

EFFECTO DEL SELENIO Y CROMO ORGÁNICOS Y *Saccharomyces cerevisiae* EN LA DEGRADACIÓN *in situ* DE LA DIETA, FERMENTACIÓN RUMINAL Y CRECIMIENTO DE BORREGOS

EFFECT OF ORGANIC SELENIUM AND CHROMIUM AND *Saccharomyces cerevisiae* ON *in situ* DIET DEGRADATION, RUMEN FERMENTATION AND GROWTH PERFORMANCE OF LAMBS

Miriam Reséndiz-Hernández¹, José R. Bárcena-Gama^{1*}, María M. Crosby-Galván¹, Mario Cobos-Peralta¹, José Herrera-Haro¹, Pedro A. Hernández-García², Lorenzo Carreón-Luna³

¹Colegio de Postgraduados. 56230. Km. 36.5, carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. ²Centro Universitario UAEM-Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México. 56900. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tecamachalco, Puebla. (rbarcena@hotmail.com).

RESUMEN

El cromo (Cr) y el selenio (Se) son micro minerales esenciales para rumiantes, modifican el metabolismo y su adición en las dietas puede afectar la degradación del alimento y la fermentación en rumen y, por tanto, la respuesta productiva de los animales. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de Se (0.90 mg kg⁻¹)+Cr (1.4 mg kg⁻¹) ambos quelados con levadura inerte en Biotecap[®] (Se+Cr orgánicos) y de *Saccharomyces cerevisiae* (SC; cepa 7907) en: 1) degradación *in situ* de la MS, FDN, FDA y PC; 2) pH, AGV y N-NH₃ en rumen; 3) consumo de MS, ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), así como en contenido de grasa de la canal de borregos. Los tratamientos fueron dietas: 1) testigo, sin Se+Cr ni SC; 2) testigo+Se+Cr; 3) testigo+SC; 4) testigo Se+Cr+SC. Para determinar la degradación *in situ* de las dietas y las variables de fermentación ruminal el diseño experimental fue un Cuadro Latino 4×4 y se usaron cuatro borregos criollos (PV=30±2 kg) con cánula ruminal. Para evaluar las variables productivas el diseño experimental fue completamente al azar y se usaron 20 borregos criollos (PV=29.88±2.98 kg). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS, y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey (p≤0.05). La degradación *in situ* fue mayor (p≤0.05) para la MS (DISMS) en el tratamiento con Se+Cr orgánicos y el tratamiento con SC respecto al testigo y el tratamiento con Se+Cr+SC, así como para la FDA (DISFDA) en el tratamiento con Se+Cr. No hubo diferencias (p>0.05) entre tratamientos pH, AGV y N-NH₃. La GDP fue menor

ABSTRACT

Chromium (Cr) and selenium (Se) are micro-minerals essential for ruminants, they modify metabolism and their addition to diets can affect feed degradation and fermentation in the rumen and, therefore, the productive response of the animals. The objective of this study was to evaluate the effect of Se (0.90 mg kg⁻¹)+Cr (1.4 mg kg⁻¹) both chelated with inert yeast in Biotecap[®] (organic Se+Cr) and of *Saccharomyces cerevisiae* (SC, strain 7907) on: 1) *in situ* degradation of DM, NDF, ADF, and CP; 2) pH, VFA and N-NH₃ in rumen; 3) DM intake, average daily gain (ADG), feed conversion (FC), as well as on carcass fat content of lambs. Treatments were diets: 1) control, without Se+Cr neither SC; 2) control+Se+Cr; 3) control+SC; 4) control Se+Cr+SC. To determine *in situ* degradation of the diets and ruminal fermentation variables, the experimental design was a Latin Square 4×4, using four criollo lambs (PV=30±2 kg) with a ruminal cannula. To evaluate the productive variables, the experimental design was completely randomized, and 20 criollo lambs were used (PV=29.88±2.98 kg). The data were analyzed with the GLM procedure of SAS, and means of treatments were compared with the Tukey test (p≤0.05). *In situ* degradation was higher (p≤0.05) for DM (ISDMD) in the organic Se+Cr and the SC treatment than in the control and the Se+Cr+SC treatments. ADF (ISDFDA) was also higher in the Se+Cr treatment. No differences (p>0.05) for pH, VFA and N-NH₃ were found among treatments. Average daily gain was lower (p≤0.05) in the control, while carcass weight was higher (p≤0.05) in the treatment with Se+Cr than in the control, but there was no effect on the other productive variables. It is concluded that the addition of organic Cr+Se only increased weight gain and carcass weight, but there was no effect from addition of SC.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: mayo, 2012. Aprobado: octubre, 2012.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 46: 745-755. 2012.

($p \leq 0.05$) en el testigo, mientras que el peso de la canal fue mayor ($p \leq 0.05$) en el tratamiento con Se+Cr comparado con el testigo, pero no hubo efecto en las demás variables productivas. Se concluye que la adición de Cr+Se orgánicos aumentó solamente la ganancia de peso y el peso de la canal, pero no hubo efecto por la adición de SC.

Palabras clave: minerales orgánicos, *Saccharomyces cerevisiae*, degradación *in situ*, borregos.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes orgánicas de minerales son más biodisponibles que las inorgánicas (Hernández *et al.*, 2007), pero en México hay pocos estudios acerca de suplementos minerales para ovinos (Domínguez y Huerta, 2008). Además, el uso de levaduras en dietas para rumiantes modifica algunos procesos digestivos y metabólicos (Díaz *et al.*, 2009). El Se y Cr son micro minerales esenciales para los rumiantes (NRC, 2005) porque modifican vías metabólicas. El Se actúa como coenzima en 15 selenoenzimas y destaca su actividad en la glutatión peroxidasa cuya función es reducir el daño oxidativo y establecer el estado redox intracelular (Rayman *et al.*, 2008). El Cr interviene en el metabolismo de la glucosa (McDonald *et al.*, 2006), lípidos y ácidos nucleicos (Grijalva *et al.*, 2001). La adición de Se o Cr orgánicos en dietas para rumiantes, puede cambiar el consumo de alimento, la ganancia de peso, y el rendimiento y contenido de grasa en la canal (Domínguez *et al.*, 2009). En la literatura revisada no se encontró información acerca del efecto del Se y Cr orgánicos en la fermentación ruminal y degradación de la materia seca (MS), aunque 250 ppm de Zn inorgánico adicionado en dietas para rumiantes puede afectar el pH, la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) (Arelovich *et al.*, 2000) y la degradación de nutrientes en el rumen, así como la población microbiana y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) (Mandal *et al.*, 2007). Además, levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (SC) pueden mejorar la estabilidad del pH en el rumen (Desmond, 2006), la digestibilidad de la fibra del alimento y el consumo de MS (Tang *et al.*, 2008), así como la producción de AGV debido a cambios favorables para el crecimiento de los microorganismos ruminales (Dolezal *et al.*, 2005). Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del Se más Cr orgánicos y de

Key words: organic minerals, *Saccharomyces cerevisiae*, *in situ* degradation, sheep.

INTRODUCTION

Sources of organic minerals are more available biologically than inorganic minerals (Hernandez *et al.*, 2007), but in Mexico, there are few studies on mineral supplements for sheep (Domínguez and Huerta, 2008). Moreover, the use of yeasts in diets for ruminants modifies some digestive and metabolic processes (Díaz *et al.*, 2009). Se and Cr are micro-minerals essential for ruminants (NRC, 2005) because they modify metabolic pathways. Se acts as a coenzyme in 15 selenoenzymes and its activity is outstanding in peroxidase glutathione whose function is to reduce oxidative damage and to establish intracellular redox state (Rayman *et al.*, 2008). Chromium intervenes in glucose metabolism (McDonald *et al.*, 2006), lipid and nucleic acids (Grijalva *et al.*, 2001). The addition of organic Se or Cr ruminant diets can change feed consumption, weight gain and yield and carcass fat content (Domínguez *et al.*, 2009). In the reviewed literature no information was found on the effect of Se and Cr on ruminal fermentation and dry matter (DM) degradation, although 250 ppm inorganic Zn added to ruminant diets can affect pH, ammonia nitrogen (N-NH₃) concentration (Arelovich *et al.*, 2000), and nutrient degradation in the rumen, as well as microbial population and concentration of volatile fatty acids (VFA) (Mandal *et al.*, 2007). Also, yeasts such as *Saccharomyces cerevisiae* (SC) can improve pH stability in the rumen (Desmond, 2006), digestibility of feed fiber and DM intake (Tang *et al.*, 2008), as well as production of VFA due to changes favorable to ruminal microorganism growth (Dolezal *et al.*, 2005). Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of organic Se plus Cr and *S. cerevisiae* added to sheep diets on *in situ* degradation of the diet, ruminal fermentation and productive response in lambs.

MATERIALS AND METHODS

Site

The productive response experiment was conducted on the experimental farm and the metabolic trial in the animal

S. cerevisiae adicionados a dietas para borregos, en la degradación *in situ* de la dieta, variables de fermentación ruminal y de la respuesta productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento de respuesta productiva se realizó en la granja experimental y el ensayo metabólico en los laboratorios de nutrición animal y microbiología ruminal del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Km. 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. El clima es templado semiseco, temperatura media anual 15.9 °C, heladas poco frecuentes, una precipitación pluvial media anual de 686.0 mm y una altitud media de 2800 m (García, 1988).

Tratamientos experimentales

La dieta (base seca, BS) se formuló para borregos en engorda (NRC, 2007): 20 % maíz molido, 10 % maíz entero, 10 % sorgo entero, 15 % sorgo molido, 4 % gluten de maíz, 10 % alfalfa, 17 % rastrojo de maíz, 11.5 % melaza, 1.5 % minerales, 0.5 % urea y 0.5 % acidbuff. La dieta aportó (BS): 13.6 % PC, 29.9 % FDN, 19.9 % FDA y 2.8 Mcal ED kg⁻¹. Los tratamientos fueron: 1) testigo sin Se+0 Cr ni SC; 2) testigo+Se+Cr orgánicos; 3) testigo+SC; 4) testigo+Se+Cr orgánicos+SC. Para Se+Cr se usó Biotecap[®] en polvo: Se 590 mg kg⁻¹ y Cr 990 mg kg⁻¹, en levadura inerte, y en la dieta se agregó 0.15 % Biotecap[®] lo cual proporcionó 0.90 mg kg⁻¹ de Se y 1.4 mg kg⁻¹ de Cr. La levadura fue *S. cerevisiae* en polvo cepa 7907 que aportó 1×10¹⁰ levaduras g⁻¹. Para cada tratamiento se mezclaron los minerales orgánicos y el SC con el concentrado por 10 min usando una mezcladora manual (capacidad 100 kg) y se adicionó el forraje molido en un molino de martillos (criba 2.5 cm); mezclando todos los ingredientes de las dietas por 15 min. En muestras de la dieta testigo se determinó MS, proteína cruda (PC) y cenizas (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991).

Respuesta productiva

Se usaron 20 borregos criollos (29.88±2.98 kg PV) alojados en jaulas metabólicas individuales alimentados a las 08:00 y 15:00 h y agua disponible los 42 d del experimento. Los borregos recibieron Ivermectina 1% (0.5 mL 25 kg⁻¹ PV) y Vigantol ADE (3 mL borrego⁻¹) 10 d antes de iniciar el experimento, y se midió

nutrición and ruminal microbiology laboratory of the Instituto de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería at the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5, Carretera Mexico-Texcoco, Montecillo, Estado de México. The climate is temperate, semi-arid: mean annual temperature 15.9 °C, infrequent frosts, mean annual rainfall 686.0 mm, and mean altitude of 2800 m (García, 1988).

Experimental treatments

The diet (dry base, DB) was formulated for fattening lambs (NRC, 2007): 20 % ground corn, 10 % whole grain corn, 10 % whole grain sorghum, 15 % ground sorghum, 4 % maize gluten, 10 % alfalfa, 17 % corn stover, 11.5 % molasses, 1.5 % minerals, 0.5 % urea, and 0.5 % acidbuff. The diet provided (DB) 13.6 % CP, 29.9 % NDF, 19.9 % ADF and 2.8 Mcal ED kg⁻¹. Treatments were the following: 1) control without Se+0 Cr or SC; 2) control+organic Se+Cr; 3) control+SC; 4) control+organic Se+Cr+SC. For Se+Cr, powdered Biotecap[®] was used: 590 mg kg⁻¹ Se and 990 mg kg⁻¹ Cr in inert yeast; 0.15 % Biotecap[®] was added to the diet. This provided 0.90 mg kg⁻¹ Se and 1.4 mg kg⁻¹ Cr. The yeast was powdered *S. cerevisiae*, strain 7907, which contributed 1×10¹⁰ yeast. For each treatment, the organic minerals and SC were mixed with the concentrate for 10 min using a manual mixer (100 kg capacity) and forage ground with a hammer mill (2.5 cm screen) was added. All the ingredients of the diets were mixed for 15 min. In samples of the control diet, DM, crude protein (CP) and ashes (AOAC, 1990), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) (Van Soest *et al.*, 1991) were determined.

Productive response

Twenty criollo lambs (29.88±2.98 kg liveweight) were used. During the 42 d of the experiment, they were kept in individual metabolic cages and fed at 08:00 and 15:00 h with free access to water. The lambs received 1 % Ivermectin (0.5 mL 25 kg⁻¹ liveweight) and Vigantol ADE (3 mL lamb⁻¹) 10 days before beginning the experiment and voluntary intake was measured during this period. The lamb were weighed, without fasting, at the beginning of the experiment, and later every 14 d before feeding at 08:00 h to determine daily weight gain and feed conversion. At the end of the experiment, the 20 lamb were sacrificed to measure dorsal fat thickness with ultrasound (Sonovet-600, traductor 7.5, USA) and warm carcass weight, which included kidneys (Osorio *et al.*, 1998).

el consumo voluntario en ese período. Los borregos fueron pesados, sin ayuno, al iniciar el experimento y luego cada 14 d, antes de ofrecer el alimento a las 08:00 h para determinar la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia. Al final del experimento los 20 borregos fueron sacrificados para medir el espesor de la grasa dorsal con ultrasonido (Sonovet-600, traductor 7.5, USA), y el peso de la canal caliente que incluyó los riñones (Osorio *et al.*, 1998).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados se analizaron usando el procedimiento GLM (SAS, 2002) y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$; Steel *et al.*, 1997).

Prueba metabólica

Para esta prueba se usaron cuatro borregos (30 ± 2 kg PV) con cánula ruminal permanente, alojados en jaulas metabólicas individuales, y recibieron alimento a las 07:00 y 19:00 h y agua limpia permanente. Los borregos fueron adaptados 7 d a las dietas y jaulas metabólicas y durante este periodo se midió el consumo voluntario de alimento; al inicio del experimento fueron pesados y dosificados con Ivermectina 1% (0.5 mL 25 kg^{-1} PV) y Vigantol ADE (3 mL borrego⁻¹). El experimento duró 40 d: cuatro periodos de 10 d, 7 d de adaptación y 3 d para tomar muestras. Los borregos fueron pesados al final del experimento.

Degradación *in situ* de la MS, FDN, FDA y PC

Durante el segundo y tercer día de muestreo de cada periodo experimental, se determinó la degradación *in situ* (Vanzant *et al.*, 1998) de la MS, FDN, FDA y PC de cada dieta usando bolsas ANKOM® F57 (tamaño de poro $25 \mu\text{m}$), secadas a peso constante en una estufa de aire forzado ($65 \text{ }^\circ\text{C}$, 24 h), se estabilizaron en un desecador, se identificaron y se pesaron. Se colocaron 0.5 g de las dietas molidas en un molino Wiley (malla 2 mm) en cada bolsa que se cerró con un termosellador. Para cada periodo de muestreo se usaron 120 bolsas (30 por borrego, cuatro con muestra y una bolsa blanco por cada tiempo de incubación para cada tratamiento) y todas fueron hidratadas 5 min con agua tibia ($38 \text{ }^\circ\text{C}$) antes de incubarlas para eliminar la fracción soluble. Después de ofrecer el alimento (08:00 h) las bolsas fueron colocadas en una red y se incubaron en el rumen 3, 6, 12, 24 y 48 h, mientras que las bolsas de la hora cero de cada tratamiento se usaron para determinar la fracción soluble de las dietas. Después del tiempo correspondiente las bolsas se

Experimental design and statistical analysis

The experimental design was completely random with four treatments and five replications. The results were analyzed using the GLM procedure (SAS, 2002), and treatment means were compared with the Tukey test ($p \leq 0.05$; Steel *et al.*, 1997).

Metabolic trial

For this trial there were four lambs (30 ± 2 kg PV) with a permanent ruminal cannula were kept in individual metabolic cages and received feed at 08:00 and 19:00 h, and permanent access to clean water. The sheep were adapted over 7 d to the diets and metabolic cages. During this period voluntary feed intake was measured. At the beginning of the experiment they were weighed and given a dosage of 1% Ivermectin (0.5 mL 25 kg^{-1} liveweight) and Vigantol ADE (3 mL sheep⁻¹). The experiment lasted 40 d: four periods of 10 d, 7 d adaptation, and 3 d for sample collecting. The sheep were weighed at the end of the experiment.

In situ degradation of DM, NDF, ADF and CP

During the second and third days of sampling of each experimental period, *in situ* degradation (Vanzant *et al.*, 1998) of DM NDF, ADF and CP of each diet using ANKOM® F57 bags (pore size $25 \mu\text{m}$), which were dried to constant weight in a forced air oven ($65 \text{ }^\circ\text{C}$, 24 h), stabilized in a dessicator, identified and weighed. Then, 0.5 g of the diets ground with a Wiley mill (2 mm screen) was placed each bag, which was sealed with a heat sealer. For each sampling period, 120 bags were used (30 per sheep, four with sample and one empty per each incubation time for each treatment). All were soaked for 5 min in warm water ($38 \text{ }^\circ\text{C}$) before incubation to eliminate the soluble fraction. After offering feed (08:00 h), the bags were placed in a net and incubated in the rumen 3, 6, 12, 24 and 48 h, while the bags at zero hours of each treatment were used to determine the soluble fraction of the diets. After the corresponding time had lapsed the bags were removed from the rumen, washed with running water until clean, dried for 24 h at room temperature ($26.0 \text{ }^\circ\text{C}$) and placed in a forced air oven at $55 \text{ }^\circ\text{C}$ for 24 h. They were then weighed to determine DM and CP (AOAC, 1990), residual NDF and ADF (Van Soest *et al.*, 1991). DM, NDF, ADF and CP digestion rate was also calculated (kd; %/h) by linear regression of the natural logarithm of residue against time (Smith *et al.* 1971). The absolute value of the slope was considered to be kd.

retiraron del rumen, se lavaron con agua corriente hasta quedar limpias, se secaron 24 h a temperatura ambiente (26.0 °C), se pusieron 24 h en una estufa de aire forzado a 55 °C y se pesaron para determinar la MS y PC (AOAC, 1990); FDN y FDA residual (Van Soest *et al.*, 1991). También se calculó la tasa de digestión (kd; %/h) de la MS, FDN, FDA y PC por regresión lineal del logaritmo natural del residuo contra el tiempo (Smith *et al.*, 1971). El valor absoluto de la pendiente se consideró la kd.

pH, AGV y N-NH₃ en líquido ruminal

Para determinar el pH y las concentraciones de AGV y N-NH₃, en el primer día de muestreo de cada periodo experimental, se recolectaron 50 mL de líquido ruminal 3 h después de suministrar el alimento (08:00 h). El líquido fue filtrado usando una capa doble de gasas y se midió el pH con un potenciómetro portátil (ORION, modelo SA 210, USA). Después se colocaron 4 mL de líquido ruminal en un tubo de ensaye con 1 mL de ácido metafosfórico al 25 % (v/v), para una dilución de 4:1. Las muestras se congelaron a -20 °C para después analizar los AGV y el N-NH₃.

Para medir la concentración de AGV, de las muestras descongeladas se tomó una alícuota de 3 mL, se centrifugó 19 min a 12 000 rpm. El sobrenadante se colocó en viales de vidrio (1 mL) y se midió la concentración de AGV (Erwin *et al.*, 1961) usando 2 μ L inyectados a un cromatógrafo de gases Perkin Elmer (modelo Claurus 500, USA) con automuestreador y equipado con una columna capilar FFAP (15 m longitud), 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) y una velocidad de gases (H y N) de 40 mL min⁻¹ y 400 mL min⁻¹ para el aire.

La concentración de N-NH₃ se determinó de acuerdo con McCollough (1967). Una muestra (2 mL) del líquido ruminal descongelado se centrifugó 10 min a 3000 rpm, del sobrenadante se colectaron 20 μ L y se depositaron en tubos de ensaye (10 mL) adicionando 1 mL de fenol y 1 mL de hipoclorito de sodio. Las muestras se incubaron 30 min en baño maría a 37 °C y se adicionaron 5 mL de agua destilada para su dilución, se agitaron en un vortex (Genie 2, modelo G-560, USA) y se leyó en un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible CARY 1-E VARIAN (Perkin Elmer, modelo lamda-40, USA) a una DO de 630nm.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue un Cuadro Latino 4×4 y los tratamientos fueron los mismos usados en la prueba de

pH, VFA and N-NH₃ in ruminal liquid

To determine pH and concentrations of VFA and N-NH₃, on the first sampling day of each experimental period, 50 mL of ruminal liquid were collected 3 h after feeding (08:00). The liquid was filtered through a double layer of gauzes and pH was measured with a portable potentiometer (ORION, model SA 210, USA). Later, 4 mL of ruminal liquid was placed in a test tube with 1 mL of 25 % (v/v) metaphosphoric acid for a 4:1 dilution. The samples were frozen at -20 °C for later analysis of VFA and N-NH₃.

To measure VFA concentration, an aliquot of 3 mL was taken from the defrosted samples and centrifuged for 19 min at 12 000 rpm. The supernatant was placed in glass vials (1 mL), and the VFA concentration was measured (Erwin *et al.*, 1961) using 2 μ L injected in a gas chromatograph Perkin Elmer (model Claurus 500, USA) with a self sampler and equipped with a FFAP capillary column (5 m long); temperature of the injector was 240 °C, flame ionization detector (FID) 250 °C and oven 80 °C (1 min) with increments of 20 °C min⁻¹ until reaching 140 °C (3 min) and a gas rate (H and N) of 40 mL min⁻¹ and 400 mL min⁻¹ for air.

N-NH₃ concentration was determined following McCollough (1967). One sample (2 mL) of defrosted ruminal liquid was centrifuged 10 min at 3000 rpm. From the supernatant, 20 μ L were collected and deposited in test tubes (10 mL), adding 1 mL phenol and 1 mL sodium hypochlorite. The samples were incubated 30 min in a water bath at 37 °C, and 5 mL distilled water was added to dilute. Samples were shaken in a vortex (Genie 2, model G-560, USA) and read in a visible ultraviolet light spectrophotometer CARY 1-E VARIAN (Perkin Elmer, model lamda-40, USA) at a DO of 630 nm.

Experimental design and statistical analysis

The experimental design was a Latin Square 4×4, and the treatments were those used in the productive behavior trial. The results of *in situ* degradation and ruminal variables were analyzed with the GLM procedure (SAS, 2002); treatment means were compared with the Tukey test (Steel *et al.*, 1997).

RESULTS AND DISCUSSION

Average daily gain (ADG) was lower ($p \leq 0.05$) in the control group than in the treatment groups, among which there were no differences. The variables DM intake, feed conversion, carcass yield and dorsal fat thickness were not different among

comportamiento productivo. Los resultados de la degradación *in situ* y variables ruminales se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 2002), las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ganancia diaria de peso (GDP) fue menor ($p \leq 0.05$) en el grupo testigo respecto a los demás tratamientos entre los cuales no hubo diferencias. Las variables de consumo de MS, conversión alimenticia, rendimiento de la canal y espesor de la grasa dorsal no fueron diferentes entre tratamientos ($p > 0.05$), pero el peso de la canal caliente fue mayor en el tratamiento con Se+Cr orgánicos respecto al testigo, (Cuadro 1). Estos resultados indican que la adición de estos minerales orgánicos o de la levadura, en los niveles usados en el presente estudio, aumentó la ganancia de peso de los borregos sin afectar el consumo de alimento.

Según Rodríguez *et al.* (2011), la adición de Se (0.3 o 0.4 mg kg⁻¹ dieta) y Cr (0.3 o 0.4 mg kg⁻¹ dieta) orgánicos quelados con levadura a dietas para ovinos en engorda no afecta la ganancia de peso, el consumo, la conversión y las características de la canal, pero mejoran la eficiencia parcial de utilización del alimento. Sin embargo, Domínguez *et al.* (2009) mencionan que la adición de Se (0.3 mg kg⁻¹ dieta) y Cr (0.25 o 0.35 mg kg⁻¹ dieta) orgánicos a una dieta

tratamientos ($p > 0.05$), but warm carcass weight was higher in the treatment with organic Se+Cr than in the control (Table 1). These results indicate that the addition of these organic minerals or of yeast, at the levels used in this study, increased lamb weight gain without affecting feed intake.

According to Rodríguez *et al.* (2011), the addition of organic chelated Se (0.3 or 0.4 mg kg⁻¹ diet) with yeast to diets for fattening sheep does not affect weight gain, intake, conversion or carcass characteristics, but improves partial feed efficiency. However, Domínguez *et al.* (2009) mention that the addition of organic Se (0.3 mg kg⁻¹ diet) and Cr (0.25 or 0.35 mg kg⁻¹ diet) to a finishing diet for sheep did not affect the productive variables, but when they were combined there was an interaction between them ($p \leq 0.05$) because feed intake and feed conversion decreased, but weight gain and carcass characteristics increased when Cr was increased. Uyanik (2001) reported that 0.2 to 0.4 ppm inorganic Cr did not change productive performance of sheep, but subcutaneous fat decreased. However, in our study the dosages of organic Se (0.9 mg kg⁻¹) and Cr (1.4 mg kg⁻¹) were higher than those of the studies mentioned, and the addition of these minerals increased weight gain and warm carcass weight.

The higher warm carcass weight in the treatment with organic Se+Cr, relative to the control, may be due to the activity of Se as an antioxidant and

Cuadro 1. Variables productivas en borregos alimentados con dietas adicionadas con Se+Cr orgánicos y *Saccharomyces cerevisiae* (SC).

Table 1. Productive variables in sheep fed diets supplemented with organic Se+Cr and *Saccharomyces cerevisiae* (SC).

Variable	Tratamientos				EEM ^b
	Testigo	Cr+Se [†]	SC [‡]	Cr+Se+SC [§]	
Peso vivo inicial (kg)	29.95 ^a	30.25 ^a	29.11 ^a	30.21 ^a	1.43
Peso vivo final (kg)	38.81 ^a	41.80 ^a	40.11 ^a	41.84 ^a	1.16
GDP (kg)	0.211 ^b	0.275 ^a	0.262 ^{ab}	0.277 ^a	0.015
Conversión alimenticia	6.26 ^a	5.05 ^a	5.09 ^a	5.05 ^a	0.41
CMS (kg)	1.32 ^a	1.39 ^a	1.38 ^a	1.40 ^a	0.30
Peso de la canal caliente (kg)	19.61 ^b	22.17 ^a	21.04 ^{ab}	21.38 ^{ab}	2.12
Rendimiento de la canal (%)	50.52 ^a	53.03 ^a	51.86 ^a	51.10 ^a	1.10
Grasa dorsal (mm)	3.0 ^a	2.8 ^a	3.0 ^a	2.8 ^a	0.14

[†]Selenio y cromo orgánicos. [‡]*Saccharomyces cerevisiae* cepa 7907. [§]Se y Cr orgánicos+S. *cerevisiae*. ^bError estándar de la media. ^{a, b}Medias con letras diferentes en un mismo renglón son diferentes ($p \leq 0.05$) * [†]Organic selenium and chrome. [‡]*Saccharomyces cerevisiae* strain 7907. [§]Organic Se and Cr+S. *cerevisiae*. ^bMean standard error. ^{a, b}Means with different letters in the same row are different ($p \leq 0.05$).

de finalización para ovinos no afectó las variables productivas, pero al combinarlos hubo una interacción entre ellos ($p \leq 0.05$) porque disminuyó el consumo de alimento y la conversión alimenticia pero aumentó la ganancia de peso y características de la canal al aumentar el Cr. Uyanik (2001) señala que 0.2 a 0.4 ppm de Cr inorgánico no cambió el comportamiento productivo de ovinos pero disminuyó la grasa subcutánea. Sin embargo, en el presente estudio las dosis de Se (0.9 mg kg^{-1}) y Cr (1.4 mg kg^{-1}) orgánicos fueron superiores a las de los estudios mencionados y la adición de estos minerales aumentaron la ganancia de peso y peso de la canal caliente.

El mayor peso de la canal caliente en el tratamiento con Se+Cr orgánicos respecto al testigo se puede deber a la actividad del Se como antioxidante y del Cr como factor de tolerancia a la glucosa. Los rumiantes usan el acetato más que la glucosa como fuente de carbono y esto puede reducir la sensibilidad de la insulina para el metabolismo energético de la glucosa. Según Gardner *et al.* (1998), la adición de $1 \text{ mg de Cr kg}^{-1}$ como amino ácido quelado a una dieta para ovinos en engorda puede potencializar el uso de la glucosa para obtener energía hasta en 30 %. Además, en becerros no estresados un suplemento de $0.37 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ MS disminuyó el colesterol sanguíneo y mejoró la tolerancia a la glucosa sin afectar el consumo de alimento, la conversión alimenticia o la ganancia de peso (Bunting *et al.*, 1994). La adición de Cr en dietas para ovejas no cambió las concentraciones de glucosa e insulina en sangre (Gentry *et al.*, 1999); aunque, Kegley *et al.* (2000) mencionan que un suplemento con Cr disminuye la concentración de glucosa e incrementa la de insulina en sangre de becerros. La variación de estos resultados indica que no se conoce con precisión la función del Cr en la fisiología de la glucosa e insulina en sangre, aunque en la literatura revisada se menciona que el Cr afecta estas funciones y es un mineral esencial para los animales (NRC, 2005).

La DISMS fue mayor ($p \leq 0.05$) en el tratamiento con Se+Cr orgánicos y el tratamiento con SC respecto al testigo y el tratamiento con Se+Cr+SC. No hubo diferencias en la DISFDN ni en la DISPC, mientras que la DISFDA fue mayor ($p \leq 0.05$) en el tratamiento con Se+Cr orgánicos solamente respecto al testigo (Cuadro 2). No se detectaron diferencias ($p > 0.05$) para las tasas de digestión (kp) de la MS, FDN, FDA y PC, ni en las variables ruminales

Cr as a factor of glucose tolerance. Ruminants use the acetate more than glucose as a source of carbon, and this may reduce sensitivity to insulin in glucose metabolism. According to Gardener *et al.* (1998), the addition of $1 \text{ mg of Cr kg}^{-1}$ as a chelated amino acid to a fattening diet for sheep can potentiate, up to 30 %, the use of glucose to obtain energy. Moreover, in unstressed calves a supplement of $0.37 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ DM decreased blood cholesterol and improved tolerance to glucose without affecting feed intake, feed conversion or weight gain (Bunting *et al.*, 1994). The addition of Cr in sheep diets did not change the concentrations of blood glucose or insulin (Gentry *et al.*, 1999); although, Kegley *et al.* (2000) state that a supplement with Cr decreases the concentration of blood glucose and increases that of insulin in calves. The variation in these results indicates that the function of Cr in the physiology of blood glucose and insulin is not precisely known, although in the literature reviewed, there are mentions that Cr affects these functions and is a mineral essential for animals (NRC, 2005).

In the treatment with organic Se+Cr and that with SC ISDDM was higher ($p \leq 0.05$) than the control and the treatment with Se+Cr+SC. There were no differences in ISDNDF or in ISDCP, while ISDADF was higher ($p \leq 0.05$) in the treatment with organic Se+Cr only relative to the control (Table 2). No differences were detected ($p > 0.05$) in rates of digestion (kp) of DM, NDF, ADF, and CP, nor in the ruminal variables of fermentation or the acetic:propionic ratio (Table 3).

It is not known whether chelated organic minerals with yeast added to sheep diet changes metabolism or specific populations of microorganisms in the rumen, nor their effect on DM, NDF, ADF and CP degradation or in the concentration of VFA, N-NH₃ and pH values. In our study, the addition of organic Se and Cr increased ($p \leq 0.05$) ISDADF and ISDDM, but they did not affect the ruminal fermentation variables. Romero *et al.* (2009) did not report effects on degradation or ruminal fermentation variables when adding chelated organic Se, Cr and Zn with yeast to diets for steers, results that partially coincide with those of our research. The absence of effects may be related to ruminal metabolism under the hypothesis that minerals from inorganic or organic sources joined to the bacterial protein fraction tend to bypass the rumen

Cuadro 2. Degradación *in situ* de la MS, FDN, FDA y PC en borregos alimentados con dietas adicionadas con Se y Cr orgánicos y *Saccharomyces cerevisiae* (SC).
Table 2. *In situ* degradation of DM, NDF, ADF and CP in sheep fed diets supplemented with organic Se and Cr and *Saccharomyces cerevisiae* (SC).

Degradabilidad (%)	Tratamientos				
	Testigo	Se+Cr [†]	SC [‡]	Se+Cr+SC [§]	EEM [¶]
MS	62.66 ^b	67.42 ^a	67.24 ^a	64.19 ^b	0.83
FDN	63.10 ^a	63.61 ^a	65.76 ^a	60.79 ^a	1.92
FDA	58.89 ^b	66.90 ^a	65.43 ^{ab}	63.88 ^a	1.83
PC	73.37 ^a	74.72 ^a	73.77 ^a	72.78 ^a	1.56

[†]Selenio y cromo orgánicos. [‡]*Saccharomyces cerevisiae* cepa 7907. [§]Se+Cr orgánicos+S. *cerevisiae*. [¶]Error estándar de la media. ^{a, b}Medias con letras diferentes en un renglón son diferentes (p≤0.05) ❖ [†]Organic selenium and chrome. [‡]*Saccharomyces cerevisiae* strain 7907. [§]Organic Se and Cr+S. *cerevisiae*. [¶]Mean standard error. ^{a, b}Means with different letters in a row are different (p≤0.05).

de fermentación o en la relación ácido:propiónico (Cuadro 3).

Se desconoce si los minerales orgánicos quelados con levadura adicionados a la dieta de borregos cambian el metabolismo o en poblaciones específicas de microorganismos en el rumen, ni su efecto en la degradación de la MS, FDN, FDA, PC o en la concentración de AGV, N-NH₃ y valores de pH. En el presente estudio, la adición de Se y Cr orgánicos aumentó (p≤0.05) la DISFDA y la DISMS pero no

and are absorbed in the small intestine (Koenig *et al.*, 1997); therefore, no effects on ruminal variables are detected.

The addition of SC increased only ISDDM and not that of the fiber fractions or of CP; nor did it affect ruminal fermentation variables. Titia *et al.* (2008) and Paryad and Rashidi (2009) reported increases in digestibility of DM, NDF and ADF, and in VFA concentration and changes in pH. However, Tripathi *et al.* (2008) and Lila *et al.* (2004) did not

Cuadro 3. pH y concentración (mM) de AGV y N-NH₃ (g dL⁻¹) en el fluido ruminal de borregos alimentados con dietas adicionadas con Se y Cr orgánicos y *Saccharomyces cerevisiae* (SC).

Table 3. pH and VFA (mM) and N-NH₃ concentration (g dL⁻¹) in the ruminal fluid of sheep fed diets supplemented with organic Se and Cr and *Saccharomyces cerevisiae* (SC).

Variable	Tratamientos				
	Testigo	Se+Cr [†]	SC [‡]	Se+Cr+SC [§]	EEM [¶]
pH	6.16 ^a	6.12 ^a	6.10 ^a	6.04 ^a	0.06
AGV Totales	106.81 ^a	108.19 ^a	103.72 ^a	96.86 ^a	3.83
Acetato	62.66 ^a	60.68 ^a	58.57 ^a	56.28 ^a	1.84
Propionato	26.15 ^a	31.69 ^a	28.32 ^a	26.83 ^a	3.20
Butirato	18.00 ^a	15.62 ^a	16.83 ^a	13.75 ^a	1.15
Acetato/Propionato	2.42 ^a	2.16 ^a	2.24 ^a	2.14 ^a	0.19
N-NH ₃	7.00 ^a	6.23 ^a	6.95 ^a	5.50 ^a	1.04

[†]Selenio y cromo orgánicos. [‡]*Saccharomyces cerevisiae* cepa 7907. [§]Se+Cr orgánicos+S. *cerevisiae*. [¶]Error estándar de la media. ^{a, b}Medias con letras diferentes en un renglón son diferentes (p≤0.05) ❖ [†]Organic selenium and chrome. [‡]*Saccharomyces cerevisiae* strain 7907. [§]Organic Se and Cr+S. *cerevisiae*. [¶]Mean standard error. a, b Means with different letters in a row are different (p≤0.05).

afectó las variables de fermentación ruminal. Romero *et al.* (2009) no reportan efectos en la degradación o variables de fermentación ruminal al adicionar Se, Cr y Zn orgánicos quelados con levadura a dietas para novillos, resultados que coinciden parcialmente con los de la presente investigación. La ausencia de efectos puede estar relacionada con el metabolismo ruminal bajo la hipótesis de que los minerales inorgánicos u orgánicos suelen sobrepasar el rumen unidos a la fracción de proteína bacteriana y se absorben en el intestino delgado (Koenig *et al.*, 1997), y no se detectan efectos en las variables ruminales.

La adición de SC solamente aumentó la DISMS pero no la de las fracciones de la fibra o de la PC, y tampoco afectó las variables de fermentación ruminal. Titia *et al.* (2008) y Paryad y Rashidi (2009) muestran aumentos en la digestibilidad de la MS, FDN y FDA, en la concentración de los AGV y modificaciones del pH; sin embargo, Tripathi *et al.* (2008) y Lila *et al.* (2004) no reportan cambios al adicionar SC. Las diferencias en los resultados se pueden atribuir a la cantidad adicionada de SC y al tipo de dieta (Mir y Mir, 1994), a la forma y frecuencia de adición de la levadura en las dietas y mecanismos de acción de la levadura en el rumen, los cuales aún no están claramente definidos (Macedo *et al.*, 2009). La combinación de SC y de Se+Cr orgánicos no mostró efectos sinérgicos en el presente estudio.

Los rumiantes usan también el propionato como un compuesto gluconeogénico para satisfacer las demandas de glucosa del organismo, principalmente en el cerebro. La concentración de glucosa en la sangre de los rumiantes es 50 mg dL⁻¹ (McDonald *et al.*, 2006), y un propósito de manipular la fermentación del rumen es aumentar la producción de ácido propiónico para obtener una mayor cantidad de sustrato para la síntesis de glucosa en el hígado. En el presente estudio, la adición de Se y Cr orgánicos y de SC no aumentó la producción de propionato, por lo cual no aumentaría el contenido de glucosa sanguínea en los borregos tratados. Sin embargo, con la misma concentración de glucosa, el suplemento de Cr podría aumentar la actividad de la insulina para favorecer el metabolismo celular de la glucosa, proporcionando así mayor energía a la célula, y afectar el metabolismo de lípidos aumentando la lipólisis y disminuyendo el depósito de grasa corporal. Rodríguez *et al.* (2011) reportan un aumento lineal en la glucosa sanguínea al adicionar Cr y al combinarlo con Se aumentó la

find changes when they added SC. The differences in the results may be attributed to the amount of SC added and to the type of diet (Mir and Mir, 1994), the manner and frequency of adding the yeast to the diets, or to mechanisms of yeast action in the rumen, which are still not clearly defined (Macedo *et al.*, 2009). The combination of SC and organic Se+Cr did not exhibit synergic effects in our study.

Ruminants also use propionate as a gluconeogenic compound to satisfy their demands of glucose, mainly in the brain. The concentration of glucose in the blood of ruminants is 50 mg dL⁻¹ (McDonald *et al.*, 2006), and one reason to manipulate fermentation in the rumen is to increase production of propionic acid to obtain a larger quantity of substrate for glucose synthesis in the liver. In our study, the addition of organic Se and Cr and of SC did not increase propionate production, and thus blood glucose content would not increase in the treated lambs. However, with the same concentration of glucose, the Cr supplement could increase insulin activity to favor cell glucose metabolism, thus providing the cell more energy, and affect lipid metabolism, increasing lipolysis and reducing body fat deposit. Rodríguez *et al.* (2011) found a linear increase in blood glucose when Cr was added, and when it was combined with Se, insulin increased, which could favor cell protein synthesis and use of carbohydrates and lipids (Debski *et al.*, 2004). This may explain higher carcass weight in the treatment with Se and Cr in our study. The addition of SC did not increase DWG or carcass weight. Moreover, the combination of Se and Cr with SC did not show synergic effect, and so the increase in carcass weight gain could be attributed to the metabolic activity of organic Se and Cr. However, the activity of organic Se and Cr in rumen metabolism and its subsequent effect on the physiology related to productive response in lambs used in this study is still not clear.

CONCLUSIONS

Based on the results of this study, it is concluded that the addition of organic Se combined with organic Cr had positive effects on weight gain and warm carcass weight of lambs; this did not occur when only *Saccharomyces cerevisiae* was added. No synergic effects were observed in productive response

insulina, lo cual puede favorecer la síntesis de proteína celular y la utilización de carbohidratos y lípidos (Debski *et al.*, 2004). Lo anterior puede explicar el mayor peso de la canal en el tratamiento con Se y Cr del presente estudio. La adición de SC no aumentó la GDP ni tampoco el peso de la canal; además, la combinación de Se y Cr con el SC no mostró efectos sinérgicos, por lo cual el aumento de peso de la canal se podría atribuir a la actividad metabólica del Se y Cr orgánicos. Sin embargo, no queda clara la actividad del Se y Cr orgánicos en el metabolismo del rumen y su subsecuente efecto en la fisiología relacionada con la respuesta productiva en los borregos usados en el presente estudio.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados de este estudio, se concluye que la adición combinada de Se con Cr orgánicos tuvo efectos positivos en la ganancia de peso y en el peso de la canal caliente de los borregos, lo cual no ocurrió al adicionar solamente *Saccharomyces cerevisiae*. No se observaron efectos sinérgicos en la respuesta productiva al combinar los minerales orgánicos con *S. cerevisiae*; además, los tratamientos no cambiaron las variables de fermentación ruminal.

LITERATURA CITADA

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

Arelovich, H. M., F. N. Owens, G. W. Horn, and J. A. Vizcarra A. 2000. Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *J. Anim. Sci.* 78: 2972-2979.

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.

Debski, B., M. Zalewski., M. A. Gralak, and T. Kosla. 2004. Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 18: 47-51.

Desmond, C. 2006. The effect of Yea-sacc supplementation on the rumen physiology of lactating dairy cows. Lyons Research Farm. Alltech Pub. Paris, Francia. 317 p.

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 dactylon*) en condiciones *in vitro*. *Rev. Cub. Ciencia Agríc.* 43(3): 251-257.

when the organic minerals were combined with *S. cerevisiae*. Moreover, the treatments did not change ruminal fermentation variables.

—End of the English version—



Dolezal, P., J. Dolezal, and 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., 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.

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

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.

García de Miranda, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. 252.

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 J. Agric. Res.* 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. *Arch. Latin. Nutr.* 51(1): 105-110.

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

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.

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.

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.

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*

- in vitro* y productividad de corderos Pelibuey. *Téc. Pec. Méx.* 47(1): 41-53.
- 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. 587 p.
- Mandal, G. P., R. S. Dass, D. P. Isore, A. K. Garg, and G. C. Ram, 2007. Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (*Bos indicus* × *Bos taurus*) bulls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138: 1-12.
- 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. 2007. Committee on the Nutrient Requirements of Small Ruminants. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academy Press. Washington, DC.
- NRC. 2005. Mineral Tolerance of Animals. 2nd. rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Osorio, J. C., G. María, M. Borba, P. Jardim, y J. Povey. 1998. Estudio comparativo de tres sistemas de producción de carne en ovinos Corriedale en Brasil. *Prod. Ovina/Caprina* 23: 465-468.
- Paryad, A., and M. Rashidi. 2009. Effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on apparent digestibility and nitrogen retention of tomato pomace in sheep. *Pak. J. Nutr.* 8(3): 273-278.
- 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: 370-378.
- 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. M., J. M. R. Pinos, J. G. Herrera, J. C. García, A. Z. M. Salem, R. Bárcena, and G. Alvarez. 2009. Influence of zilpaterol and mineral-yeast mixture on ruminal fermentation and growth performance in finishing steers. *J. Appl. Anim. Res.* 35: 77-81.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System Institute. User's Guide: Statistics. Cary, NC, USA. Release 8.02.
- Smith, L. W., H. K. Goering, D. R. Waldo, and C. H. Gordon. 1971. *In vitro* digestion rate of forage cell components. *J. Dairy Sci.* 54: 71-79.
- Steel, D. R. G., J. H. Torrie, y D. A. Dickey. 1997. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2ª ed. McGraw-Hill. México, D. F. 622 p.
- 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.
- Titia, H. H., R. O. Dmour, and A. Y. Abdullah, 2008. Growth performance and carcass characteristics of Awassi lambs and Shami goat kids fed yeast culture in their finishing diet. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 142: 33-43.
- Tripathi, M. K., S. A. Karim, O. H. Chaturvedi, and D. L. Verma. 2008. Effect of different liquid cultures of live yeast strains on performance, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in lambs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92: 631-639.
- Uyanik, F. 2001. The effects of dietary chromium supplementation on some blood parameters in sheep. *Biol. Trace Elem. Res.* 84: 93-101.
- 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.