentraciones de Cr en dietas basales experimentales para rumiantes van de 0.3 a 1.6 ppm y que normalmente, la concentración es mayor que el Cr suplementado en forma adicional a estas dietas (0.25 a 0.5 ppm), y reportan que la información disponible del contenido del Cr en los alimentos para animales es escasa y muy variable. Generalmente, los forrajes y subproductos parecen tener mayor cantidad de Cr que los granos y que hay poca información acerca de su actividad biológica y disponibilidad en los alimentos para animales, además de que el Cr, en la mayoría de los alimentos para rumiantes, debería ser considerado poco disponible y que el Cr unido a organismos biológicos como las levaduras lo hacen más biodisponibles. Los resultados de este trabajo no indicaron ningún efecto tóxico en los animales debido a los niveles de Se o Cr incluidos en las dietas, y se observaron incrementos importantes en la respuesta productiva de los mismos.

En el presente estudio, los corderos que consumieron las dietas suplementadas con Cr-Se quelatados presentaron mayores GDP que los de la dieta testigo o suplementados con solo SC, y dado que el consumo de MS fue

similar, la conversión alimenticia, aunque no diferente estadísticamente, presentó una mejora del 19 %, 18 % y 19 % para el tratamiento Cr + Se-levadura, levadura y Cr + Se + levadura, respectivamente. Estos resultados indican que la suplementación con los minerales o levaduras incrementaron la ganancia diaria de peso sin afectar el consumo de alimento y mejora la conversión alimenticia. Rodríguez *et al.* (2011), mencionan que la suplementación con Se o Cr orgánicos (Cr 0,3 mg/kg y Se 0,3 mg/kg y Cr 0,4 mg/kg y Se 0,4 mg/kg) quelatados con levaduras, mejoran la eficiencia parcial de utilización del alimento en ovinos sin afectar el consumo voluntario, lo cual coincide con los resultados del presente estudio; sin embargo, Domínguez *et al.* (2009) reportan que con una dieta de finalización para ovinos, combinando dosis de Cr (0; 0,25 y 0,35 mg) y Se (0 y 0,3 mg) quelatados con levaduras, el Se no afectó las variables productivas pero el Cr mostró una respuesta positiva en la ganancia de peso.

Es necesario relacionar el consumo de alimento y respuesta productiva referente a la ganancia diaria de peso, rendimiento en canal y contenido de grasa dorsal. Al respecto, aunque no hubo diferencias estadísticas en estas variables, si se observó un incremento numérico del 5 % entre el tratamiento con Cr-Se y el testigo en rendimiento en canal y del 3 % con los demás tratamientos con mínima diferencia numérica en grasa dorsal (> 3%), pero se observó un mayor peso de la canal (12 %) en el tratamiento con Se+Cr quelatados comparado con el testigo. Este resultados concuerdan parcialmente con los que reporta Rodríguez *et al.* (2011) referente a la eficiencia parcial del alimento, y Wichtel *et al.*, (1994), que reportan incrementos en la ganancia de peso de novillos suplementados con Se-

levadura; pero no con los de Kitchalong *et al.*, (1995), quienes reportaron que la suplementación con Cr-levadura mejora el consumo de alimento, conversión alimenticia y características de la canal, y Uyanik, (2001) menciona que con una dosis de Cr inorgánico de 0,2 a 0,4 ppm, no hay efecto en el comportamiento productivo de ovinos pero sí disminución de la grasa subcutánea, Otros reportes mencionan que la suplementación de Cr o Se orgánicos para borregos o bovinos de carne no mejoran las ganancias de peso (Droke and Loerch, 1989; Lawler *et al.*, 2004; Vignola *et al.*, 2009). Domínguez *et al.* (2009) reportaron que con una dieta de finalización para borregos con dosis de Cr (0; 0,25 y 0,35 mg) y Se (0 y 0,3 mg) quelatados con levaduras, no afectó las variables productivas ni de la canal. Estos mismos investigadores mencionan que la mayor eficiencia parcial de utilización del alimento (EPUA) sugiere que el Se y Cr pueden mejorar la partición de la energía del animal sobre el mantenimiento y que los tratamientos con minerales quelatados tuvieron menores consumos de alimento y ganancias de peso similares, lo cual explica la mayor eficiencia; sin embargo, nuestros resultados indican que no se afectó el consumo de alimento y que las ganancias de peso fueron mayores con Se y Cr quelatados, lo cual no coincide con lo anterior.

Se sabe que los efectos benéficos de la levadura del SC se presentan a nivel ruminal, mejorando el consumo de materia seca y ganancia diaria de peso, porque afectan la fermentación ruminal favoreciendo la digestibilidad del alimento (Macedo *et al.*, 2009). En el presente trabajo, la DTA fue mayor ($P < 0.05$) para la MS del tratamiento con SC que en los demás, y la DTA de la MO fue menor

($P < 0.05$) en el testigo que la del tratamiento con SC, no encontrando diferencias con los tratamientos con Se+Cr y Se+Cr +SC; sin embargo, se observa un incremento promedio de DTA de la MO del 11.6 % debido a la adición de los minerales quelatados o del SC, lo cual puede estar relacionado con las mayores GDP observadas. Esta investigación se enfocó a determinar los efectos del Cr y Se quelatados con levaduras de SC, así como el efecto de la propia levadura en la digestibilidad en el rumen (DIR) y fermentación ruminal. De acuerdo a los resultados, la DIR de la MS fue mayor ($P < 0.05$) a las 48 h el tratamiento con Se-Cr y Se+Cr y SC; la digestibilidad de FDN no fue diferente, pero se observó un incremento en FDA a las 48 h para los tratamientos con Se-Cr y SC aunque estas diferencias no se vieron reflejadas en la digestibilidad de la FDN pero si en la de la MS en el rumen. La digestibilidad de la PC no fue afectada por los tratamientos al igual que las *Kd*. Esto indica que la inclusión de Se+Cr quelatados o SC mejoraron la digestibilidad de la MS en rumen, pero que la combinación de ambos no presenta una acción sinérgica que justifique su inclusión conjunta, de tal forma que, el incremento de la digestibilidad de la MS observada en el rumen puede ser atribuida al incremento en la digestibilidad de la FDA en estos dos tratamientos. Estos resultados no coinciden con los reportados por Romero *et al.* (2009), quienes no encontraron diferencias en la degradabilidad de la MS en el rumen de novillos en finalización cuando éstos fueron suplementados con minerales quelatados con levadura de SC.

El pH del rumen, así como la concentración del N-NH₃ y proporciones de AGV, no fueron afectados por los tratamientos. Estos resultados indican que el Se

y Cr quelatados no afectan la fermentación ruminal y que las variaciones en la digestibilidad de la MS, fibra o PC pueden deberse a otros factores no relacionados con el metabolismo de las bacterias que involucren a estos minerales. Estos resultados coinciden con los reportados por Romero *et al.* (2009) quienes no observaron efectos en las variables ruminales, pH, AGV y N-NH₃ en bovinos suplementados con Cr (0.233 ppm), Se (0.117 ppm) y Zn (23 ppm) quelatados con levadura de SC, cuya dosis de Se quelatado está dentro de los requerimientos que indica el NRC (1985), pero menores a las utilizadas presente estudio tanto en Cr y Se, donde tampoco hubo efecto en dichas variables.

Los rumiantes utilizan el acetato más que la glucosa como fuente de carbono, y esto puede disminuir la sensibilidad de la insulina; sin embargo, con una dieta suplementada con 1 mg de Cr kg⁻¹ como amino ácido quelado, puede causar un incremento del 30 % en el potencial de glucosa para ser usada en la síntesis de grasa en ovejas adultas (Gardner *et al.*, 1998). También se reporta también que en becerros no estresados, un suplemento de 0.37 mg Cr Kg⁻¹ de MS, disminuye el colesterol sanguíneo y mejora la tolerancia a la glucosa sin mejorar el consumo de alimento, conversión alimenticia o ganancia de peso. Bunting *et al.*, (1994) y Gentry *et al.* (1999) reportan que en ovejas suplementadas con Cr, no se observaron diferencias en la concentración de glucosa e insulina en sangre, aunque Kegley *et al.*, (2000) reportaron que la suplementación con Cr, disminuyó la concentración de glucosa e incrementó la de insulina en sangre de becerros. La variación de los resultados indica que no se conoce con precisión el rol del Cr en la fisiología de la glucosa e insulina en sangre, aunque existe un consenso general

que el Cr afecta de alguna manera estas funciones y que es un mineral esencial para humanos y animales, a pesar de que su modo de acción no ha sido claramente establecido (Ohh and Lee, 2005)

Los rumiantes utilizan también el propionato como un compuesto gluconeogénico para satisfacer las demandas de glucosa del organismo, principalmente para el cerebro. La concentración de glucosa en la sangre de los rumiantes es de alrededor de 50 mg/dL y lo que se ha intentado con la manipulación de la fermentación del rumen es incrementar la producción de ácido propiónico para abastecer con mayor cantidad el sustrato usado para la producción de glucosa en el hígado. La suplementación con Cr y Se quelatados, así como la levadura de SC no mostraron incrementos en la producción de propionato en este trabajo, por lo que sería de esperarse que no hubo mayor cantidad de glucosa circulando a nivel sanguíneo de los ovinos tratados y, por lo tanto, se supone que no hubo mayor cantidad de energía disponible a través de la glucosa; sin embargo, podría darse el caso de que con la misma concentración de glucosa, el Cr suplementario trabajaría con la insulina para favorecer la absorción celular de la glucosa, proporcionando, en teoría, mayor cantidad de energía, y a su vez, afectando el metabolismo de lípidos, favoreciendo la lipogénesis y disminuyendo la deposición de grasa corporal. Los resultados de este experimento avalan los supuestos anteriores, pero no queda clara la acción del Cr en el metabolismo del rumen y su subsecuente efecto en la fisiología animal relacionada con su respuesta productiva.

El efecto del Se+Cr quelatados y del SC incrementaron la degradabilidad de la MS en el rumen sin afectar las variables de fermentación, lo que indica que, posiblemente, hubo mayor disponibilidad de nutrientes para ser absorbidos y metabolizados, y que las mayores ganancias de peso diario observadas pudieron ser en respuesta a la acción metabólica del Cr o Se cuyo efecto está más asociado con la fisiología y metabolismo animal. Existen estudios que reportan que la suplementación con Se mejora el crecimiento de borregos en dietas deficientes en este microelemento (Underwood y Suttle, 1999). Aun cuando toda la fisiología y metabolismo del Se no está claro, si se sabe que su presencia es importante en la formación de la enzima glutatión peroxidasa y del mantenimiento de las membranas celulares, actuando como un antioxidante conjuntamente con la vitamina E. Por otro lado, la actividad del Cr, se relaciona más con la fisiología y metabolismo de la glucosa en el animal que con los efectos que puedan asociarse a nivel del metabolismo del rumen.

La suplementación con SC no afectó tampoco las variables ruminales y su adición junto con los minerales quelatados tampoco tuvo efecto. El SC actúa a nivel de rumen afectando su ambiente, sobre todo al cambiar el patrón de fermentación al favorecer el crecimiento y multiplicación de bacterias celulolíticas que aumentan la digestibilidad de la fibra y MS (Srinivas *et al.*, 2010) e incrementan la concentración de AGV incrementando proporcionalmente el propionato y disminuyendo el lactato (Lila *et al.*, 2004), así mejora el pH en dietas altas en grano y la síntesis de proteína microbiana (Beauchemin *et al.*, 2006). Sin embargo, en el presente trabajo solo se observaron ligeras tendencias en el

incremento de la proporción del ácido propiónico, aunque no fueron diferentes al igual que su efecto en el pH y nitrógeno amoniacal. Las diferencias con otros trabajos se asocian con el tipo de levadura usada y cantidad incluida (Plascencia *et al.*, 2008). La diferencia en estos resultados es atribuida al tipo de dieta usada o la cantidad adicionada de SC, Mir y Mir (1994) en toretes en engorda no encontraron diferencias en características de la canal ni utilización del alimento, al suplementar SC con una concentración de 5×10^9 ufc/g, superior a la del presente trabajo. Aunque Rivas *et al.*, (2008) infieren una acción estimulante de SC en rumen y mayor disponibilidad de nutrientes por la glándula mamaria, pues al adicionar SC (10g/cabeza/día) en dietas para vacas Holstein (105 d posparto), incrementa la producción de grasa y leche.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente estudio, se concluye que:

La suplementación con Se+Cr quelatados o su combinación con SC, incrementaron la GDP y peso de la canal sin afectar el consumo de alimento, contenido de grasa dorsal ni la digestibilidad total aparente de la MS y MO del alimento, además la adición de SC mejoró la digestibilidad total aparente de la MS pero no afectó las variables productivas en borregos alimentados con dietas en finalización.

La suplementación con Se+Cr quelatados o con SC mejoró la digestibilidad de la MS y FDA en el rumen, pero no afectó la de la FDN o PC, ni las variables de fermentación ruminal.

La suplementación con los minerales quelatados, en dosis por encima de los recomendados como los utilizados en la presente investigación, mejoraron las GDP, pero no se observaron incrementos mayores por la combinación de los minerales con el SC, pues no hubo efectos sinérgicos entre los aditivos y no se afectaron las variables de fermentación ruminal.

Se recomienda tomar en cuenta el contenido natural del Se y Cr en los alimentos utilizados para la alimentación de ovinos en finalización e investigar más para determinar los requerimientos reales de los animales, con el propósito de determinar los niveles o dosis a suplementar.

LITERATURA CITADA

Abdel-Monem, Mahmoud, M. y Anderson, Michael, D. 2007. Nuevos complejos de cromo (III) y α -aminoácidos. Oficina Española de Patentes y Marcas. Madrid, España.

Anderson R. A. and A. S. Kozlovsky. 1985. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. Am. J. Clin. Nutr. 41:1177-1183.

Anderson R.A. 1987. Chromium In: W. Mertz (Ed) Trace Elements in human and animal nutrition. Vol. 1 p 225. Academic Press. New York.

Anderson R.A. 1988. Chromium. In: Trace Minerals in Foods. Marcel Dekker, Inc., USA. Rev. pp: 231-248.

Anderson R., N. Cheng, N. Bryden, M. Polansky, N. Cheng, J. Chi, and J. Feng. 1996. Beneficial effects of chromium for people with type II diabetes. Diabetes 45:124A.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. Pp 1928.

Bach A. y M. Devant. 2004. Microminerales en la nutrición del rumiante: aspectos técnicos y consideraciones legales. XX Curso de Especialización FEDNA, Barcelona, España. IRTA-Unidad de Rumiantes.

Beauchemin K.A., C.R. Krehbiel and C.J. Newbold. 2006. Enzymes, bacterial direct-fed microbials and yeast: Principles for use in ruminant nutrition. Pp. 251-284.

Besong S., J. A. Jackson, D. S. Trammell, and V. Akay. 2001. Influence of Supplemental Chromium on Concentrations of Liver Triglyceride, Blood Metabolites and Rumen VFA Profile in steers Fed a Moderately High Fat Diet. J. Dairy Sci. 84:1679-1685.

Brown K.M. and J.R. Arthur. 2001. Selenium, selenoproteins and human health: a review. Public Health Nutr. 4:593–599.

Bunting L. D. 2007. Chromium and Dairy Nutrition: What Do We Know?. Dairy Technical Specialist. ADM Animal Health and Nutrition and Moormans, Inc. Quincy, IL 62301.

Bunting L. D., J. M. Fernandez, D. L. Thompson, Jr., and L. L. Southern. 1994. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. J. Anim. Sci. 72:1591.

Callaway E. S. and S. A. Martín. 1997. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. J. Dairy Sci. 80:2035-2044.

Chung Y. H., N. D. Walker, S. M. McGinn and K. A. Beauchemin. 2011. Differing effects of 2 active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) strains on ruminal acidosis and methane production in nonlactating dairy cows. J. Dairy Sci. 94:2431-2439.

Crosby G. M. 1995 Efecto de la dosis de un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y en la digestibilidad ruminal de la fibra en borregas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo de México, México.

Desmond C. 2006. The effect of Yea-sacc supplementation on the rumen physiology of lactating dairy cows. Lyons Research Farm. Alltech Pub. Paris, Francia.

Desnoyers M., S. G. Reverdin, G. Bertin, C. D. Ponter and D. Sauvant. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminates. J. Dairy Sci. 92:1620-1632.

Dikeman M.E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. Meat Science 77:121-135.

Díaz A. R., J. Galindo, R. Bocourt, A. I. Aldana, O. Moreira y L. Sarduy. 2009. Efecto de un hidrolizado enzimático de *Saccharomyces cerevisiae* y sus diferentes fracciones en la dinámica fermentativa ruminal del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en condiciones *in vitro*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 43(3):251-257.

Dolezal P., J. Dolezal y J. Trinacty. 2005. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation in dairy cows. Czech. J. Anim. Sci., 50: 503-510.

Domínguez, V. I. A., S. S. M. González, R. J. M. Pinos, J. L. G. Bórquez, G. R Bárcena, M. G Mendoza, L. Zapata y L.L.P. Landois. 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.

Domínguez V. I. A. y M. B. Huerta. 2008. Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el Valle de Toluca, México. Agrociencia 42: 173-183.

Droke E. A. and S. C. Loerch. 1989. Effects of parental selenium and vitamin E on performance, health and humoral immune response of steers new to the feedlot environment. J. Anim. Sci. 67:1350-1359.

Erwin E. S., G. J. Marco and E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci., 44: 1768-1771.

Ethan M. B., A. Tatsioni, A. H. Lichtenstein, J. Lau and A. G. Pittas. 2007. Effect of Chromium Supplementation on Glucose Metabolism and Lipids. Diabetes Care 30:2154-2163.

FAO: Food and Ag. Organization of the United Nations. 2004. FAO Statistics.

FAO: Food and Ag. Organization of the United Nations. 2007. FAO Statistics.

Gardner G. E., D. W. Pethick and G. Smith. 1998. Effect of Chromium Chelavite supplementation on the metabolism of glycogen and lipid in adult Merino sheep. *Australian journal of agricultural research*. 49 (1): 137-145.

Gentry L. R., J. M. Fernandez, T. L. Ward, T. W. White, L. L. Southern, T. D. Bidner, D. L. Thompson Jr., D. W. Horohov, A. M. Chapa and T. Sahlu. 1999. Dietary protein and chromium tripicolinate in Suffolk wether lambs: effects on production characteristics, metabolic and hormonal responses, and immune status. *J. Anim. Sci.* 77:1284-1294.

Grijalva H. M. I., M. N. V. Ballesteros y R. M. P. Cabrera. 2001. Contenido de cromo en alimentos y estimación de su ingestión dietaria en el noroeste de México. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición* 51(1).

Himeno S., H. S. Chittum and R. F. Burk. 1996. Isoforms of Selenoprotein P in Rat Plasma . *J. Biol. Chem.* 271: 769-775.

Hučko B., V. A. Bampidis, A. Kodeš, V. Christodoulou, Z. Mudřík, K. Poláková and V. Plachý. 2009. Rumen fermentation characteristics in pre-weaning calves receiving yeast culture supplements. *Czech J. Anim. Sci.* 54 (10): 435-442.

Jackson A. R., S. Powell, S. Johnston, J. L. Shelton, T. D. Bidner, F. R. Valdez, and L. L. Southern. 2008. The Effect of Chromium Propionate on Growth Performance and Carcass Traits in Broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 17:476-481.

Kayanoki Y., J. Fujii, K. N. Islam, K. Suzuki, S. Kawata, Y. Matsuzawa and N. Taniguchi. 1996. The protective role of glutathione peroxidase in apoptosis induced by reactive oxygen species. *J. Biochem.* 4:817-822.

Kegley E. B., D. L. Galloway and T. M. Fakler. 2000. Effects of dietary chromium-L-methionine on glucose metabolism of beef steers. *J. Anim. Sci.* 78:3177-3183.

Kitchalong L., J. M. Fernández, L. D. Bunting, L. L. Southern and T. D. Bidener. 1995. Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and nutrient partitioning in growing lambs. *J. Anim. Sci.* 73:2694-2705.

Koenig K. M., W. T. Buckley, J. A. Shelford. 1991. True absorption of selenium in dairy cows: stable isotope tracer methodology and effect of dietary copper. *Can J. Anim. Sci.* 71: 175-183.

Koenig K. M., L. M. Rode, R. D. H Cohen and W. T. Buckley. 1997. Effects of diet and chemical form of selenium on selenium metabolism in sheep. *J. Anim. Sci.* 75, 817-827.

Ku P. P., E. R. Miller, R. C. Wahlstrom, A. W. Groce, J. P. Hitchcock, and D. E. Ullrey. 1973. Selenium supplementation of naturally high selenium diets for swine. *J. Anim. Sci.* 37:501-505.

Lawler T. L., J. B Taylor, J. W. Finley and J. S. Caton. 2004. Effect of supranutritional and organically bound selenium on performance, carcass

characteristics, and selenium distribution in finishing beef steers. J. Anim. Sci. 82, 1488-1493.

Lawrie, R. A. 1991. Meat Science. 5th Edition. Pergamon Press, London. Pp 271.

Lefavi, R. G., G. D. Wilson, R. E. Keith, R. A. Anderson, D. L. Blessing, C. G. Hames, and J. L. McMillan. 1993. Lipid-lowering effect of a dietary chromium (III)-nicotinic acid complex in male athletes. Nutr. Res. 13:239-249.

Lila Z. A., N. Mohammed, T. Yasui, Y. Kurokawa, S. Kanda and H. Itabashi. 2004, Effects of a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation in vitro. J. Anim. Sci. 82:1847-1854.

Lindermann M. D., C. M. Wood, A. F. Harper, E. T. Kornegay and R. A. Anderson. 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. J. Anim. Sci. 73: 457-465.

Macedo B. R., R. V. Arredondo, R. R. Rodríguez, S. J. A. Rosales y G. A. Larios. 2009. Efecto de la adición de un cultivo de levaduras y de la ración sobre la degradación in vitro y productividad de corderos Pelibuey. Téc. Pecu. Méx. 47 (1): 41-53.

Mahan D. C., J. H. Brendemuhl, S. D. Carter, L. I. Chiba, T. D. Crenshaw, G. L. Cromwell, C. R. Dove, A. F. Harper, G. M. Hill, G. R. Hollis, S. W. Kim, M. D. Lindemann, C. V. Maxwell, P. S. Miller, J. L. Nelssen, B. T. Richert, L. L. Southern,

T. H. Stahly, H. H. Stein, E. Van Heuten, and J. T. Yen. 2005. Comparison of dietary selenium fed to grower-finisher pigs from various regions of the United States on resulting tissue Se and loin mineral concentrations. *J. Anim. Sci.* 83:852-857.

Mandigan M. T., J. M. Martinko, P. V. Dunlap, D. P. Clark. 2009. Brock, *Biología de los microorganismos*. Edición 12. Pearson Educación S.A. Madrid, España. Pp 1258.

Mateo R. D., J. E. Spallholz, R. Elder, I. Yoon and S. W. Kim. 2007. Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing, finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. *J. Anim. Sci.* 85:1177-1183.

McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clin.Chem.* 17: 297-304.

McDonald P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh y C. A. Morgan. 2006. *Nutrición Animal*. Acribia. Zaragoza, España. Pp. 616.

McDowell L. R., J. P. Velásquez y G. Valle. 1997. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Universidad de Florida Gainesville, USA. Pp. 81.

Mertz, W. 1987. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. 5^a., Vol 1, Academic Press. Inc., USA. Pp: 225-243.

Minson D. J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, San Diego USA. Pp. 463.

Mir Z. and P.S. Mir. 1994. Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and in vitro degradability. J. Anim. Sci. 72:537-545.

NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th Ed. National Academy Press. Washington, D.C. USA. Pp. 112.

NRC. 1989. National requirements of dairy cattle. 6th Ed. National Academy of Sciences, Washington, D. C. USA.

NRC. 1997. The Role of Chromium in Animal Nutrition. Washington, D. C. National Academy of Sciences. National Academy Press. USA. Pp: 120.

NRC. 2005. Mineral Tolerances of Animals, 2nd edn. National Academy of Sciences, Washington, D.C. USA.

Ogawa N., J. De Risi and P. O. Brown. 2000. New Components of a System for Phosphate Accumulation and Polyphosphate Metabolism in *Saccharomyces cerevisiae* Revealed by Genomic Expression Analysis. Mol. Biol. Cell. 11:4309-4321.

Ostergaard S., L. Olsson and J. Nielsen. 2000. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 64 34-50.

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

Peralta M. F., R. D. Miazzo y A. Nilson. 2008. Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de pollos de carne . REDVET. 9(10):1-11.

Plascencia A. J. y N. O. Torrentera. 2008. Evaluación de la combinación de una levadura viva (Cultivo de Levadura Ganadero Plus) y una levadura enriquecida con 8 minerales orgánicos (Beef-8-ways) añadida a diferentes niveles a dietas de finalización en vaquillas de engorda.

Rayman M. P., A. J. Thompson and B. Bekaert. 2008. Randomized controlled trial of the effect of selenium supplementation on thyroid function in the elderly in the United Kingdom. Am J Clin Nutr. 87:370-8.

Rivas J., T. Díaz, M. Hahn y P. Bastida. 2008. Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. Zootecnia Trop., 26(4):421-428.

Rodríguez A. L. C., G. D. M. Mendoza, N. S. Mota, A. I. T. Osorio, H. R. Lee y P. A. G. Hernández. 2011. Efecto del selenio y cromo orgánicos sobre el comportamiento de ovinos en finalización. Nota técnica. Revista Científica, FCV-LUZ. 21(2):152-155.

Romero M. J., M. R. Pinos, J. G. Herrera, J. C. García, A. Z. M. Salem, R. Bárcena, G. Alvarez. 2009. Influence of Zilpaterol and Mineral-Yeast Mixture on Ruminant Fermentation and Growth Performance in Finishing Steers. *J. Appl. Anim. Res.* 35: 77- 81.

Ohh Sang Jip and Joon Yeop Lee. 2005. Dietary Chromium-methionine Chelate Supplementation and Animal Performance. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18(6): 898-907.

SAS, 2002. User's Guide: Statistics. Version 8.2. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC, USA.

Schwarz K. and W. Mertz. 1959. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. *Arch. Biochem. Biophys.* 85: 292-295.

Serra A. B., S. D. Serra, K. Shinci and T. Fujihara. 1997. Bioavailability of rumen bacterial selenium in mice using tissue uptake technique. *Biological Trace Element Research* 58:255-26.

Sharadamma K. C., B. Purushotham, P. M. Radhakrishna, P. M. Abhilekha and H. M. Vagdevi. 2011. Role of selenium in pets health and nutrition: A review. *Asian Journal of Animal Sciences* 5(1):64-70.

Silva J. H., M. A. Quiroga, y N. J. Auza. 2000. Selenio en el rumiante. *Relaciones suelo, planta, animal. Med Vet* 17 (10):229-246.

Silva S. R., M. J. Gomes, A. Dias Da Silva, L. F. Gil, J. M. Azevedo. 2005. Estimation *in vivo* of the body and carcass chemical composition of growing lambs by realtime ultrasonography. J. Anim. Sci. 83:350-357.

Srinivas K. D., P. J. Rama, R. E. Raghava and R. K. Sarjan. 2010. Effect of yeast culture supplementation on nutrient utilization in Graded Murrah buffalo bull calves. Livestock Research for Rural Development. 22(125).

Steel D. R. G., and J. H. Torrie. 1997. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª ed. Mc Graw-Hill. México, D. F. Pp. 622 .

Steele N. C., T. G. Althen, and L. T. Frobish. 1977. Biological activity of glucose tolerance factor in swine. J. Anim. Sci. 45:1341-1346

Striffler J.S., J.S. Law, M.M. Polansky, S.J. Bhathena and R.A. Anderson. 1995. Chromium improves insulin response to glucose in rats. Met. 44:1314.

Tang S. X., G. O. Tayo, Z. L. Tan, Z. H. Sun, L. X. Shen, C. S. Zhou, W. J. Xiao, G. P. Ren, X. F. Han and S. B. Shen 2008. Effects of yeast culture and fibrolytic enzyme supplementation on *in vitro* fermentation characteristics of low-quality cereal straws. J Anim Sci. 86:1164-1172.

Throne M., A. Bach, M. R. Moreno, M. D. Stern and J. G. Linn. 2009. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal pH and microbial fermentation in dairy cows Yeast supplementation on rumen fermentation. Livestock Science. 124:261-265.

Underwood E. J. and N. Suttle. 1999. Selenium. Occasionally beneficial elements (Boron, Chromium, Lithium, Molybdenum, Nickel, Silicon, Tin, Vanadium). In: The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd Ed. CAB International New York USA. Pp 421-522.

Uyanik F. 2001. The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep. Biol. Trace Elem. Res. 84:93-101.

Vale E. O. E. 1999. Nutrition, Immunity and Infection in Swine: Role of Iron, Vitamin E and Selenium. A review. Revista Científica, FCV-LUZ. 9(3):174-179.

Van Keulen J. and B. A. Young. 1977. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. J. Anim Sci , 44:282-287.

Van Soest P.J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Vanzant E. S., R. C. Cochran and E. C. Titgemeyer. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. J. Anim. Sci., 76: 2717-2729.

Vignola G., L. Lambertini, G. Mazzone, M. Giammarco, M. Tassinari, G. Martelli and G. Bertin. 2009. Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. Meat Sci. 4: 678-685.

Wichtel J. J., A.L. Craigie, H. A. Varela and N.B. Williamson. 1994. Effect of intra-ruminal selenium pellets on growth rate, lactation and reproductive efficiency in dairy cattle N. Z. Vet. J. 42: 205-210.