Selenio sanguíneo y fecal en ovinos a partir de comprimidos inorgánicos intrarruminales

Blood and fecal selenium in sheep with the use of inorganic intraruminal boluses

Carlos Gutiérrez Olvera* Alfredo Kurt Spross Suárez* René Rosiles Martínez*
Adriana Ducoing Watty** Antonio Ortiz Hernández***

Abstract

Selenium increment in feces and blood of ewes, due to selenium intraruminal boluses, was investigated having as a source, 5 grams in weight, tile cement boluses. This investigation had the following design: group one (10 ewes) received: boluses with no selenium (Se) added; group two (14 ewes) received: boluses with 5% Se concentration and group three (13 ewes) received: boluses with 10% Se concentration. Pregnant and non-pregnant, Suffolk and Ramboulliet ewes fed by grazing systems were used. Once blood and fecal samples had been acid wet digested, Se concentration was measured by hydride generation in an atomic absorption spectrometer as follows: every 15 days four times and two more samples every 30 days. The design was a randomized, two-way, factorial assay with repeated measurements. Results indicated that boluses with Se concentration affect mean blood selenium concentration depending on the breed of the animals. Blood selenium average concentration varied through time. Boluses affect Se concentration in feces differently according to pregnant status. Mean feces Se varies through time and according to breed.

Key words: SELENIUM, INTRARUMINAL BOLUSES, EWES, BLOOD, FECES

Resumen

En el presente estudio se utilizaron comprimidos de 5 g de peso, fabricados con cemento pegaazulejo que contenían 0%, 5% y 10% de Se. Éstos fueron introducidos por vía oral, al rumen de ovejas distribuidas en tres grupos con 10, 14 y 13 animales, respectivamente. Se utilizaron ovejas de las razas Suffolk, Ramboulliet y cruzas, gestantes y no gestantes, en pastoreo. Se tomaron muestras de sangre y heces cada 15 días en cuatro ocasiones y cada 30 días en dos ocasiones más, para conocer la concentración de Se medido por generación de hidruros en un espectrómetro de absorción atómica. El diseño experimental fue factorial, completamente al azar, con dos factores y con observaciones repetidas. El contenido de selenio en los comprimidos afectó los niveles promedio de selenio en la sangre de las ovejas, de distinta manera en las diferentes razas. Las concentraciones promedio de selenio en sangre variaron también a través del tiempo. El contenido de selenio en los comprimidos afectó las cantidades promedio de selenio en heces de manera diferente en las ovejas que parieron que en las ovejas que no parieron. Además, se encontró que el nivel promedio de selenio en heces variaba a través del tiempo de manera desigual en cada raza .

Palabras clave: SELENIO, COMPRIMIDOS INTRARRUMINALES, OVEJAS, SANGRE, HECES.

Recibido el 9 de noviembre de 2004 y aceptado el 12 de mayo de 2005.

*Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.
**Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.
***Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

Introduction

The low Se blood values in cows and ewes is one of the factors that promote congenital nutritional myodegeneration, since it directly affects the concentration of Se in the diverse fetus tissues.[1-3]

When appropriate Se concentrations are supplied, there have been positive effects on weight gain, survival of recently born lambs, increase of fertility and immune response, as well as a positive effect on antihelminthic treatment in sheep.[4-6]

The intraruminal boluses of Se were used to effectively supplement grazing ewes with this element at a low cost, during several years. It has been seen that the boluses can maintain Se blood levels during three to four years in animals that are consuming grasses that are deficient in this element. Some works indicate that the boluses of Se increase Romney Marsh lamb weight gains while grazing and maintain adequate concentrations of Se during 15 months. Other studies have demonstrated increases in the growth percentage and in the activity of the glutathione peroxidase enzyme in several tissues. The retention time of the boluses in Merino sheep is better than in other breeds.[7-10]

In a study where boluses were administrated with 2%, 4%, 6%, 8% and 10% of Se, it was demonstrated that 2% boluses were barely effective after five months, while the 10% ones maintained high concentrations of Se in blood from 2 weeks on after application. At five months there were no significant differences in Se concentration in blood between the boluses with 6%, 8% and 10% Se, this perhaps is due to the fact that the boluses of 10% did not liberate more Se, or the liberated Se was no longer absorbed since blood, and specifically the erythrocyte could not incorporate more amounts of this element.[9]

Boluses with 15% Se were effective in covering the Se needs of the supplemented ewes at least during four years, while those supplemented with 10% were only effective during three years.[7]

It has been described that 20% Se boluses do not have adverse effects on live weight, wool production, diameter of the fiber and health of the animals thus treated. The longevity of these boluses is sensitive to many factors, and mainly to the amount of Se that they contain. In the market, it is possible to find 5% Se boluses that last little less than two years. The boluses that contain from 10% to 15% of Se may last four years as a minimum.[7,10-12]

Apparently, the longevity of the bolus and the content of Se are positively related; when the bolus has a higher concentration of Se, the bolus remains longer time in the rumen.[7,9]

This series of background elements allowed us to propose this experiment in order to evaluate the effi-

Introducción

Los valores bajos de Se sanguíneo en vacas y ovejas gestantes constituyen uno de los factores predisponentes de la miodegeneración nutrimental congénita, ya que afecta directamente la concentración de Se en los diversos tejidos de sus fetos.[1-3]

Al suministrar concentraciones adecuadas de Se se han señalado efectos positivos sobre ganancia de peso, sobrevivencia de corderos recién nacidos, incremento en la fertilidad y respuesta inmune; asimismo, se ha visto un efecto positivo sobre los antihelmínticos en ovinos.[4-6]

Los comprimidos intrarruminales de Se se utilizan para suplementar a bajo costo este elemento en ovejas en pastoreo, con efectividad de varios años. Se ha visto que los comprimidos pueden mantener valores de Se sanguíneo de tres a cuatro años en animales que consumen pastos deficientes en este elemento. Algunos trabajos indican que los comprimidos de Se incrementan la ganancia de peso en corderos Romney Marsh en pastoreo, y mantienen concentraciones adecuadas de Se por 15 meses. Otros estudios han demostrado aumentos en el porcentaje de crecimiento y aumento en la actividad de la enzima glutatión peroxidasa en varios tejidos. El tiempo de retención de comprimidos en los borregos Merino es mejor que en otras razas.[7-10]

En un estudio en el cual se administraron comprimidos con 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de Se, se comprobó que los de 2% fueron apenas efectivos después de cinco meses, mientras que los de 10% mantuvieron altas concentraciones de Se en sangre a partir de las dos semanas de su aplicación. A los cinco meses de su aplicación, no hubo diferencias significativas de la concentración de Se en sangre con comprimidos de 6%, 8% y 10%, lo cual presupone que los comprimidos de 10% no liberaron más Se, o el Se liberado no fue absorbido debido a que la sangre y, en particular, el eritrocito no pudo incorporar más este elemento.[9]

Comprimidos con 15% de Se fueron efectivos al cubrir las necesidades de Se en todas las ovejas suplementadas por lo menos durante cuatro años, mientras que los de 10% sólo fueron efectivos por tres años.[7]

Se ha descrito que los comprimidos de 20% de Se no traen efectos adversos sobre el peso vivo, producción de lana, diámetro de la fibra y salud de los animales tratados. Se ha encontrado que la longevidad de estos comprimidos es sensible a muchos factores y principalmente a la cantidad de Se que contienen. En forma comercial, se encuentran comprimidos con 5% de Se, que duran un poco menos de dos años.

ciency of providing Selenium, to grazing sheep, by means of intraruminal boluses, with different concentrations of this element.

Material and methods

This study was performed in the Sheep Production Teaching, Research and Extension Center (CEIEPO) and the Toxicology Laboratory of the Nutrition Department in the School of Veterinary Medicine and Animal Husbandry, of the National Autonomous University of Mexico.

Thirty-seven pregnant primiparous Suffolk, Rambouillet and crossbred (F1 Suffolk-Rambouillet) ewes were randomly distributed into three groups. The first group was formed with ten animals (three crossbreds, four Rambouillet and three Suffolk) that were administered rumen boluses without Se. The second group was formed by 14 animals (five crossbreds, five Rambouillet and four Suffolk), and these got intraruminal boluses with 5% Se. The third group had 13 animals (five crossbreds, four Rambouillet and four Suffolk), that were administered intraruminal boluses with 10% Se.

Before the boluses were administered, samples were taken from the three groups of animals; blood was taken from the jugular vein (the samples were taken with vacutainer tubes without additives or anticoagulants) and also samples of feces. This was the first sampling. After that, before the animals would be let out to graze, samples of blood, feces and food were taken on four occasions (samplings 2, 3, 4 and 5) every 15 days and two more samplings, 30 days apart (samplings 6 and 7).

The sheep were maintained during the day, in mixed prairies under a rotational system with one and two hectares of land for every five day grazing, and at night in confinement. At this time, every animal received 100 g of oat hay and approximately 250 g of concentrated, balanced feed made with sorghum and soy. This feed was added with mineral salts that did not include Se. The concentration of Se in grass, oat hay and concentrate was checked every fifteen days. The mineral salts free of selenium were administered to the animals 15 days prior to the beginning of the application of the boluses (adaptation period).

The whole blood, feed and feces samples were digested with nitric and perchloric acid.

The results were measured in a hydride generator* joined with an atomic absorption spectrophotometer** under the operation conditions established by the manufacturer.

The design of this research corresponds to a completely random factorial arrangement with two factors: Se concentration in the intraruminal boluses

Comprimidos que contienen de 10% a 15% de Se pueden durar cuatro años como mínimo.[7,10-12]

Aparentemente, la longevidad del comprimido y el contenido de Se están positivamente relacionados, ya que al aumentar la concentración en el comprimido, éste tendrá mayor tiempo de vida dentro del rumen.[7,9]

Esta serie de antecedentes permitió plantear el presente experimento para evaluar la eficiencia en el suministro de Selenio, de bolos intrarruminales con diferentes concentraciones de este elemento, a ovinos en pastoreo.

Material y métodos

Esta investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO) y en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se utilizaron 37 hembras gestantes, primíparas, de las razas Suffolk, Rambouillet y cruzas (F1 Suffolk-Rambouillet). Los animales se repartieron en tres grupos de forma aleatoria. El primer grupo se formó con diez animales (tres cruzas, cuatro Rambouillet y tres Suffolk) a los que se les administraron intrarruminalmente comprimidos sin Se. El segundo grupo estuvo conformado por 14 animales (cinco cruzas, cinco Rambouillet y cuatro Suffolk), a los que se les administraron intrarruminalmente comprimidos con 5% de Se. Al tercer grupo, con 13 animales (cinco cruzas, cuatro Rambouillet y cuatro Suffolk), se le administraron comprimidos intrarruminales con 10% de Se.

A los tres grupos de animales se les tomaron muestras de sangre yugular (las muestras se tomaron con tubos vacutainer sin aditivos ni anticoagulantes) y heces antes de introducir los comprimidos, éste fue el primer muestreo. Posteriormente se hicieron cuatro muestreos (muestreos 2, 3, 4 y 5) cada 15 días y dos muestreos (muestreos 6 y 7) cada 30 días, todos ellos de sangre, heces y alimento, antes de que los animales salieran a pastorear.

Las ovejas se mantuvieron en praderas mixtas bajo un sistema rotacional, para lo cual se asignó entre una y dos hectáreas por un tiempo de pastoreo de cinco días, y confinamiento nocturno. Durante éste se les suministró 100 g de paja de avena por animal y alimento balanceado (concentrado), hecho con sorgo y soya en cantidades aproximadas a los 250 g por animal. A este alimento se le agregaron sales minerales libres de Se. Se verificó quincenalmente la concentración de Se, tanto en pastos como en paja de avena y concentrado. Las sales minerales libres de

and the breed of the sheep. The covariable was the presence or absence of gestation. The response variables were the Se concentration in blood and feces, measured at 7 different times. Therefore, the experiment was factorial with repeated measurements. A multivariate variance analysis was performed for observations repeated by time periods. (MANOVA). The data of the first sampling were eliminated since it was considered to be baseline (animals yet without treatment). [13,14]

The original data did not comply with the residual normality assumptions or variance homogeneity. In order to solve this point, the Box and Cox transformation was done on the blood data and 1.00 was added to all the feces data (feces + 1.00); and then the Box and Cox transformation was done. With these transformations, the assumptions of normality and homogeneity were reached.[13,14] A significance level of 0.05 was used for the model's parameters. In multiple comparisons and profile analysis, the Bonferroni adjustment was used. The analysis of the information was carried out by the JMP statistical package Version 3.1.[15]

Results

The average Se concentration in oat hay was 47.77 ng/g; in grass, 24.68 ng/g and in the concentrated feed it was 95.96 ng/g, all below the recommended 200 ng/g (Table 1).

These data indicate that the oat hay, grass and feed concentrate that the animals consumed during the research were deficient in selenium. Nevertheless, the amount contained in the concentrated feed that was supplied during the experimental period was moderate. This indicates that the diet of the animals was deficient in this element and required supplementation.

The blood concentration of Se, in the groups with

selenio se suministraron a los animales 15 días antes (periodo de adaptación) del inicio de la aplicación de los comprimidos.

Las muestras de sangre entera, alimento y heces se digirieron con ácidos nítrico y perclórico.

La lectura se hizo en un generador de hidruros* acoplado al espectrómetro** de absorción atómica, bajo las condiciones de operación del fabricante.

El diseño de la investigación corresponde a un factorial completamente al azar con dos factores: concentración de Se en comprimidos intrarruminales y raza del ovino. La covariable fue la presencia o ausencia de gestación. Las variables de respuesta fueron la concentración de Se en sangre y en heces, medidas en siete ocasiones diferentes. Por lo tanto, el experimento fue un factorial con mediciones repetidas. Se realizó un análisis de varianza multivariado para observaciones repetidas en el tiempo (MANOVA). Se eliminaron los datos del primer muestreo por considerarlo basal (animales aún sin tratamiento).[13,14]

Los datos originales no cumplían con los supuestos de normalidad de residuales ni de homogeneidad de varianzas. Para resolver este punto, en los datos de sangre se realizó una transformación de Box y Cox, y en los de heces se sumó 1.00 (heces + 1.00) a todos los datos; posteriormente se realizó la transformación de Box y Cox. Con estas transformaciones se alcanzaron los supuestos de normalidad y homogeneidad.[13,14] Se utilizó un nivel de significancia de 0.05 para los parámetros del modelo. En comparaciones múltiples y análisis de perfiles, se usó el ajuste de Bonferroni. El análisis de la información se efectuó mediante el paquete estadístico JMP Versión 3.1.[15]

* Hydride Generator model MHS10. Perkin Elmer
**Atomic absorption spectrophometer model AAnalyst 100. Perkin Elmer .

Cuadro 1

CONTENIDO DE SELENIO (NG/G) EN LOS INGREDIENTES DE LA RACIÓN DE OVEJAS SEMIESTABULADAS

SELENIUM CONTENT (NG/G) IN THE INGREDIENTS OF THE RATION OF EWES IN A MIXED GRAZING-CONFINEMENT SYSTEM

	Observation period (days)								
Food	0	15	30	45	60	90	120	Average	S.D.
Hay	35.53	54.99	49.39	41.82	40.32	53.14	59.23	47.77	8.71
Grass	25.04	41.43	12.93	37.61	26.71	20.76	8.29	24.68	12.07
Concentrate	68.33	43.51	110.73	112.58	139.12	118.72	78.75	95.96	33.38

100 ng/g = adequate; 100-75 ng/g = moderate; 75-50 ng/g = low; < 50 ng/g = deficient (Arthur, 1971)[31]

boluses of 0%, 5% and 10% of Se, was above 100 ng/g (103.99, 148.49 and 158.48 ng/g, respectively) (Table 2). The average of Se in feces for the three groups of animals (0%, 5% and 10%) was low (45.1, 61.7 and 58.2 ng/g, respectively) (Table 3).

In the multivariate variance analysis, the interaction between Se percentage of the boluses and breed of the animals was significant (P = 0.0494). Multiple comparisons were performed with Bonferroni adjustment (P < 0.002777) and significant differences were found in the average selenium content in blood between the animals of the Suffolk breed that received boluses without Se and those that received 5% and 10% boluses (P < 0.0001 in both cases), this shows that in this breed, boluses with 5% as well as 10% are effective Se supplements, in comparison with the control group (0% de Se); nevertheless, there were not significant differences between the animals supplemented with 5% and10% boluses.

Resultados

El promedio de concentración de Se en la paja de avena fue de 47.77 ng/g, en el pasto de 24.68 ng/g, y en el concentrado, de 95.96 ng/g, todos por abajo de los 200 ng/g que se recomiendan (Cuadro 1).

Estos datos indican que la paja de avena, el pasto y el concentrado que consumían los animales de la investigación fueron deficientes en Selenio. Sin embargo, en el concentrado que se suministró durante el periodo experimental, el contenido fue moderado. Esto muestra que la dieta de estos animales era deficiente en el elemento y requería de una suplementación.

La concentración de Se sanguíneo en los grupos de animales con comprimidos de 0%, 5% y 10% de Se, fue mayor de 100 ng/g (103.99, 148.49 y 158.48 ng/g, respectivamente) (Cuadro 2). El promedio de Se en heces para los tres grupos de animales (0%, 5% y

Cuadro 2

CONTENIDO DE SELENIO EN SANGRE (NG/G) DE OVEJAS SUFFOLK, RAMBOULLIET Y CRUZAS, QUE RECIBIERON COMPRIMIDOS CON Y SIN SE

SELENIUM CONTENT IN BLOOD (NG/G) OF SUFFOLK, RAMBOULLIET AND CROSSBRED BREEDS THAT RECEIVED BOLUSES WITH OR WITHOUT SELENIUM

	Breeds											
	Crossbreed			*Rambouillet*			*Suffolk*			*Total*		
Boluses	Mean	S.D.	n	Mean	S.D.	n	Mean	S.D.	n	Mean	S.D.	n
0% Se	122.75Aa	52.96	21	103.64Aa	42.06	28	85.68Aa	46.79	21	103.99	48.47	70
5% Se	159.63Aa	101.90	35	133.67ABa	73.57	35	153.10Ba	80.77	28	148.49	86.5	98
10% Se	148.93Aa	75.32	35	170.08Ba	70.06	28	158.84Ba	75.77	28	158.48	73.59	91
Total	147	83.01	91	135.64	68.83	91	136.80	77.02	77	139.98	76.36	259

100 ng/g = adequate; 100-75 ng/g = moderate; 75-50 ng/g = low; < 50 ng/g = deficient (Arthur, 1971)[31]

Different capital letters indicate significant difference (P < 0.002777) between Se percentages

Different lower case letters indicate significant difference (P < 0.002777) between sheep breeds

Cuadro 3

CONTENIDO DE SELENIO EN HECES (NG/G) DE OVEJAS SUFFOLK, RAMBOULLIET Y CRUZAS, QUE RECIBIERON COMPRIMIDOS CON Y SIN SE

SELENIUM CONTENT IN FECES (NG/G) OF SUFFOLK, RAMBOULLIET AND CROSSBRED EWES THAT RECEIVED BOLUSES WITH AND WITHOUT SE

	Breed											
	Crossbreed			*Rambouillet*			*Suffolk*			*Total*		
Boluses	Mean	S.D.	n	Mean	S.D.	n	Mean	S.D.	n	Mean	S.D.	n
0% Se	48.43	78.36	21	40.51	63.62	28	48.08	73.71	21	45.15	70.38	70
5% Se	70.39	109.73	35	60.34	99.86	35	52.64	62.27	28	61.73	94.06	98
10% Se	52.01	69.82	35	63.38	76.47	28	60.83	70.57	28	58.22	71.52	91
Total	58.25	88.6	91	55.17	82.67	91	54.37	67.85	77	56.02	80.51	259

In Rambouillet ewes, the average selenium content in blood was significantly different (P < 0.0001) only between animals that received 10% boluses of Se and the control group (0% de Se), indicating that in these animals the 10% boluses are effective in the supplementation of this element, but not so for the 5% ones.

When the behavior of blood content of selenium was analyzed through time, an increment was identified at 15 days (225 ng/g) and a decrease was identified at 30 days (140 ng/g) to later remain at 150 ng/g between 30 to 90 days. These values were always above the indicated reference concentration values. In these changes, a difference was always observed that maintained parallelism between groups according to the selenium content of the bolus. A profile analysis was performed (consecutive differences) with Bonferroni adjustment (P < 0.01) and significant differences were found between days 15 and 30 and also between days 90 and120 (Figure 1).

In relation to the selenium content in feces, the multivariate variance analysis found a significant interaction between the selenium content in the boluses and the fact that the ewes had birthed or not. Multiple comparisons were performed with Bonferroni adjustment (P < 0.0055) and the only statistically significant

10%) fue bajo (45.1, 61.7 y 58.2 ng/g, respectivamente) (Cuadro 3).

En el análisis de varianza multivariado, la interacción entre porcentaje de Se de los comprimidos y la raza fue significativa (P = 0.0494). Se realizaron comparaciones múltiples con ajuste de Bonferroni (P < 0.002777) y se encontraron diferencias significativas en el contenido promedio de selenio en sangre entre animales de raza Suffolk con comprimidos sin Se y con comprimidos de 5% y 10% (P < 0.0001 en ambos casos), lo cual muestra que en esta raza los comprimidos tanto de 5% como de 10% son efectivos para suplementación de Se, en comparación con el grupo testigo (0% de Se); sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los suplementados con comprimidos de 5% y 10%.

En las borregas Rambouillet se encontró que el contenido promedio de selenio en sangre fue significativamente diferente (P < 0.0001) únicamente entre los animales que recibieron los comprimidos de 10% de Se y el grupo testigo (0% de Se), mostrando que en estos animales los comprimidos de 10% son efectivos en la suplementación de este elemento, mas no los de 5%.

En el análisis del comportamiento del contenido

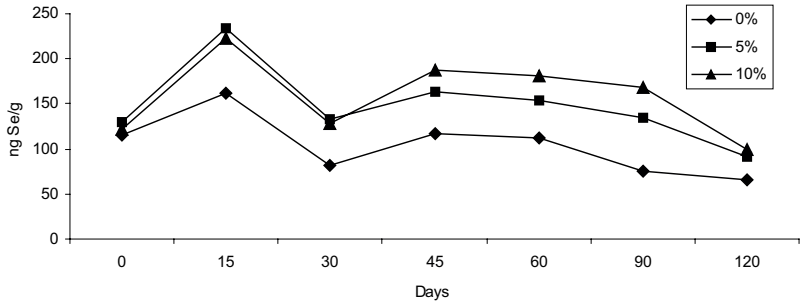

Figura 1. Contenido promedio de Se en sangre (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se.

Figure 1. Average Se content in blood (ng/g) of ewes that received boluses with and without Se.

Cuadro 4

CONTENIDO DE SELENIO EN HECES (NG/G) DE OVEJAS QUE PARIERON Y NO PARIERON, QUE RECIBIERON COMPRIMIDOS CON Y SIN SE

SELENIUM CONTENT IN FECES (NG/G) OF SHEEP THAT GAVE BIRTH AND THOSE THAT DID NOT, WHICH RECEIVED BOLUSES WITH AND WITHOUT SE

	Didn't give birth			*Birthed*		
Boluses	Mean	S.D.	n	Mean	S.D.	n
0% Se	45.77 Aa	73.07	56	42.70 Aa	60.77	14
5% Se	59.28 ABa	92.44	35	63.09 Aa	95.65	63
10% Se	67.20 Ba	67.14	42	50.53 Aa	74.90	49
Total	56.09	76.90	133	55.94	84.46	126

Different capital letters indicate significant difference (P < 0.0055) between Se percentages

Different lower case letters indicate significant difference (P < 0.0055) between ewes that gave birth and those that didn't

difference that was found was in the average selenium content in feces of ewes that had not birthed, in the group that received 10% Se and those that did not receive selenium in the boluses (Table 4).

In the analysis of the selenium content in feces behavior through time, a statistically significant interaction was found between time and breed (P = 0.0312). Multiple comparisons were performed with Bonferroni adjustment (P < 0.01667) and a statistically significant difference was found in the feces concentration of Se between the Suffolk and Rambouillet breeds (P = 0.0131) through time; by a profile analysis with Bonferroni adjustment (P < 0.01) significant differences were found between the samplings of days 60 and 90 and between the samplings of days 90 and 120 between these breeds (Figure 2).

Discussion

It must be mentioned that due to the fact that the animals were grazing, the Se consumption provided by the prairie was not controlled, fact that could have produced variations in the selenium concentration in the animals. Nevertheless, the concentration of this element in the prairie was deficient, as was the content in the oat hay and feed concentrate according to the criterion by Arthur,[16] and as it is described by Guerrero,[17] and therefore it was considered to have a low impact in the results.

Coinciding with what has been reported by Hunter *et al.*,[11] Kuchel *et al.*, [8] Langlands *et al.*[18] and Millar *et al.*,[19] the average Se concentration in blood of the treated animals always was maintained above the Se concentration in blood of the control group. The average concentration of Se in blood of the treated animals was higher than what was recorded by Wilkins *et al.*,[10] who found 77 ng of Se/g in the animals treated with 5% Se boluses.

The Suffolk animals that received boluses without Se had, on average, marginal Se values in blood (85.68 ng/g) according to the criterion of Wheatley *et al.*,[20]

de selenio en sangre a través del tiempo, se identificó un alza a los 15 días (225 ng/g) y una baja a los 30 (140 ng/g) para mantenerse de los 30 a los 90 días en 150 ng/g. Estos valores siempre estuvieron por encima de los señalados como concentraciones de referencia. En estos cambios siempre se observó una diferencia que guardó un paralelismo entre los grupos de acuerdo con el contenido de selenio en el bolo. Se realizó un análisis de perfiles (diferencias consecutivas) con ajuste de Bonferroni (P < 0.01) y se encontraron diferencias significativas entre los días 15 y 30 y también entre los días 90 y 120 (Figura 1).

Respecto del contenido de selenio en heces, en el análisis de varianza multivariado se encontró una interacción significativa entre el contenido de selenio en los comprimidos y si las ovejas habían parido o no. Se realizaron comparaciones múltiples con ajuste de Bonferroni (P < 0.0055) y se encontró que la única diferencia estadísticamente significativa en el contenido promedio de selenio en heces fue para las borregas que no parieron, entre las que recibieron comprimidos con 10% de Se y las que no recibieron selenio en los comprimidos (Cuadro 4).

En el análisis del comportamiento del contenido de selenio en heces a través del tiempo, se encontró una interacción estadísticamente significativa entre el tiempo y la raza (P = 0.0312). Se realizaron comparaciones múltiples con ajuste de Bonferroni (P < 0.01667) y se observó que había diferencia estadísticamente significativa en la concentración de Se en heces entre las razas Suffolk y Rambouillet (P = 0.0131) a través del tiempo; mediante un análisis de perfiles con ajuste por Bonferroni (P < 0.01) se encontraron diferencias significativas entre los muestreos a los 60 y 90 días y entre los muestreos a los 90 y 120 días, entre estas razas (Figura 2).

Discusión

Cabe aclarar que debido a que los animales se encontraban en pastoreo no se controló el consumo

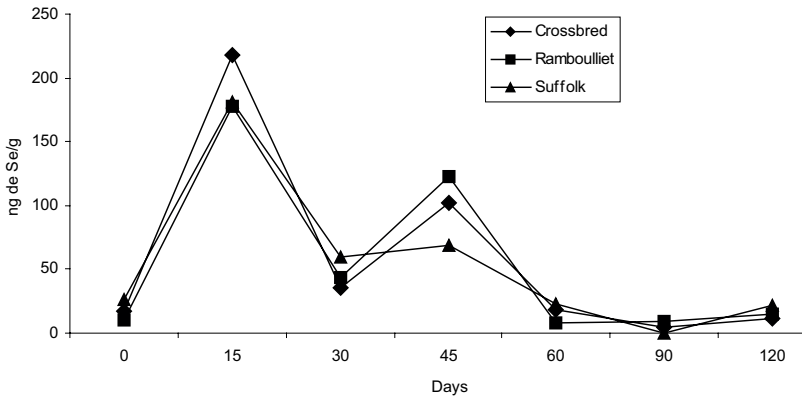

Figura 2. Contenido promedio de selenio (ng/g) en heces de ovejas por raza y tiempo.

Figure 2. Average Se content (ng/g)in feaces of ewes per breed and time.

and below what is recommended by the NRC[21] (100 ng/g). On the other hand, the groups of animals of this breed, that received 5% and 10% Se, had on average adequate concentrations of Se in blood (153.10 and 158.84 ng/g). This means that, in this breed, the Se boluses responded to the needs of the animals with enough amount of this element to maintain blood values above what is recommended.

Different than the Suffolk, the crossbred animals with boluses without Se had, on average appropriate amounts of this element in blood (122.7 ng/g). In this study, it was found that the crossbred animals were capable of picking up Se provided by feed in a more efficient manner than the Suffolk breed animals.

Several studies have been performed with boluses with Se and Fe with different Se proportions, and it has been seen that one week after administering the bolus, the Se blood values increase and after that they are maintained during the first two to four months. Maximum concentrations were found between four and six months and they remain high during 32 weeks and even cover the needs of the animal for up to four years.[7,22]

In this study, Se blood level increased two weeks after administration, which is in agreement with what was found by Judson *et al.*[23] and Kuchel *et al.*,[8] that after a few weeks after the administration of the bolus, the Se concentration in blood goes up.

During the following sampling (day 30) after the increase of Se in blood at 15 days, the concentration of Se fell; this change was statistically significant. ($P < 0.0001$). All of the animals were affected by this increase and later reduction of blood values, and therefore, the Se in food, as well as the metabolic stabilization of the animals could have contributed to what was observed. A statistically significant difference was found again between blood selenium concentrations of the last two samplings (days 90 and 120). Even though no significant effect was found due to gestation, this result could have been due to the fact that some of the ewes birthed (21 animals) and that during this period the animals use a higher amount of this element in diverse tissues of them and their lambs, and this causes a reduction of the amounts in blood.[7,22]

The variation that was found in this work, in relation to the blood concentration of Se, is similar to what was described by Langlands, *et al.*,[9] who found variations between 9 and 77 ng of Se/g in the control animals; with 5% Se and iron boluses, they found variations of 24 to 282 ng de Se/g, and with 10% boluses, variations of 2 to 392 ng of Se/g.

In this work the amount of Se found in feces was low. It is inferred that the fecal route is not the main excretion means (as the urinary route could have

de Se proporcionado por la pradera, lo cual pudo producir variaciones en la concentración de Selenio en el animal. Sin embargo, la concentración de este elemento en la pradera fue deficiente al igual que en la paja de avena y el concentrado de acuerdo con el criterio de Arthur,[16] y tal como lo describe Guerrero,[17] por lo cual se considera de bajo impacto en los resultados.

Coincidente con lo notificado por Hunter *et al.*,[11] Kuchel *et al.*,[8] Langlands *et al.*[18] y Millar *et al.*,[19] el promedio de concentración de Se en sangre de los animales tratados siempre se mantuvo por arriba de los del grupo testigo. El promedio de concentración de Se en sangre de los animales tratados fue superior al registrado por Wilkins *et al.*,[10] quienes encontraron 77 ng de Se/g en animales tratados con comprimidos con 5% de Se.

Los animales Suffolk que recibieron comprimidos sin Se tuvieron, en promedio, valores marginales (85.68 ng/g) de Se en sangre, según el criterio de Wheatley *et al.*,[20] y por debajo de lo recomendado por el NRC[21] (100 ng/g). Por el contrario, en los grupos con comprimidos de 5% y 10% de Se, los animales de esta raza tuvieron, en promedio, concentraciones adecuadas de Se en sangre (153.10 y 158.84 ng/g), lo que refleja que en esta raza los comprimidos con Se respondieron a las necesidades de los animales al suplementar este elemento en cantidades suficientes para mantener sus valores sanguíneos arriba de lo recomendado.

A diferencia de los Suffolk, las cruzas con comprimidos sin Se tuvieron, en promedio, cantidades adecuadas de este elemento en sangre (122.7 ng/g). En este trabajo se encontró que las cruzas aprovecharon de una forma más eficaz el Se aportado por el alimento que los animales de raza Suffolk.

En varios estudios realizados con comprimidos de Se y Fe con diferentes proporciones de Se, se ha podido observar que a la semana de haberse administrado el comprimido, los valores de Se en sangre aumentan, y posteriormente se mantienen en cantidades adecuadas durante los primeros dos a cuatro meses. Así pues, se identificaron concentraciones máximas entre los cuatro y seis meses, y permanecen elevadas hasta por 32 semanas, incluso cubriendo las necesidades del animal hasta por cuatro años.[7,22]

En el presente estudio se apreció que a las dos semanas se incrementó la concentración de Se sanguíneo, lo cual concuerda con Judson *et al.*[23] y Kuchel *et al.*,[8] quienes encontraron que a las primeras semanas de haber aplicado el comprimido, la concentración de Se en sangre se eleva.

Después del incremento de la concentración de Se sanguíneo a los 15 días, al siguiente muestreo (día 30), dicha concentración disminuyó, este cambio

been) and this could be due to an adequate supply of Se. Also, it could be said that the animals made good use of it, since, the Se that was discarded in feces was mostly the one that is not absorbed by the animal, and is also excreted by the bile system, pancreas and intestinal mucosa.[24,25]

The non-pregnant ewes do not require extra amounts of Se for the maintenance of the fetus, therefore, the excess of this element is discarded. So, the animals with 10% boluses had a higher concentration of Se in feces in relation to the group that did not receive selenium. This demonstrates the fact that this type of boluses frees a greater amount of the element. Different from the non gestating animals, the gestating animals (animals that birthed) didn't have significant differences in the average selenium content in feces between the animals with 0%, 5% and 10% boluses, and this could have been due to the fact that these animals required a higher amount of Se. In most species, the transference of this element to the fetus, through the placenta is very ample and promotes a greater uptake of the element by the animal, and for this reason similar amounts of the element were eliminated in the three groups.[26]

The differential behavior of the selenium content in feces between breeds, along a period of time, could have been due to the fact that wool producing sheep breeds increase their needs due to the production of wool. It has been found that this element increases and accumulates in wool when Se supplementation is increased. The Rambouillet breed animals are wool producers and use and accumulate this element in the wool causing low and high amounts of Se excretion in feces. The Suffolk breed is a meat producing breed, and doesn't have that much wool, therefore, does not show fluctuations that are as great. The crossbreeds did not have significant differences in relation to the other two breeds, since they had characteristics of both (Suffolk and Rambouillet), therefore, they had an intermediate behavior through time.[25,27]

In the Rambouillet breed, the 10% boluses produced high levels of Se in blood in relationship with the 0% ones. The Suffolk breed animals did not show any difference between the 5% and 10% boluses, so the 10% boluses did not liberate more Se than the 5% boluses, or the liberated Se was not absorbed. Suffolk breed animals that received the control boluses present an average content of selenium in blood below the average of those treated with the 5% and 10 % Se boluses.

The Se concentrations in blood vary as time goes by. They were constant between days 30 to 90 and after that they tapered down. The study did not allow us to observe if this reduction is constant or the amount stabilizes again at another level, therefore, it is recom-

fue estadísticamente significativo ($P < 0.0001$). Esta elevación y posterior disminución en los valores sanguíneos afectó del mismo modo a todos los animales, por lo que el contenido de Se en los alimentos, así como la estabilización metabólica de los animales pudieron haber contribuido. Entre los dos últimos muestreos (días 90 y 120) se volvió a encontrar una diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones de Se sanguíneo. A pesar de no encontrarse ningún efecto significativo por la gestación, este resultado pudo deberse a que algunas de las ovejas (21 animales) parieron, y que en este periodo los animales utilizan mayor cantidad del elemento en diversos tejidos, tanto de ellas como de sus críos, lo que origina que las cantidades en sangre disminuyan.[7,22]

La variación encontrada en el presente trabajo en la concentración de Se en sangre se asemeja a lo descrito por Langlands *et al.*,[9] quienes encontraron variaciones de 9 a 77 ng de Se/g en animales testigo, con comprimidos de 5% de Se y hierro obtuvieron variaciones de 24 a 282 ng de Se/g, y con comprimidos de 10%, variaciones de 2 a 392 ng de Se/g.

En este trabajo la cantidad de Se encontrada en heces fue baja. Se infiere que la vía fecal no fue la principal vía de excreción (como pudo ser la urinaria), lo cual pudo deberse a que hubo un aporte adecuado de Se. También a que éste fue bien aprovechado por los animales, ya que se ha observado que el Se desechado en heces, en su mayoría, es el que no absorbe el animal, además del excretado por el sistema biliar, pancreático y células de la mucosa intestinal.[24,25]

Los borregas no gestantes no requieren de cantidades extras de Se para mantener al feto; por lo tanto, el exceso de este elemento es desechado. Así que los animales con comprimidos de 10% tuvieron mayor concentración de Se en heces respecto del grupo que no recibió selenio, lo que muestra que este tipo de comprimidos libera mayor cantidad. A diferencia de los animales no gestantes, en los gestantes (animales que parieron) no se encontraron diferencias significativas en el contenido promedio de selenio en heces entre los animales con comprimidos de 0%, 5% y 10%, lo cual pudo deberse a que estos animales requerían mayor cantidad de Se. En la mayoría de las especies, la transferencia de este elemento al feto, vía placentaria, es muy amplia y propicia que el animal aproveche al máximo el elemento, por lo que se eliminaron cantidades similares en los tres grupos.[26]

El comportamiento diferencial del contenido de selenio en heces entre razas a través del tiempo pudo deberse a que las razas ovinas productoras de lana aumentan sus necesidades por la producción de lana.

mended that later studies be carried out for a longer period of time.

Se concentration in feces is influenced by the content of this mineral in the bolus, but varies if the ewe is pregnant or not. In ewes that did not birth and that were treated with 0% and 10% boluses a significant difference was found in the average Se content in feces. As they did not get pregnant, the animals that received 10% boluses eliminated this element.

The levels of Se in feces change as time goes by and the elimination is not constant, besides it is not the same for all the breeds of ewes that were studied. Se concentration in feces varies through time in a different manner for Suffolk and Rambouillet breeds.

Due to the results that were obtained in the crossbred sheep (Rambouillet × Suffolk) it seems it is recommendable that boluses not be administered to them, since they seem to be capable of maintaining appropriate levels of the mineral in the blood, and they do not eliminate large amounts of the element in feces.

In Rambouillet animals, the results that were obtained suggest that the administration of boluses with a 10% of Se is recommendable. This maintains an adequate concentration of this mineral in blood and its loss by feces varies as time goes by. Also, there is a loss through feces in non-pregnant ewes but pregnant ewes use the Se well.

In view of the results that were obtained with the Suffolk breed, it is recommendable that boluses with 5% Se be provided, to maintain adequate levels in blood and the elimination by feces is not significant for pregnant and non-pregnant ewes in relation to the control group. There is Se loss by feces that changes through time.

Among the ewes that birthed there were no significant differences in the content of Se in feces in contrast with those that did not receive Se in the bolus and those that received boluses with 5% and 10% Se. This seems to indicate that Se is used up well by the ewe and in consequence by the lamb.

It is not possible to know if the boluses would liberate Se for a longer period than the time the study lasted, nor if this liberation would maintain adequate levels of Se in the blood of sheep further than day 120 therefore, we recommend that a larger amount of periods be observed, even though there may be more spacing.

Referencias

1. Allen JG, Steele P, Nasters HG, Dantouono NF. A study of nutritional myopathy in weaner sheep. Aust Vet J 1986; 62: 8-13.
2. Blood DC, Henderson J, Radostitis OM, Arundel JH, Gay CC. Deficiencias de Se-vitamina E o ambos.

Se ha encontrado que este elemento se incrementa y acumula en la lana al aumentarse la suplementación de Se. Los animales de raza Rambouillet, por ser animales productores de lana, utilizan y acumulan este elemento en ella, lo que conduce a altas y bajas en el Se excretado en heces. La raza Suffolk, que es productora de carne y no posee tanta lana, no presenta fluctuaciones tan marcadas. Las cruzas no tuvieron diferencias significativas contra ninguna de las otras dos razas, ya que por poseer características de ambas (Suffolk y Rambouillet), tuvieron un comportamiento intermedio a través del tiempo.[25,27]

Los comprimidos del 10% produjeron niveles de Se altos en sangre en relación con los de 0% en la raza Rambouillet. Los animales de la raza Suffolk no presentaron diferencia entre los comprimidos de 5% y 10%, por lo que los comprimidos de 10% no liberaron más Se que los de 5%, o bien el Se no fue absorbido. Los animales de la raza Suffolk tratados con bolos testigo presentaron un contenido promedio de selenio en sangre menor que los tratados con comprimidos de 5% y 10 % de Se.

Las concentraciones de Se en sangre varían a través del tiempo. Se mantuvieron constantes del día 30 al 90 y después disminuyeron. El estudio no permitió observar si este decremento es constante o se estabiliza nuevamente, por ello se recomienda ampliar el tiempo de experimentación en estudios posteriores.

La concentración de Se en heces está influida por el contenido de este mineral incluido en el comprimido, pero varía dependiendo de si la oveja está gestante o no. En las borregas que no tuvieron parto y fueron tratadas con comprimidos del 0% y 10% se encontró una diferencia significativa en el contenido promedio de Se en heces. Al no estar gestantes , los animales que recibieron comprimidos del 10% de Se, lo eliminaron.

Los niveles de Se en heces cambian con el tiempo y la eliminación no es constante, además de no ser la misma para todas las razas de ovinos estudiadas. La concentración de Se en heces varía a través del tiempo de una manera diferente para las razas Suffolk y Rambouillet.

Los resultados encontrados en los ovinos cruza (Rambouillet × Suffolk) sugieren no aplicar ningún comprimido en ellos, pues al parecer son capaces de mantener niveles adecuados del mineral en sangre y no eliminar grandes cantidades por heces.

Para los animales de la raza Rambouillet, los resultados encontrados sugieren administrar comprimidos con un contenido de Se de 10%, esto mantiene una concentración adecuada de este mineral en sangre y su pérdida por heces varía a través del tiempo; además, en los animales no gestantes se presenta una pérdida por heces, pero hay un

aprovechamiento del Se por parte de las ovejas gestantes.

Según los resultados para las borregas de la raza Suffolk, es recomendable suministrar comprimidos que contengan 5% de Se, con lo que se mantienen los niveles adecuados en sangre, y la eliminación por heces no es significativa para ovejas gestantes ni para ovejas no gestantes respecto del grupo testigo. Se presenta una pérdida de Se por heces que cambia en el tiempo.

Entre las ovejas que parieron no se encontraron diferencias significativas en el contenido promedio de Se en heces, entre las que no recibieron Se en el comprimido y las que recibieron comprimidos con 5% y 10% de Se, lo que parece indicar un aprovechamiento del Se por parte de la oveja y, como consecuencia, del cordero.

No se puede saber si los comprimidos liberarán Se por un tiempo más prolongado al que se estudió, ni tampoco si esta liberación mantendrá los niveles adecuados de Se en la sangre de las ovejas más allá del día 120, por lo que se recomienda observar un mayor número de periodos, aunque entre ellos haya mayor espaciamiento.

Medicina Veterinaria. 5a ed. México: Interamericana 1996.

3. Gooneratne SR, Christensen DA. A survey of maternal and fetal tissue zinc, iron, manganese and selenium concentrations in bovine. Can J Anim Sci 1989; 69: 151 159.
4. Jelinek PD, Ellis T, Worth RH, Sutherland SS, Masters HG, Petterson DS. The effect of selenium supplementation on immunity, and establishment of an experimental *Haemonchus contortus*, in weaner Merino sheep fed a low selenium diet. Aust Vet J 1988; 65: 214 217.
5. Spears WJ, Harvey RW, Segerson EC. Effects of marginal selenium deficiency and winter protein supplementation on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. J Anim Sci 1986; 63: 586-593.
6. Ullrey DE. Biochemical and physiological indicators of selenium status in animals. J Anim Sci 1987; 65: 1712 1724.
7. Donald GE, Langlands JP, Bowles JE, Smith AJ, Burke GL. Selenium supplements for grazing sheep. 3. Development of an intra-ruminal pellet with an extended life. Anim Feed Sci Technol 1993; 40: 295-308.
8. Kuchel RE, Buckley RA. The provision of selenium to sheep by means of heavy pellet. Aust J Agric Res 1969; 20: 1099-1107.
9. Langlands JP, Donald GE, Bowles JE, Smith AJ. Selenium supplements for grazing sheep. 4. The use of intraruminal pellets containing elevated quantities of selenium. Anim Feed Sci Technol 1994; 46: 109-118.
10. Wilkins JF, Hamilton BA. Low release of selenium from recovered ruminal pellets. Aust Vet J 1980; 56: 87-89.
11. Hunter RA, Peter DW, Hudson DR, Chandler BS. Studies with the intraruminal pellet. I. Some factors influencing the effectiveness of the pellet for selenium supplementation of sheep. Aust J Agric Res 1981; 32: 927-933.
12. Langlands JP, Donald GE, Bowles JE, Smith AJ. Selenium supplement for grazing sheep. 1. A comparison between soluble salts and other forms of supplement. Anim Feed Sci Technol 1990; 28: 1-13.
13. Maxwell SE, Delaney HD. Designing experiments and analyzing data. A model comparison perspective. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, 1990.
14. Milliken GA, Johnson DE. Analysis of messy data. Designed experiments. New York : Chapman & Hall, 1992.
15. SAS Institute Inc. JMP: Statistics and graphics guide. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc 1995.
16. Arthur D. Selenium content of some feed ingredients available in Canada. Can J Anim Sci 1971; 51:71 74.
17. Guerrero BLL. Interrelación del contenido de Se y cobre en lana de ovino y suelo de Cuajomulco y Tres Marías. (Tesis de licenciatura). México, DF. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 1995.
18. Langlands JP, Bowles JE, Donald GE, Smith AJ. Selenium supplements for grazing sheep. 2. Effectiveness of intra-ruminal pellets. Anim Feed Sci Technol 1991; 28: 15-28.
19. Millar KR, Meads WJ. Blood selenium levels in sheep transferred from selenium topdressed to selenium deficient pasture and vice versa. N Z J Age Res 1987; 30: 177 181.
20. Wheatley LE, Beck NFG. The influence of season and husbandry on the selenium status of sheep in a deficient area. Br Vet J 1988; 144: 246 251.
21. NRC. Nutrient requeriments of sheep. 6th ed. Washington, D.C., National Research Council, 1985.
22. Millar KR, Meads WJ. The efficacy of intraruminal pellets composed of elemental selenium and iron in sheep. NZ Vet J 1988; 36: 53-55.
23. Judson GJ, Brown TH, Kempe BR, Turnbull RK. Trace element and vitamin B_{12} status of sheep given an oral dose of one, two or four soluble glass pellets containing copper, selenium and cobalt. Aust J Agric Res 1988; 28: 299-305.
24. Reddy K, Tappel AL. Effect of dietary selenium and autoxidized lipids on the glutathione peroxidase system of gastrointestinal tract and other tissues in the rat. J Nutr 1974; 104: 1069-1078.
25. Handreck KA, Godwin KO. Distribution in the sheep of selenium derived from 75Se-labelled ruminal pellets. Aust J Agric Res 1970; 21: 71-84.
26. Church DC. The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. 2nd Edit. New Jersey: D.C. Church, 1988.
27. Wilkins JF, Kilgour RJ, Gleeson AC, Cox RJ, Geddes

SJ, Simpson IH. Production responses in selenium supplemented sheep in Northern New South Wales. 2. Liveweight gain, wool production and reproductive performance in young Merino ewes given selenium and copper supplements. Aus J Exp Agric Anim Husb 1982; 22: 24-28.