

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2018; 8(3):118-129. Recibido: 11/02/2018 Aceptado: 10/07/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.9>

Evaluación de bolos selenio sobre parámetros productivos e IgG en cabritos inmunizados con bacterina-toxoide

Evaluation of selenium boluses on productive parameters and IgG in kids immunized with bacterin-toxoid

Díaz-Sánchez Víctor^{1*} victorm_diazs@yahoo.com.mx; Rodríguez-Patiño Gabriela¹ grp2284@yahoo.com.mx; Ramírez-Bribiesca Efrén² efrenrb@colpos.mx; Morales-Álvarez José³ morales62@yahoo.com; López-Arellano Raquel^{1**} rlajjd@yahoo.com.mx

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Cuautitlán Izcalli, México. ²Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Coyoacán, México. *Autor responsable: Díaz-Sánchez Víctor, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, C.P. 54714. **Autor de correspondencia: López-Arellano Raquel, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, C.P. 54714.

RESUMEN

México tiene deficiencia de selenio en la mayor parte de su territorio, esto tiene consecuencias en la salud de los animales, disminuyendo la inmunidad y los parámetros productivos, como el consumo de alimento y la ganancia de peso. El presente trabajo evaluó la suplementación de selenio en cabritos en tres grupos de estudio; un grupo fue suplementado con selenio en forma oral a través de bolos intarruminales (GBSe) (7 animales); otro grupo se suplementó con selenio de forma parenteral (GSeP) (7 animales) y un grupo control sin tratamiento (GC) (6 animales). Se evaluó el consumo de alimento, la ganancia de peso y la respuesta inmunitaria a través de la medición de IgG en suero contra una bacterina-toxoide. Se observó que los animales suplementados tuvieron mayores niveles de selenio en eritrocitos a diferencia del grupo control (GC) ($p < 0.05$), pero no se observaron diferencias asociadas a la vía de administración del mineral ($p > 0.05$). La suplementación al parecer no tuvo un efecto claro sobre el consumo de alimento y la ganancia de peso ($p > 0.05$). Se logró aumentar las concentraciones del mineral en eritrocitos en los animales suplementados. La respuesta inmune humoral fue influenciada por la suplementación de selenio.

Palabras clave: bolos, selenio, ganancia de peso, consumo de alimento, inmunidad.

ABSTRACT

Mexico has selenium deficiency in most of its territory, this has consequences on animal health, decreasing immunity and productive parameters, such as food consumption and weight gain. The present work evaluated the selenium supplementation in kids in three study groups; One group was supplemented with selenium orally through intraruminal boluses (GBSe) (7 animals); a group was supplemented with selenium parenterally (GSeP) (7 animals); a control group without treatment (GC) (6 animals). Feed intake, weight gain, and immune response were measured through serum IgG levels against a bacterin-toxoid. It was observed that the supplemented animals had higher levels of selenium in erythrocytes unlike the control group (GC) ($p < 0.05$), but no differences were observed associated with the route of administration of the mineral ($p > 0.05$). Supplementation apparently did not have a clear effect on feed intake and weight gain ($p > 0.05$). It was possible to increase the concentrations of the mineral in erythrocytes in the supplemented animals. The humoral immune response was influenced by selenium supplementation.

Keywords: bolus, selenium, weight gain, feed intake, immunity.

INTRODUCCIÓN

El selenio (Se) es un elemento traza esencial en la mayoría de los organismos vivos, el cual tiene propiedades principalmente antioxidantes (Kruzhel *et al.*, 2014; Marek y Stanislaw, 2013). El contenido de Se en suelo por debajo de 0.010 mg/kg de materia seca puede causar signos de deficiencia en los animales y cantidades menores a 0.5 mg/kg en suelos son consideradas insuficientes para los animales (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010; Kruzhel *et al.*, 2014). En México hay deficiencia de Se en los suelos, principalmente en la zona del altiplano (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2001), esto afecta la producción animal, principalmente en rumiantes, donde se sabe que la absorción de selenio varía del 11% al 35%, mientras que en no rumiantes es de 77% al 85% (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010; Kruzhel *et al.*, 2014; Lescure *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2000).

La deficiencia de Se puede traer consecuencias tanto productivas como reproductivas (Haenlein y Anke, 2011; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010); además esta deficiencia se ha traducido en una inmunodepresión con consecuencias para los animales. Los bolos intrarruminales son una forma eficaz de dosificación, pueden transportar fármacos y/o minerales en un pequeño espacio y liberarlo de forma paulatina. Son relativamente fáciles de administrar de forma manual a través de la cavidad oral, donde son retenidos en el retículo-rumen (Edwards *et al.*, 2011; Vandamme y Ellis, 2004).

El objetivo fue evaluar bolos intrarruminales cargados con Se sobre el consumo de alimento, ganancia de peso e IgG contra *Mannheimia haemolytica* en caprinos; así como comparar los esquemas de administración del mineral y evaluar el balance entre el selenio administrado y el cuantificado en eritrocitos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Norma de ética y bienestar experimental

Los animales fueron manejados bajo las normas del Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE) aprobado por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), con clave de registro CICUAE-FESC C15_03.

Características, manejo y división del grupo de los animales de estudio

Se emplearon 20 caprinos de raza Alpina, de 7 meses de edad, con un peso promedio de 22.914 kg \pm 4.146 kg, del módulo de producción caprina de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Los animales tuvieron un periodo de adaptación en corrales con piso de concreto, el alimento se ofreció una vez al día y agua *ad libitum*; se desparasitaron con Closantel a una dosis de 10 mg/kg PV. Posteriormente los animales se alojaron en jaulas metabólicas individuales con 1.50 m de largo, 0.5 m de ancho y 1.2 m de alto para evidenciar la posible regurgitación de los bolos y poder medir de forma más precisa el consumo de alimento individual de los animales de estudio. Los

animales se dividieron en tres grupos de estudio de la siguiente forma: un grupo suplementado con selenio parenteral *Beef-Se*, considerando una dosis de 0.25 mg de Se por kilogramo PV, el cual se administró dos veces durante el experimento de forma subcutánea con intervalos de 15 días (GSeP) (7 animales); un grupo suplementado con bolo con selenito de sodio (0.050 mg) (GBSe) (7 animales) y un grupo control (GC) (6 animales) sin suplementación. Se utilizó una bacterina-toxoide (*Toxo Bac Neumonías*) elaborada en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para estimular la respuesta inmunitaria en los animales utilizados para este estudio.

Los animales fueron alimentados con alfalfa achicalada molida, la cual contenía 94.13% de materia seca, 17.12% de proteína cruda y 1.11 $\mu\text{gSe/g}$ de muestra de alimento. El consumo se calculó restando el peso del alimento al inicio de la semana, menos la cantidad restante; a este valor se le restaba el rechazo de alimento para calcular el consumo real por animal y por grupo. Se evaluó la ganancia de peso de cada uno de los animales involucrados en el estudio. Los animales se pesaron semanalmente por la mañana antes de recibir alimento, utilizando una balanza de 100 kilogramos de capacidad marca Torey®. Se tomaron muestras de sangre con intervalos de 7 días por 56 días, por venopunción de la vena yugular externa; se utilizaron agujas y tubos vacutainer (sistema al vacío) Vacutainer® calibre 20G- X 38mm y tubos con vacío con EDTA y para obtención de suero Vacutainer® BD.

Bolos intrarruminales y pruebas de laboratorio

La elaboración de los bolos de Se fue realizado mediante la técnica de granulación por fusión. Para la cuantificación de Se total en eritrocitos se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros (*Ghany-Hefnawy et al.*, 2007). En la evaluación de las absorbancias para IgG contra *Mannheimia haemolytica* se realizó una prueba de ELISA (Morales-Alvarez *et al.*, 1993).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos; el tratamiento 1 correspondió al grupo suplementado con selenio parenteral (GseP), el tratamiento 2 correspondió al grupo suplementado con selenio a través de un bolo intrarruminal (GBSe) y el 3 al grupo control (GC). En los tratamientos 1 y 2 se utilizaron 7 repeticiones y en el 3, 6 repeticiones. Las variables dependientes fueron el consumo de alimento, ganancia de peso y concentración de Se en eritrocitos e IgG en suero contra *Mannheimia haemolytica*.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en figuras y tablas, mostrando la media, error estándar y el valor p de los tres grupos experimentales. Los bolos intrarruminales presentaron un peso promedio de 7.994 g \pm 0.020 g; la densidad promedio fue de 2.665 g/ml, \pm 0.007

g/ml; dureza promedio de 25.017 Kp \pm 0.929 kp, largo de 19.030 mm \pm 0.043 mm y ancho de 15.010 \pm 0.003 mm respectivamente.

La tabla 1 evalúa el consumo de alimento en cada uno de los grupos experimentales por cada 7 días de estudio. Para los días 0 y 7 del experimento no se observan diferencias significativas en los tres grupos de estudio; en el día 14 se observa una diferencia en el consumo de alimento entre GSeP y C, donde el primero tiene mayor consumo de alimento; esta diferencia no se observa entre GBSe y GSeP o entre GBSe y C para este día; en el día 28 GSeP y C presentan diferencias en el consumo, donde C tiene mayor consumo de alimento; no hay diferencias entre C y GBSe y entre GBSe y GSeP; en el día 35 GSeP tiene el mayor consumo de alimento a diferencia de GBSe y C; en el día 42 hay una diferencia de consumo entre GSeP y GBSe, donde este último tiene el mayor consumo de alimento, esta diferencia no se observa entre GBSe y C o entre GSeP y C. Por último, en los días 49 y 56 no hay diferencia en el consumo de alimento para los tres grupos de estudio.

Tabla 1. Promedio y errores estandar de consumo de alimento de los grupos de estudio

Día	Grupo Bolo Selenio (GBSe)	Grupo Selenio Parenteral (GSeP)	Control (C)	Significancia
0	6.433 \pm 0.326	6.124 \pm 0.302	6.407 \pm 0.401	NS
7	7.214 \pm 0.654	6.904 \pm 1.085	7.873 \pm 0.289	NS
14	8.487 \pm 0.663	8.494 \pm 0.417*	7.598 \pm 0.298*	*
21	7.091 \pm 0.2992	6.973 \pm 0.352	7.426 \pm 0.460	NS
28	5.154 \pm 0.474	4.631 \pm 0.553*	5.673 \pm 0.442*	*
35	5.546 \pm 0.257	7.806 \pm 1.577*	5.303 \pm 0.608	*
42	8.661 \pm 0.490*	7.652 \pm 0.337*	7.726 \pm 1.218	*
49	6.073 \pm 0.708	6.386 \pm 0.606	6.531 \pm 0.599	NS
56	6.180 \pm 0.584	6.189 \pm 0.542	6.567 \pm 0.714	NS

GBSe, selenio aplicado en bolo intrarruminal, GSeP, selenio parenteral, NS, no significativo ($p > 0.05$), * diferencia significativa ($p < 0.05$)

En la tabla 2 se evalúa la ganancia de peso en los animales de estudio. En el día 0 no hay diferencias significativas; en el día 7 C presenta la mayor ganancia de peso a diferencia de GBSe y GSeP; para el día 14 C tiene las menores ganancias de peso a diferencia de los grupos suplementados con selenio; en el día 21 GSeP tiene las mayores ganancias de peso a diferencia de GBSe y C; En el día 28 GBSe tiene las mayores ganancias de peso a diferencia de GSeP y C; en el día 35 no se presentan diferencias significativas entre los tres grupos; en el día 42 de nuevo GBSe tiene las

mayores ganancias de peso a diferencia de GSeP y C; en el día 49 hay una diferencia significativa entre GSeP y C donde el primero tiene mayor ganancia de peso, esto no se observa entre GBSe y GSeP, así como entre GBSe y C. En el día 56 hay una diferencia significativa entre GBSe y GSeP, donde los dos tienen mayores ganancias de peso a diferencia de C, pero sin diferencia significativa entre ellos.

Tabla 2. Promedio y errores estandar para ganancia de peso de los grupos de estudio

Día	Grupo Bolo Selenio (GBSe)	Grupo Selenio Parenteral (GSeP)	Control (C)	Significancia
0	0	0	0	NS
7	0.060±0.101	0.307±0.084	1.713±0.994*	*
14	0.300±0.200	-0.100±0.310	-0.700±0.300*	*
21	0.167±0.167	0.833±0.167*	0.500±0.000	*
28	2.167±0.088*	1.400±0.305	1.500±0.000	*
35	0.833±0.328	0.700±0.305	0.633±0.067	NS
42	0.733±0.067*	0.233±0.120	0.300±0.000	*
49	0.467±0.145	0.500±0.115*	0.233±0.145*	*
56	3.567±0.348*	3.933±0.133*	1.667±0.437	*

GBSe, selenio aplicado en bolo intrarruminal, GSeP, selenio parenteral, NS, no significativo ($p > 0.05$), * diferencia significativa ($p < 0.05$)

En la fig. 1 sobre la concentración de Se en los grupos de estudio, se observa que para el día 0 no hay diferencia entre grupos ($p > 0.05$) promediando 84.115 ng de Se por g de muestra. Para el día 7 los grupos suplementados tienen en promedio mayores niveles de Se, con una diferencia significativa con GC ($p < 0.05$) (158.617 ng vs 97.256 ng); en el día 14 no se observan diferencias en las concentraciones de Se en eritrocitos en los grupos de estudio con un promedio de 73.359 ng; en el día 21 se observa que los grupos suplementados tienen en promedio mayores concentraciones de Se sin diferencia significativa entre ellos ($p > 0.05$), pero significativamente diferentes a GC ($P < 0.05$) (223.668 ng vs 94.720 ng); lo mismo sucede para el día 28 (147.836 ng vs 96.310 ng) y en el día 35 (188.890 ng vs 49.707 ng). Del día 49 al 56 no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre grupos promediando 91.614 ng, 139.457 ng y 108.869 ng respectivamente.

En la fig. 2 se observan las absorbancias obtenidas para IgG en suero de los grupos de estudio. Del día 0 al día 28 no se observan diferencias significativas en los grupos de estudio ($p > 0.05$); a partir del día 35 y hasta el día 49 se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos suplementados con Se y GC; en el día 35 los

grupos suplementados con Se promedian 1.096 de absorbancia a diferencia de GC que tiene 0.839 para IgG; en el día 42 los grupos suplementados presentan mayores absorbancias que GC ($p < 0.05$), promediando 1.318 contra GC de 0.996; En el día 49 GBSe y GSeP presentan una absorbancia promedio de 1.251 y el GC tiene una absorbancia 0.934; en el día 56 no se observan diferencias significativas para los grupos de estudio ($p > 0.05$), promediando una absorbancia de 0.960.

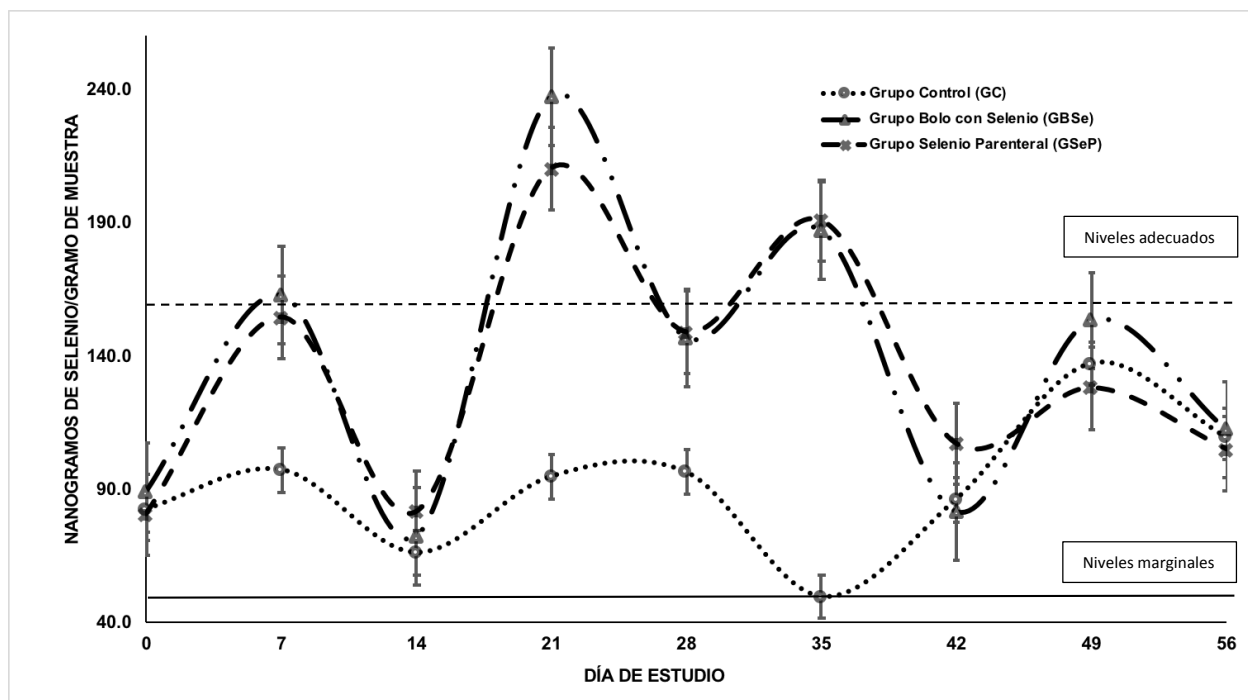


Figura 1. Concentración de selenio en eritrocitos en los grupos de estudio, la línea inferior muestra los niveles marginales de selenio para pequeños ruminantes y la línea punteada superior los niveles adecuados reportados. No se muestran los niveles tóxicos IGG

DISCUSIÓN

Los bolos intrarruminales tienen la ventaja de liberar el principio activo que esté conteniendo por periodos más prolongados de tiempo que cuando se suplementa en forma parenteral, por lo que pueden resultar más seguros; por ejemplo, en la prevención de la deficiencia de selenio sin tener que administrar periódicamente el mineral a los animales. Sin embargo, existe la posibilidad de que los animales regurgiten el bolo, lo partan y lo deglutan nuevamente, liberando el principio activo como el selenio en forma inmediata, pudiendo existir riesgo de intoxicación. Para evitar esto, se utilizan dos tipos de cualidades, una tiene que ver con el uso de la densidad, la cual asegura que el objeto se mantendrá cerca del fondo del retículo-rumen y la otra con la forma geométrica, que reduce las posibilidades de regurgitación (Vandamme y Ellis, 2004).

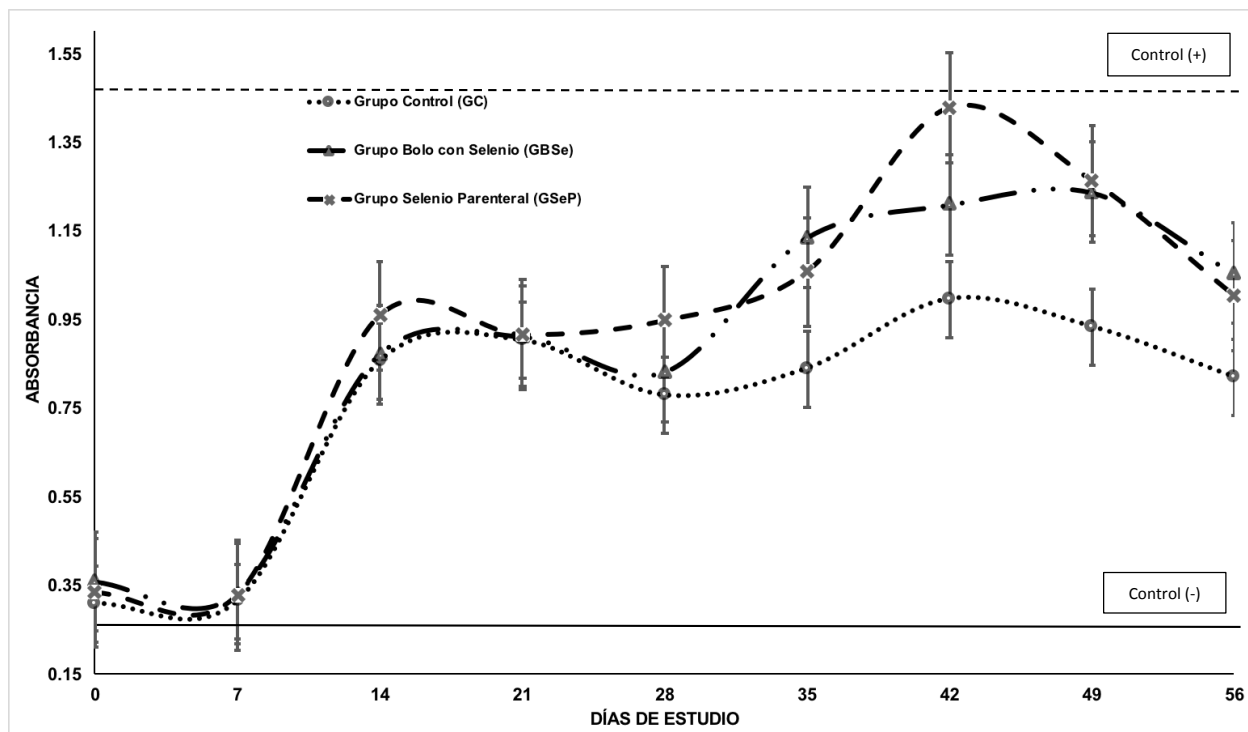


Figura 2. Absorbancias para IgG en suero de los grupos de estudio, en el experimento la línea continua inferior, muestra la absorbancia del control negativo y la línea discontinua superior muestra la absorbancia para el control positivo.

Los bolos fabricados para este trabajo, cumplieron con las características de densidad requeridas para evitar la regurgitación, Cardinal, 2000, menciona que densidades entre 2-3.5g/ml evitan la regurgitación de los bolos. En este trabajo los bolos presentaron una densidad de 2.665g/ml, por lo que entran dentro del rango requerido para prevenir la expulsión del bolo, lo cual no se observó en este trabajo. En lo que se refiere a la forma geométrica, esta resultó ser adecuada para la administración en cabritos, el bolo fue administrado fácilmente de forma manual sin la necesidad de algún instrumento especializado; no se lesionó la mucosa oral de los animales, ni se lastimó el esófago de los mismos. Por último, la dureza de los bolos garantiza que no se fracturen durante la administración; la dureza obtenida para estos bolos fue de 25.017, lo cual resultó ser eficaz, ya que no se presentaron fracturas por la manipulación del bolo o por la administración de los mismos.

Con la aplicación de bolos intrarruminales, se busca reducir la frecuencia de tratamientos, la mano de obra para el manejo de los animales y la administración del medicamento; se busca también que el tratamiento sea eficiente, que disminuyan los efectos traumáticos y estresantes para el animal, que ofrezca disponibilidad por periodos prolongados y que disminuyan los efectos colaterales al mínimo, en particular la posible intoxicación. Cabe mencionar que en lo que respecta a los parámetros

productivos, se observó en este trabajo que el consumo de alimento no presentó diferencias significativas en los grupos de estudio ($p > 0.05$),

En el trabajo realizado por Simoes Cortinhas *et al.*, 2012, en vacas lecheras suplementadas con selenio, no encuentran diferencias significativas en el consumo de alimento, como sucedió en el presente experimento. Por lo que se considera que aunque este parámetro no se vio influenciado de forma positiva en este estudio, la medición del consumo de alimento tal vez pueda servir en este experimento como indicador de que los animales no recibieron dosis tóxicas de Se, ya que cuando esto ocurre, el consumo de alimento se ve afectado de forma negativa como lo menciona Lopez-Arellano *et al.*, 2015. En lo que respecta a la evaluación de la ganancia de peso, en el día 14 GC pierde peso de manera significativa ($p < 0.05$), a diferencia de los grupos suplementados; es a partir del día 21 que los animales suplementados con Se tienen mejores ganancias de peso que GC, hasta el final del experimento en el día 56 ($p < 0.05$).

En trabajos hechos sobre el peso y la ganancia de peso de los animales con respecto a la suplementación de selenio Chauhan *et al.*, 2016, observaron que corderos suplementados con Se presentaban mejores ganancias de peso que el grupo control. Por otro lado, Cristaldi *et al.*, 2005, no encontraron diferencias en los pesos promedio de ovejas castradas al final de su experimento; sin embargo, no se midieron las ganancias de peso como en el presente experimento, por lo que aunque hay reportes de efectos positivos en lo que se refiere la suplementación de Se sobre la ganancia de peso, también hay resultados no favorables sobre este parámetro. Qin *et al.*, 2007 explica que en muchos trabajos no se ha observado algún efecto de la suplementación de Se sobre la ganancia de peso, cuando en la dieta hay concentraciones normales o marginales de Se.

En este trabajo los animales no tenían concentraciones marginales de Se en eritrocitos, debido a la cantidad de Se en la dieta ($1.11 \mu\text{gSe/g}$ de muestra), lo que pudiera explicar la falta de diferencias en los parámetros productivos, como la ganancia de peso o el consumo de alimento. Por otro lado, en lo que se refiere a la estimación de selenio en muestras biológicas, Stefanowicz *et al.*, 2013 mencionan que aunque el plasma es comúnmente utilizado como indicador en los estudios sobre el estatus de Se en el organismo, este puede decaer rápidamente, independientemente del estatus real del mineral en el organismo durante fases agudas de respuesta; mientras que los ensayos sobre niveles de Se en eritrocitos son más robustos y las concentraciones no se ven afectadas por factores como la respuesta inflamatoria sistémica.

Qin *et al.*, 2007, mencionan que el análisis se podría hacer en sangre completa, ya que la hemólisis de los eritrocitos durante el manejo de la muestra podría causar falsos valores altos en plasma. Por lo que hacer estudios de niveles de Se en eritrocitos

resulta ser una buena opción para evitar falsos niveles, como resultado de un mal manejo de la muestra. En lo que respecta a la suplementación, se observó que hubo un aumento significativo de los niveles de selenio en los grupos suplementados por las dos vías a partir del día 14 ($p < 0.05$). En el estudio hecho por Van Ryssen *et al.*, 2013, mencionan que los pequeños rumiantes por debajo de 50 ng de Se por g de fluido, se consideran marginalmente deficientes y por debajo de este valor pudiera haber repercusiones en la salud de los rumiantes.

Los animales del presente estudio empezaron el experimento con un promedio de 84 ng de Se por gramo de muestra, los cuales son niveles cercanos a los marginales. Para el día 28 los animales suplementados con Se llegan a su máximo nivel, con un promedio de 147 ng de Se, pudiendo ser considerados niveles adecuados, tomando en cuenta los que hay reportados en suero y sangre completa; por lo que se considera entonces que, en el presente trabajo, la suplementación de Se logró aumentar los niveles del mineral en los animales hasta niveles adecuados en eritrocitos, aunque sin diferencias entre las dos formas de suplementación. Para este trabajo se planteó que la suplementación de Se a través de dos vías de administración, tendrían diferencias en las concentraciones de Se eritrocitarias; sin embargo, no se observaron diferencias asociadas a la vía de suplementación, aunque hay que mencionar que la vía parenteral necesitó de dos administraciones con intervalos de 15 días para mantener los niveles en eritrocitos; esto pudiera ser una desventaja con respecto al bolo, ya que el bolo solo requirió de una administración y no hubo regurgitación en este estudio.

En el trabajo hecho por Gutiérrez Olvera *et al.*, 2005 en ovejas, se utilizaron bolos de 5 g con 50 mg de Se para liberación intrarruminal, los cuales mantuvieron la liberación de Se hasta el día 120, con concentraciones de Se en los animales de 148 ng/g de muestra. En nuestro trabajo al día 28 se obtuvo un promedio 147 ng de Se/g de muestra para las dos vías de suplementación, por lo que para este trabajo ambas vías parecen ser eficaces para el mantenimiento de niveles adecuados de Se en cabritos; sin embargo, solo se midieron estos niveles por 56 días, por lo que se requeriría de un estudio más prolongado para conocer el comportamiento del bolo. Por otro lado, la dosis parenteral recomendada por Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2004 de 0.25 mg/kg de peso vivo logró aumentar los niveles de Se en eritrocitos hasta alcanzar niveles adecuados, como lo demuestran los resultados obtenidos. El autor menciona que la seguridad de la dosis de Se para los animales, depende de la concentración del mineral en sangre antes de administrar los tratamientos.

En el trabajo hecho por Davy *et al.*, 2016, se evaluaron tres diferentes métodos para la suplementación de Se en rumiantes: a través de premezclas, inyección subcutánea y bolos intrarruminales, el experimento duró 90 días y encontró que la mejor forma de suplementación de Se es a través de los bolos intrarruminales, los cuales mantuvieron niveles adecuados de Se en sangre por más tiempo que la inyección subcutánea, el

autor menciona que la inyección puede ser un método más fácil en lo que se refiere a la resistencia del ganado a la administración del bolo, habilidad del manipulador y a veces tiempo; sin embargo, el bolo es más eficaz por la menor manipulación de los animales, menor estrés y costo de mano de obra.

En lo que se refiere a la respuesta inmunológica humoral, no se observaron diferencias significativas en las absorbancias de IgG en los grupos de estudio los primeros 28 días del experimento ($p > 0.05$); sin embargo, los grupos suplementados con Se muestran absorbancias significativamente mayores para IgG a partir del día 28 después de la administración de la bacterina-toxoide y hasta el final del experimento. En el trabajo hecho por Rodinova et al., 2008 se suplementó a ovejas con Se y se midieron las concentraciones de IgG en las madres y sus crías, encontrando que los animales suplementados tenían mayores concentraciones de IgG que los animales no suplementados. Alhidary *et al.*, 2016, evaluaron el estatus antioxidante y la respuesta inmune en camellos suplementados con bolos de acción prolongada, encontrando datos similares a los nuestros en lo que se refiere al comportamiento de los anticuerpos después del desafío antigénico.

Alhidary *et al.*, 2016, encontraron que en la primera inmunización no se observan diferencias en los grupos suplementados y los controles, después de la segunda inmunización se observan mayores diferencias entre los grupos suplementados y los no suplementados. Los autores mencionan que los minerales traza son capaces de regular la respuesta inmune, por lo que muchas veces son utilizados como inmunoestimulantes, teniendo importancia en la respuesta inmune tanto innata como adaptativa; lo cual pudo ser observado a través de la respuesta inmune humoral.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo el consumo de alimento no se vio influenciado de forma significativa por la suplementación de selenio. En lo que se refiere a la ganancia de peso tampoco se observó diferencia significativa clara entre los grupos de estudio; sin embargo, se lograron aumentar las concentraciones de selenio en eritrocitos en los animales suplementados; aunque no se observaron diferencias entre las formas de suplementación. Por último, la respuesta inmune humoral aumentó con la suplementación de Se.

LITERATURA CITADA

- ALHIDARY IA, Abdelrahman MM, Uallh Khan R, Harron RM. 2016. Antioxidant status and immune responses of growing camels supplemented a long-acting multi-trace minerals rumen bolus. *Ital. J. Anim. Sci.* 15:343–349. doi:10.1080/1828051X.2016.1186502.
- CARDINAL JR. 2000. Intraruminal controlled release boluses. *Controlled Release Veterinary Drug Delivery: Biological and Pharmaceutical Considerations*, 51–82. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82992-4.X5018-7>

- CHAUHAN SS, Ponnampalam EN, Celi P, Hopkins DL, Leury BJ, Dunshea FR,. 2016. High dietary vitamin E and selenium improves feed intake and weight gain of finisher lambs and maintains redox homeostasis under hot conditions. *Small Rumin. Res.* 137:17–23. doi:10.1016/j.smallrumres.2016.02.01.
- CRISTALDI LA, McDowell LR, Buergelt CD, Davis PA, Wilkinson NS, Martin FG. 2005. Tolerance of inorganic selenium in wether sheep. *Small Rumin. Res.* 56:205–213. doi:10.1016/j.smallrumres.2004.06.001.
- DAVY J, Forero L, Tucker T, Mayo C, Drake D, Maas J, Oltjen J. 2016. Efficacy of selenium supplementation method in California yearling beef cattle and resulting effect on weight gain. *Calif. Agric.* 70:187–193. doi:10.3733/ca.2016a0016
- EDWARDS LJ, Overend DJ, Ellis KJ. 2011. Selenium supplementation: Confirmation of an effective 5-year delivery system for sheep. *Small Rumin. Res.* 95:184–187. doi:10.1016/j.smallrumres.2010.09.008.
- GHANY-HEFNAWY AEI, López-Arellano R, Revilla-Vázquez A, Ramírez-Bribiesca E, Tórtora-Pérez J. 2007. The relationship between fetal and maternal selenium concentrations in sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 73:174–180. doi:10.1016/j.smallrumres.2007.01.020.
- GUTIÉRREZ OLVERA C, Spross Suárez A, Rosiles Martínez R, Ducoing Watty A, Ortiz Hernández A. 2005. Blood and fecal selenium in sheep with the use of inorganic intraruminal boluses. *Vet. Méx.* 36:313–324. <http://veterinariamexico.unam.mx/index.php/vet/article/view/147>
- HAENLEIN GFW, Anke M. 2011. Mineral and trace element research in goats: A review. *Small Rumin. Res.* 95:2–19. doi:10.1016/j.smallrumres.2010.11.007.
- HEFNAWY AEG, Tórtora-Pérez JL. 2010. The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Rumin. Res.* 89:185–192. doi:10.1016/j.smallrumres.2009.12.042.
- KRUZHEL B, Vovk S, Małgorzata B, Nowakowska E, Sergei P. 2014. Selenium in the diet of ruminants. *Acta Sci. Pol., Zootech.* 13:5–16. http://asp.zut.edu.pl/2014/13_4/asp-2014-13-4-256.pdf
- LESCURE A, Rederstorff M, Krol A, Guicheney P, Allamand V. 2009. Selenoprotein function and muscle disease. *Biochim. Biophys. Acta.* 1790(15):69–74. doi:10.1016/j.bbagen.2009.03.002.
- LOPEZ-ARELLANO R, Ramirez-Bribiesca JE, Jaimes-Miranda J, Tortora-Perez JL, Revilla-Vazquez AL, Rodriguez-Patiño G, Montaña-Gomez MF. 2015. Pathophysiological response to experimental oral overdose of different forms of selenium in lambs. *Ann. Anim. Sci.* 15:655–666. doi:10.1515/aoas-2015-0016.
- MAREK K, Stanislaw B. 2013. Selenium: Significance, and outlook for supplementation. *Nutrition.* 29:713–718. doi:10.1016/j.nut.2012.11.012.

MORALES-ALVAREZ FJ, Jaramillo-Meza L, Oropeza-Vázquez Z, Tórtora-Pérez JL, Trigo-Tavera FJ, Espino-Rosas G. 1993. Evaluación experimental de un inmunógeno de *Pasteurella haemolytica* en corderos. *Vet. Méx.* 24:97–105. <http://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=12524>

QIN S, Gao J, Huang K. 2007. Effects of different selenium sources on tissue selenium concentrations, blood GSH-Px activities and plasma interleukin levels in finishing lambs. *Biol. Trace Elem. Res.* 116:91–102. doi:10.1007/s12011-007-9019-x.

RAMÍREZ-BRIBIESCA E, Hernández-Camacho E, Hernández-Calva LM, Tórtora-Pérez JL. 2004. Efecto de un suplemento parenteral con selenito de sodio en la mortalidad de corderos y los valores hemáticos de selenio. *Agrociencia.* 38:43–51. ISSN: 14053195

RAMÍREZ-BRIBIESCA JE, Tórtora JL, Hernández LM, Huerta M. 2001. Main causes of mortalities in dairy goat kids from the Mexican plateau. *Small Rumin. Res.* 41:77–80. doi:10.1016/S0921-4488(01)00191-2.

RODINOVA H, Kroupova V, Travnicek J, Stankova M, Pisek L. 2008. Dynamics of IgG in the blood serum of sheep with different selenium intake. *Vet. Med. (Praha).* 53:260–265. ISSN: 03758427.

SILVA JH, Quiroga MA, Auza NJ. 2000. Selenio en el rumiante. Relaciones suelo, planta, animal. *Med. Vet.* 17:229–246. ISSN: 0212-8292

SIMOES CORTINHAS C, de Freitas Junior JE, de Resende Naves J, de Felício Porcionato MA, Prada e Silva LF, Palma Rennó F, Veiga dos Santos M. 2012. Organic and inorganic sources of zinc, copper and selenium in diets for dairy cows intake, blood metabolic profile, milk yield and composition. *Rev. Bras. Zootec.* 41:1477–1483. ISSN: 1806-9290

STEFANOWICZ FA, Talwar D, O'Reilly DSJ, Dickinson N, Atkinson J, Hursthouse AS, Rankin J, Duncan A. 2013. Erythrocyte selenium concentration as a marker of selenium status. *Clin. Nutr.* 32:837–842. doi: 10.1016/j.clnu.2013.01.005.

VAN RYSSSEN, JBJ, Coertze RJ, Smith MF. 2013. Time-dependent effect of selenium supplementation on the relationship between selenium concentrations in whole blood and plasma of sheep. *Small Rumin. Res.* 112:85–90. doi:10.1016/j.smallrumres.2012.10.008.

VANDAMME TF, Ellis KJ. 2004. Issues and challenges in developing ruminal drug delivery systems. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 56:1415–36. doi:10.1016/j.addr.2004.02.011.