

SUPLEMENTO DE SELENIO CON BOLOS INTRARRUMINALES DE SELENITO DE SODIO EN OVINOS

SUPPLEMENT OF SELENIUM WITH INTRARUMINAL BOLUS OF SODIUM SELENITE IN SHEEP

Alma Revilla-Vázquez¹, Efrén Ramírez-Briebesca^{2*}, Raquel López-Arellano¹, L. Marina Hernández-Calva², Jorge Tórtora-Pérez¹, Elizabeth García-García¹ y Rosy G. Cruz Monterrosa²

¹Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. ²Ganadería. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo Estado de México. (efrenrb@colpos.mx)

RESUMEN

Como alternativa para dar un suplemento de selenio se diseñaron y ensayaron bolos intrarruminales de 3 y 10 g (peso total) en corderos y ovinos adultos. Los ingredientes fueron: selenito de sodio (5.23%) como fuente de Se; para regular su liberación y mantener su masa y densidad, Fe 68.77%; cutina 25%; estearato de magnesio 1%. Se usaron ocho corderos Pelibuey (6 meses edad) en jaulas metabólicas por 15 d. Luego recibieron cánulas ruminales tipo T y fueron alimentados con una dieta baja en Se (0.06 $\mu\text{g g}^{-1}$); los tratamientos fueron: un grupo testigo sin Se, y un grupo complementado con bolo de Se (3 g). En la prueba de comportamiento se usaron 20 ovejas Columbia: 10 en el grupo testigo y 10 que recibieron bolos (10 g). En los corderos, los bolos liberaron Se sin cambiar el pH ruminal ($p > 0.05$). El modelo para la degradación del bolo en efecto tiempo dentro del medio ruminal fue: $\text{Peso (g)} = 3.0106 - 8^{-5}(\text{d}) - 2^{-6}(\text{d})^2$, ($r=0.97$). En la prueba de comportamiento con las ovejas el bolo de Se aumentó las concentraciones de Se sanguíneo en 22.6 y 72% a los 60 y 90 d ($p \leq 0.05$). Se concluye que el uso de bolos intrarruminales es una tecnología adecuada y confiable para corregir la deficiencia de Se y mantener concentraciones adecuadas de Se en ovinos.

Palabras clave: Deficiencia de selenio, suplemento con bolos, ovinos.

INTRODUCCIÓN

El selenio (Se) es un microelemento requerido para varias funciones vitales del organismo, es el componente estructural de poco más de 30 selenoproteínas, muchas de ellas importantes por su actividad enzimática: la glutatión peroxidasa, reguladora de los procesos oxidativos celulares; la peroxidasa y la reductasa tiroideas, críticas en la síntesis de las hormonas tiroideas; las deiodinasas responsables de la activación de T_3 (Behne y Kyriakopoulos, 2001; Beckett y Arthur, 2005). El Se participa en la respuesta del sistema inmune, en la espermatogénesis, en procesos de

ABSTRACT

As an alternative for giving a selenium supplement, intraruminal boluses of 3 and 10 g (total weight) were designed and tested in lambs and adult sheep. The ingredients were: sodium selenite (5.23%) as source of Se; to regulate its release and maintain its mass and density, Fe 68.77%; cutin 25%; magnesium stearate 1%. Eight Pelibuey lambs (6 months of age) were used in metabolic cages for 15 d. Later, they received T type ruminal cannulas, and were fed a diet low in Se (0.06 $\mu\text{g g}^{-1}$); the treatments were as follows: a control group without Se, and a group supplemented with bolus of Se (3 g). In the performance trial test, 20 Columbia ewes were used: 10 in the control group and 10 that received bolus (10 g). In the lambs, the bolus released Se without affecting the ruminal pH ($p > 0.05$). The model for the degradation of the bolus in time effect within the ruminal medium was: $\text{Weight (g)} = 3.0106 - 8^{-5}(\text{d}) - 2^{-6}(\text{d})^2$, ($r=0.97$). In the behavior test with the ewes, the bolus of Se increased the concentrations of blood Se by 22.6 and 72% at 60 and 90 d ($p \leq 0.05$). It is concluded that the intraruminal bolus used in this assay constitutes an adequate and reliable technology for correcting the deficiency of Se and maintaining adequate concentrations of Se in sheep.

Key words: Selenium deficiency, supplement with bolus, sheep.

INTRODUCTION

Selenium (Se) is a microelement which is required in various vital functions of the organism. It is the structural component of slightly more than 30 selenoproteins, many of which are important for its enzymatic activity: the peroxidase glutathione, regulator of the oxidative cellular processes; peroxidase and thyroid reductase, critical in the synthesis of the thyroid hormones; the deiodinases responsible for the activation of T_3 (Behne and Kyriakopoulos, 2001; Beckett and Arthur, 2005). Se plays a role in the response of the immune system, in spermatogenesis, in processes of growth and development and in the regulation and efficiency of most of the productive processes (Swecker *et al.*, 1995; Turner and Finch, 1990).

* Autor responsable.

Recibido: Mayo, 2007. Aprobado: Mayo, 2008

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 42: 629-635. 2008.

crecimiento y desarrollo y en la regulación y eficiencia de la mayoría de los procesos productivos (Swecker *et al.*, 1995; Tuner y Finch, 1990).

Los trastornos productivos por la deficiencia de Se pueden ser severos. En animales lactantes es común la muerte súbita por falla cardíaca asociada con cambios degenerativos en miocardio; en animales jóvenes y adultos son comunes los problemas de distrofia muscular nutricional (DMN), retraso en el crecimiento e infertilidad (Langlands *et al.*, 1991). En México, los hallazgos clínico-patológicos por DMN fueron diagnosticados primero en bovinos (Aluja y Adame, 1977) y el altiplano mexicano es una región selenodeficiente (Ramírez-Briebesca *et al.*, 2001).

El uso de bolos de liberación prolongada es una alternativa de suplemento y puede ofrecer ventajas que permiten satisfacer los requerimientos mediante la liberación constante del elemento. La investigación con bolos o comprimidos intrarruminales en México es reciente; existen algunos prototipos realizados con cemento y en formulaciones industriales experimentales (Blanco *et al.*, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2005). Sin embargo, es necesario determinar las tasas de liberación que permitan reducir las pérdidas causadas por la deficiencia y validar los productos. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la liberación de Se en los compartimientos pre-gástricos de ovinos canulados, tratados con bolos intrarruminales de lenta liberación y analizar sus concentraciones plasmáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bolos intrarruminales

Los bolos fueron elaborados en el área de Farmacia de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La fuente de Se fue selenito de sodio (45% Se elemental). Se fabricaron bolos con un peso de 3 y 10 g, para corderos y ovinos adultos. Los ingredientes fueron: selenito de sodio 5.23%; para estructurar la matriz de liberación y asegurar la densidad adecuada para evitar la regurgitación en la rumia, Fe 68.77%; cutina 25%; estearato de magnesio 1%.

Evaluación *in situ*

Se usaron ocho corderos Pelibuey (6 meses de edad; peso inicial 25 ± 2.3 kg) y fueron acostumbrados al manejo en jaulas metabólicas por 15 d. En todos los corderos se colocaron cánulas ruminales tipo T, asegurando el bienestar de los corderos que recibieron una dieta baja en Se ($0.06 \mu\text{g g}^{-1}$) 21 d antes y durante el experimento. La dieta (base MS) tenía forraje picado de avena (48%), cebada y trigo entero (50%) y sal mineral libre de selenio (2%). Los dos tratamientos se asignaron al azar entre los corderos: testigo sin bolo; con suplemento de bolos de Se y se introdujo en cada cordero por la

The productive disorders resulting from the deficiency of Se can be severe. In lactating animals sudden death from heart failure associated with degenerative changes in myocardium is common; in young and adult animals, nutritional muscular dystrophy (NMD), retardation in growth and infertility are frequent (Langlands *et al.*, 1991). In México, the clinical-pathological findings from NMD were first diagnosed in cattle (Aluja and Adame, 1977) and the Mexican highlands is a seleno-deficient region (Ramírez-Briebesca *et al.*, 2001).

The use of bolus of prolonged release is an alternative of supplement and can offer advantages that make it possible to satisfy the requirements through the constant release of the element. The investigation with bolus or intraruminal pellets in Mexico is recent; there are some prototypes made with cement and in experimental industrial formulations (Blanco *et al.*, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2005). However, it is necessary to determine the release rates that make it possible to reduce the losses caused by the deficiency and to validate the products. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the release of Se in the pre-gastric compartments of cannulated sheep, treated with slow release intraruminal bolus and to analyze their plasmatic concentrations.

MATERIALS AND METHODS

Intraruminal bolus

The boluses were made in the Farmacy area of the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). The source of Se was sodium selenite (45% elemental Se). Boluses were made with a weight of 3 and 10 g, for lambs and adult sheep. The ingredients were: sodium selenite 5.23%; to structure the liberation matrix and insure the adequate density to avoid regurgitation in the rumia, Fe 68.77%; cutin 25%; magnesium stearite 1%.

Evaluation *in situ*

Eight Pelibuey lambs were used (6 months of age; initial weight 25 ± 2.3 kg), that were accustomed to management in metabolic cages for 15 d. In all of the lambs, T type ruminal cannulas were placed, insuring the well being of the lambs that received a diet low in Se ($0.06 \mu\text{g g}^{-1}$) 21 d prior to and during the experiment. The diet (DM base) included chopped forage of oats (48%), barley and whole wheat (50%) and mineral salt free of selenium (2%). The two treatments were assigned randomly among the lambs: control without bolus; with supplement of bolus of Se, and a bolus of Se (3 g DM base) was introduced in each lamb through the cannula suspended within a plastic net and with a string, which facilitated its immersion and extraction from the rumen and avoided its loss. The boluses were

cánula un bolo de Se (3 g base MS) suspendido dentro de una red de plástico, y con un hilo que facilitaba su inmersión y extracción del rumen y evitaba su pérdida. Los bolos se pesaron en una báscula analítica antes y cada 8 d después de introducirlos en el rumen. Este procedimiento se realizó 90 d consecutivos para evaluar la degradación del bolo (pérdida de masa) y la liberación de Se en el contenido ruminal. Otros cuatro bolos se introdujeron en un vaso de precipitado con líquido ruminal para determinar el porcentaje de humedad absorbido y corregir el peso de los bolos introducidos en el rumen en base con MS.

Las muestras de líquido ruminal se recolectaron directamente a través de la cánula ruminal en un vaso de precipitado y se filtraron con gasa para medir el pH con un potenciómetro (Conductronic PC 18). El resto de la muestra filtrada fue almacenada en bolsa de plástico (NASCO) y congelada hasta determinar Se.

Prueba de comportamiento

Se usaron 20 ovejas Columbia no gestantes (peso promedio 37 ± 5.2 kg) en la FES-C de la UNAM y dos tratamientos: testigo, sin Se; con suplemento de bolos de Se (10 g peso) por vía oral para reducir el riesgo de regurgitación. Durante el experimento las ovejas no recibieron suplemento mineral con Se. El grupo con suplemento fue evaluado radiológicamente 40 d después de la administración de los bolos, para confirmar su presencia en el compartimiento retículo-ruminal. Se hicieron tres muestreos sanguíneos cada 30 d directamente de la vena yugular con tubos con EDTA y agujas vacutainer.

Análisis de laboratorio

La determinación de Se total se hizo por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros después de una digestión ácida asistida por microondas, en el laboratorio de Desarrollo de Métodos Analíticos de la FES-C, UNAM. Se pesó aproximadamente 1 g de fluido ruminal en un vaso de teflón, HP500 Plus del horno de microondas MARS5 (CEM, USA), se adicionaron 10 mL de H₂O desionizada (Millipore, USA), 5 mL HNO₃ y 2 mL H₂O₂ (J.T. Baker, México). Después de 10 min, se taparon los vasos y se armó el carrusel de 14 vasos para digestión asistida por microondas. Los vasos se enfriaron a temperatura ambiente, su contenido se colocó en matraces volumétricos de 50 mL (cada vaso se enjuagó tres veces con HCl 7 M), se llevó a la marca y se aforó con HCl 7 M. Luego, las muestras se traspasaron a frascos de polietileno etiquetados para su análisis (Capelo *et al.*, 2006).

La cuantificación de Se total se realizó con una curva de calibración por espectrofotometría de absorción atómica mediante el sistema de atomización de generador de hidruros (Espectrofotómetro de Absorción Atómica SpectrAA-800 y el Generador de Hidruros VGA-77, VARIAN), usando una curva en un intervalo de concentraciones de 5 a 25 mg L⁻¹ (ppb, estándar de selenio, High-Purity, USA).

weighed in an analytic scale before and every 8 d after introducing them in the rumen. This procedure was carried out 90 consecutive days to evaluate the degradation of the bolus (loss of mass) and the release of Se in the ruminal content. An additional four boluses were introduced in a glass of precipitate with ruminal liquid to determine the percentage of absorbed moisture and to correct the weight of the bolus introduced in the rumen in base to DM.

The samples of ruminal liquid were collected directly through the ruminal cannula in a precipitate glass and were filtered with gauze to measure the pH with a potentiometer (Conductronic PC 18). The rest of the filtered sample was stored in a plastic bag (NASCO) and frozen until the determination of Se.

Performance trial

Twenty non-pregnant Columbia ewes (average weight 37 ± 5.2 kg) were used in the FES-C of UNAM and two treatments; control, without Se; with supplement of bolus of Se (10 g weight) administered orally to reduce the risk of regurgitation. During the experiment the ewes did not receive mineral supplement of Se. The group with supplement was evaluated radiologically 40 d after the administration of the bolus, to confirm its presence in the reticulum-ruminal compartment. Three blood samplings were carried out every 30 d directly from the jugular vein with tubes of EDTA and vacutainer syringes.

Laboratory analysis

The determination of total Se was made by atomic absorption spectrophotometry with generator of hydruros after an acid digestion assisted by microwaves, in the laboratory of Development of Analytical Methods of the FES-C, UNAM. Approximately 1 g of ruminal fluid was weighed in a teflon container, HP500 Plus of the microwave oven MARS5 (CEM, USA), and 10 mL of de-ionized H₂O (Millipore, USA) was added, along with 5 mL HNO₃ and 2 mL H₂O₂ (J.T. Baker, Mexico). After 10 min, the containers were covered and the carousel of 14 containers was set for digestion assisted by microwaves. The containers were cooled to room temperature, their content was placed in volumetric matrices of 50 mL (each container was rinsed three times with HCl 7 M), was taken to the mark and was phorulated with HCl 7 M. Later, the samples were moved to labeled polyethylene containers for their analysis (Capelo *et al.*, 2006).

The quantification of the total Se was made with a calibration curve by atomic absorption spectrophotometry by means of the atomization system of the hydruros generator (Atomic Absorption Spectrophotometer SpectrAA-800 and Hydruros Generator VGA-77, VARIAN), using a curve in an interval of concentrations of 5 to 25 mg L⁻¹ (ppb, selenium standard, High-Purity, USA).

Statistical analysis

The experimental design was completely randomized. An exponential regression model was calculated with the SPSS statistical

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar. Se calculó un modelo de regresión exponencial con el paquete estadístico SPSS ver 11 (2001), para las variables tiempo y peso del bolo. Para las concentraciones de Se en líquido ruminal, pH del rumen y concentraciones de Se hemático, por el efecto tiempo y tratamiento se hizo un análisis de varianza; además se usó la prueba de Tukey para detectar diferencias entre medias($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba *in situ*

Con los datos de la degradación intrarruminal de los bolos se ajustó el siguiente modelo: $\text{Peso (g)} = 3.0106 - 8^{-5}(d) - 2^{-6}(d)^2$ ($r = 0.97$; Figura 1). En los primeros 10 d después de la inmersión (Figura 2) se observó un ligero incremento de Se en el líquido ruminal y a los 70 d la concentración de Se aumentó notoriamente.

El modelo obtenido para predecir la degradación del bolo indica que cada gramo puede desaparecer en 400 d. El bolo se fabricó con 5.23% de selenito de sodio (2.35% Se elemental), ésto es 70.6 mg Se g^{-1} bolo, que dividido entre los 400 d, da una liberación de 0.177 mg Se d^{-1} . La FDA (2007) recomienda una liberación de 3 mg Se d^{-1} para bovinos de carne y ganado lechero; si un bovino pesa alrededor de 500 kg, la liberación de Se por el bolo es 0.006 mg Se kg^{-1} . En el presente experimento, la liberación calculada de Se en el rumen de los ovinos fue 0.007 mg Se kg^{-1} , valor muy cercano a la recomendación de la FDA. La concentración promedio de Se en el líquido del rumen

package VER 11 (2001), for the variables of time and weight of the bolus. For the concentrations of Se in ruminal liquid, pH of the rumen and concentrations of hematic Se, from the effect of time and treatment an analysis of variance was made; in addition, those of the Tukey test were used to detect differences among means ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Test *in situ*

With the data of the intraruminal degradation of the bolus, the following model was fitted: $\text{Weight (g)} = 3.0106 - 8^{-5}(d) - 2^{-6}(d)^2$ ($r = 0.97$; Figure 1). In the first 10 d after immersion (Figure 2), a slight increase of Se was observed in the ruminal liquid, and at 70 d the concentration of Se notably increased.

The model obtained to predict the degradation of the bolus indicates that every gram can disappear in 400 d. The bolus was made with 5.23% of sodium selenite (2.35% elemental Se), which is 70.6 mg Se g^{-1} bolus, which divided into the 400 d, gives a release rate of 0.177 mg Se d^{-1} . The FDA (2007) recommends a release of 3 mg Se d^{-1} for beef cattle and dairy cows; if cattle weighs approximately 500 kg, the release of Se from the bolus is 0.006 mg Se kg^{-1} . In the present experiment, the release of Se in the rumen of the cannulated sheep was calculated at 0.007 mg Se kg^{-1} , a value very close to that recommended by the FDA. The average concentration of Se in the liquid of the rumen was 2.7 $\mu g g^{-1}$ Se, with a maximum peak of 5 $\mu g g^{-1}$ Se. The total content of Se can be in ionized form or incorporated to the microbia mass. No scientific information was found that associates the concentrations of Se with the release rates of Se with

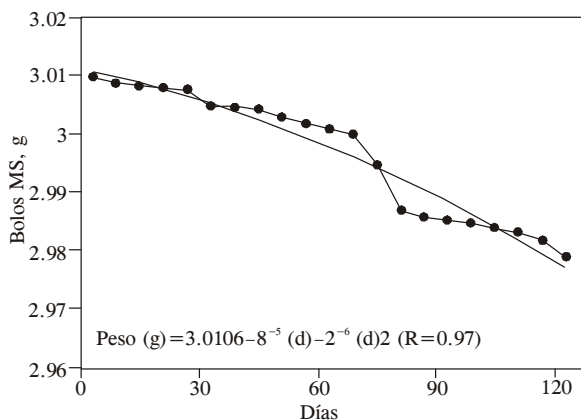


Figura 1. Promedio y curva de ajuste en la degradación intrarruminal de bolos de Se en corderos.
Figure 1. Average and adjustment curve in the intraruminal degradation of boluses of Se in lambs.

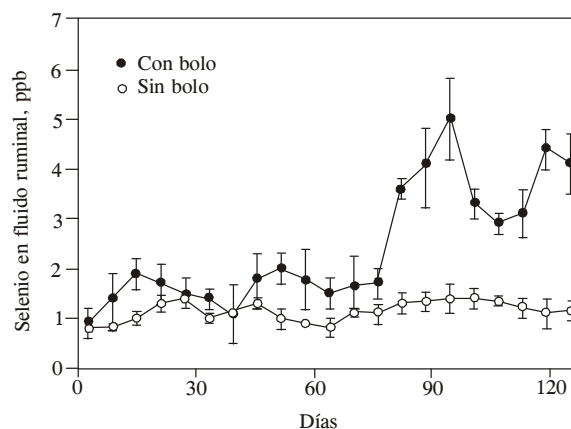


Figura 2. Concentraciones de Se en fluido ruminal de corderos con o sin bolos intrarruminales.
Figure 2. Concentrations of Se in rumen fluid of lambs with or without intraruminal bolus.

fue 2.7 $\mu\text{g g}^{-1}$ Se, con un pico máximo de 5 $\mu\text{g g}^{-1}$ Se. El contenido total de Se puede estar en forma ionizada o incorporado a la masa microbiana. No se encontró información científica que asocie las concentraciones de Se con las tasas de liberación del Se con bolos, pero sí hay información del Se de suplemento en la dieta y su concentración en líquido ruminal. Serra *et al.* (1994) encontraron concentraciones promedio de 6.29 $\mu\text{g g}^{-1}$ Se en líquido ruminal de corderos con un suplemento de 0.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ Se en la dieta. Es evidente el aumento de la concentración de Se en el líquido de rumen cuando se da en la dieta o con bolo, como se observó en este trabajo. Al parecer, los microbios del rumen pueden captar el Se disponible y reducir las sales de Se como selenato o selenito de sodio a Se elemental, o incorporarlo como selenoaminoácidos (Hudman y Glenn, 1984). Se especula que dietas altas en concentrado reducen la disponibilidad de Se en rumen y, en consecuencia, disminuye la absorción (Gerloff, 1992). Sin embargo, no hay evidencias de que el Se se absorba en la pared del rumen.

El pH promedio en rumen en el grupo testigo y con bolo fue 6.1 \pm 0.4 y 6.2 \pm 0.3, sin diferencias significativas ($p > 0.05$). El pH en rumen dependió primordialmente de la dieta que recibieron los corderos.

Prueba de comportamiento

A los 60 y 90 d de dosificación las concentraciones de Se (Cuadro 1) aumentaron 22.6 y 72% ($p \leq 0.05$) en los grupos con bolo: (mh h⁻¹) antes de proporcionar Se (antes) y días después de proporcionar Se (ddp): 1) antes: a) testigo 0.074, b) con Se 0.075 \pm 0.1 abc; 2) 30 dda: a) testigo 0.069 \pm 0.01 a, b) tratado 0.069 \pm 0.007a; 3) 60 ddp: testigo 0.069 \pm 0.012a, b) tratado 0.085 \pm 0.013 c; 4) 90 ddp: a) testigo 0.068 \pm 0.01 ab, tratado 0.12 \pm 0.1.

Los bolos administrados en este experimento pesaron 10 g con 235 mg de Se. En bovinos se han proporcionado bolos de 30 g, con 360 a 500 mg de Se como selenito de sodio y liberan 3 mg de Se d⁻¹, con un sistema de expulsión de bomba osmótica (Tasker, 1992).

bolus, but there is information of the Se of supplement in the diet and its concentration in rumen liquid. Serra *et al.* (1994) found average concentrations of 6.29 $\mu\text{g g}^{-1}$ Se in rumen liquid of lambs with a supplement of 0.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ Se in the diet. The increase in the concentration of Se in the rumen liquid is evident when it occurs in the diet or in bolus, as was observed in the present study. Apparently, the microbes of the rumen can capture the available Se and reduce the salts of Se such as sodium selenate or selenite to elemental Se, or incorporate it as selenoaminoacids (Hudman and Glenn, 1984). It is speculated that diets high in concentrate reduce the availability of Se in rumen, and consequently, reduce its absorption (Gerloff, 1992). However, there is no evidence that Se is absorbed in the wall of the rumen.

The average pH in rumen in the control group and with bolus was 6.1 \pm 0.4 and 6.2 \pm 0.3, without significant differences ($p > 0.05$). The pH in rumen depended principally on the diet that the lambs received.

Performance trial

At 60 and 90 d of dosification, the concentrations of Se (Table 1) increased by 22.6 and 72% ($p \leq 0.05$) in the groups with bolus: (mh h⁻¹) before providing Se (before) and days after providing Se (ddp): 1) before: a) control 0.074, b) with Se 0.075 \pm 0.1 abc; 2) 30 dda: a) control 0.069 \pm 0.01 a, b) treated 0.069 \pm 0.007a; 3) 60 ddp: control 0.069 \pm 0.012a, b) treated 0.085 \pm 0.013c; 4) 90 ddp: a) control 0.068 \pm 0.01 ab, treated 0.12 \pm 0.1.

The boluses administered in this experiment weighed 10 g with 235 mg of Se. In cattle, boluses of 30 g have been provided, with 360 to 500 mg of Se as sodium selenite and release 3 mg of Se d⁻¹, with an osmotic pump expulsion system (Tasker, 1992). Most of the commercial presentations are combinations with other trace microelements, such as copper and cobalt (Master and Meter, 1990).

Blanco *et al.* (2000) made boluses of Se (5 g weight) with compressed cement with 4.6 and 1% of Se; they

Cuadro 1. Concentración sanguínea de selenio ($\mu\text{g g}^{-1}$) en ovejas con y sin bolos con selenio (media \pm S.E.).
Table 1. Blood concentration of selenium ($\mu\text{g g}^{-1}$) in ewes with and without boluses with selenium (mean \pm S.E.).

Antes de la administración		Días después de la administración del bolo					
		30 d		60 d		90 d	
Grupo testigo	Grupo bolo	Testigo	Con bolo Se	Testigo	Con bolo Se	Testigo	Con bolo Se
0.074 \pm .01abc	0.075 \pm .01abc	0.069 \pm .01a	0.07 \pm .007a	0.069 \pm .012a	0.085 \pm .013c	0.068 \pm .01ab	0.12 \pm .014d

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

La mayoría de las presentaciones comerciales son combinaciones con otros microelementos traza, como cobre y cobalto (Master y Meter, 1990).

Blanco *et al.* (2000) elaboraron bolos de Se (5 g peso) con cemento comprimido con 4.6 y 1% de Se; recomiendan los bolos con el mayor porcentaje de Se (contienen 235 mg) y observaron un aumento de Se en sangre por 90 d. Sin embargo, dicha respuesta fue más inmediata que la observada en el presente estudio; las diferencias se deben al material usado en la elaboración de los bolos. Hudson *et al.* (1988) encontraron un aumento de Se sanguíneo después de la primera semana de la administración oral de comprimidos con Se, mientras que Langlands *et al.* (1991) mencionan que los comprimidos fabricados con 15% de Se son efectivos hasta por cuatro años. Un punto crítico en esta estrategia de suplemento es asegurar que la mayor parte de los animales mantengan el bolo en el retículo rumen, para lo cual se han ensayado variaciones de forma en los bolos y modificaciones en su densidad. En este ensayo los bolos de 3 g fueron regurgitados por los ovinos adultos. Los bolos comerciales de Nueva Zelanda, Inglaterra y Australia aseguran una liberación por un tiempo máximo de 12 meses (Judson *et al.*, 1991).

Hay una clara asociación entre la liberación de Se por los bolos y su concentración sanguínea en los ovinos tratados, que presumiblemente refleja el equilibrio entre la disponibilidad y absorción en el aparato digestivo, la concentración de Se tisular y las concentraciones hemáticas. Además, la tasa de liberación de Se puede ser inmediata en los primeros 15 d; sin embargo, en el proceso participan factores relacionados con la raza, la edad, el grado de la carencia, prototipo del bolo y las características físicas de la fuente de Se (Kendall *et al.*, 2001; Zervas, 1988). Según Judson *et al.* (1991), las tasas de liberación del Se en bolos están controladas por la matriz de hierro, el agua y su liberación, y el tamaño del grano de Se; si el tamaño es muy pequeño, se libera rápidamente.

Se han evaluado bolos de Se con estearato de magnesio como lubricante, midiendo la concentración sanguínea y su actividad alcanzó cuatro años; sin embargo, con bolos de 10 g hubo regurgitación (Donald *et al.*, 1993). Al usar bolos de lenta liberación en ovinos en pastoreo, con una concentración superior a 20% de Se no hubo efectos negativos en el crecimiento, la calidad de la lana y el diámetro de la fibra, ni en la salud (Langlands *et al.*, 1991)

CONCLUSIONES

Se encontraron efectos positivos en las concentraciones de Se en sangre con la administración de bolos

recomendar los bolos con el mayor porcentaje de Se (ellos contienen 235 mg) y ellos observaron un aumento de Se en sangre por 90 d. Sin embargo, esta respuesta fue más inmediata que la observada en el presente estudio; las diferencias se deben al material usado en la elaboración de los bolos. Hudson *et al.* (1988) encontró un aumento de Se en sangre después de la primera semana de administración oral de comprimidos con Se, mientras que Langlands *et al.* (1991) mencionan que los comprimidos fabricados con 15% de Se son efectivos hasta por cuatro años. Un punto crítico en esta estrategia de suplemento es asegurar que la mayor parte de los animales mantengan el bolo en el retículo rumen, para lo cual se han ensayado variaciones de forma en los bolos y modificaciones en su densidad. En este ensayo los bolos de 3 g fueron regurgitados por los ovinos adultos. Los bolos comerciales de Nueva Zelanda, Inglaterra y Australia aseguran una liberación por un tiempo máximo de 12 meses (Judson *et al.*, 1991).

Hay una clara asociación entre la liberación de Se por los bolos y su concentración sanguínea en los ovinos tratados, que presumiblemente refleja el equilibrio entre la disponibilidad y absorción en el aparato digestivo, la concentración de Se tisular y las concentraciones hemáticas. Además, la tasa de liberación de Se puede ser inmediata en los primeros 15 d; sin embargo, en el proceso participan factores relacionados con la raza, la edad, el grado de la carencia, prototipo del bolo y las características físicas de la fuente de Se (Kendall *et al.*, 2001; Zervas, 1988). Según Judson *et al.* (1991), las tasas de liberación del Se en bolos están controladas por la matriz de hierro, el agua y su liberación, y el tamaño del grano de Se; si el tamaño es muy pequeño, se libera rápidamente.

Se han evaluado bolos de Se con estearato de magnesio como lubricante, midiendo la concentración sanguínea y su actividad alcanzó cuatro años; sin embargo, con bolos de 10 g hubo regurgitación (Donald *et al.*, 1993). Al usar bolos de lenta liberación en ovinos en pastoreo, con una concentración superior a 20% de Se no hubo efectos negativos en el crecimiento, la calidad de la lana y el diámetro de la fibra, ni en la salud (Langlands *et al.*, 1991)

CONCLUSIONES

Se encontraron efectos positivos en las concentraciones de Se en sangre con la administración de bolos

formulados y diseñados para lograr la liberación lenta y prolongada del elemento. La tecnología usada en la elaboración de los bolos de liberación lenta es una alternativa confiable que puede corregir las deficiencias y mantener las concentraciones adecuadas del microelemento en ovinos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado parcialmente por Fundación PRODUCE Tlaxcala y por el proyecto PAPIIT IN 212903, UNAM – DGAPA.

LITERATURA CITADA

- Aluja, A.S., y P. Adame. 1977. Miopatía degenerativa en becerros. *Vet. Méx.* 8: 2-14.
- Behne, D., and A. Kyriakopoulos. 2001. Mammalian selenium-containing proteins. *Annu. Rev. Nutr.* 21: 453-473.
- Beckett, G.J., and J.R. Arthur. 2005. Selenium and endocrine systems. *J. Endocrinol.* 184: 455-465.
- Blanco, M.A., A.K. Spross, y R. Rosiles. 2000. Evaluación de comprimidos intrarruminales por concentración sanguínea y lanar en corderas semiestabuladas. *Vet. Méx.* 31: 121-127.
- Capelo, J.L., C. Fernández, B. Pedras, P. Santos, P. González, and C. Vaz. 2006. Trends in selenium determination/speciation by hyphenated techniques bases on AAS or AFS. *Talanta* 68: 1442-1447.
- Donald, G.E., J.P. Langlands, J.E. Bowles, A.J. Smith, and G.L. Burke. 1993. Selenium supplements for grazing sheep. 3. Development of an intra-ruminal pellet with an extended life. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40: 295-308.
- Food and Drug Administration. U.S. 2007. Department of Health and Human Services. <http://www.fda.gov/>. Fecha de consulta, 19 de febrero de 2007.
- Gerloff, B.J. 1992. Effect of selenium supplementation of dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 70: 3934-3940.
- Gutiérrez, O.C., A.K. Spross, M.R. Rosiles, W.A. Ducoing, y H.A. Ortiz. 2005. Selenio sanguíneo y fecal en ovinos a partir de comprimidos inorgánicos intrarruminales. *Vet. Méx.* 36: 313-324.
- Hudman, J.F., and A.R. Glenn. 1984. Selenite intake and incorporation by *Selenomonas ruminantium*. *Arch. Microbiol.* 140: 252-256.
- Hudson, G.L., T.H. Brown, B.R. Kempe, and R.K. Turnbull. 1988. Trace element and vitamin B12 status of sheep given an oral dose of one, two or four soluble glass pellets containing copper, selenium and cobalt. *Aust. J. Exp. Agric.* 28: 299-305.
- Judson, G.J., N.S. Elles, B.R. Kempe, and M. Shallow. 1991. Long-acting selenium treatments for sheep. *Aust. Vet. J.* 68: 263-265.
- Kendall, N.R., A.M. Mackenzie, and S.B. Telfer. 2001. Effect of a cooper, cobalt and selenium soluble glass bolus given to grazing sheep. *Livest. Prod. Sci.* 68: 31-39.
- Langlands, J.P., G.E. Donald, J.E. Bowles, and A.J. Smith. 1991. Subclinical selenium insufficiency. 1. Selenium status and the response in liveweight and wool production of grazing ewes supplemented with selenium. *Aust. J. Exp. Agric.* 31: 25-32.
- Masters, D.G., and D.W. Meter. 1990. Marginal deficiencies of cobalt and selenium in weaner sheep: response to supplementation. *Aust. J. Exp. Agric.* 30: 337-341.
- Ramírez-Briebesca, J.E., J.L. Tórtora, A. Aguirre, and L.M. Hernández. 2001. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican Plateau. *Small Rumin. Res.* 41:81-85.
- Serra, A.B., K. Nakamura, T. Matsui, T. Harumoto, and T. Fujihara. 1994. Inorganic selenium for sheep I. Selenium balance and selenium levels in the different ruminal fluid fractions. *Asian J. Anim. Sci.* 7: 83-89.
- SPSS para Windows. Ver. 11. 2001. SPSS Inc. Headquarters, 233 S. Wacker Drive, 11th floor, Chicago, Illinois 60606. Compact disc.
- Swecker, W.S., C.D. Thatcher, D.E. Eversole, J. Blodgett, and G.G. Schring. 1995. Effect of selenium supplementation on colostral IgG concentration in cows grazing selenium-deficient pastures and on postsuckle serum IgG concentration in their calves. *Am. J. Vet. Res.* 56: 450-453.
- Tasker, J.B. 1992. Current options in selenium supplementation. Proceeding of the 22nd seminar Sheep and Beef Cattle. *In: Trace Elements in Ruminants. Proc. 22nd Seminar Sheep and Beef Cattle Society, NZVA.* 154: 53-59.
- Tuner, R.J., and J.M. Finch. 1990. Immunological malfunctions associated with low selenium-vitamin E diets in lambs. *J. Comp. Path.* 102: 99-108.
- Zervas, G. 1988. Treatment of dairy sheep with soluble glass boluses containing copper, cobalt and selenium. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19: 79-83.