


Efecto de la fuente de selenio en el comportamiento productivo, contenido de selenio en suero y músculo, y nivel sérico de albúmina, α -, β - y δ -globulinas en ovinos Pelibuey



Lino Rigoberto Cárdenas-Ramírez ^a

Carlos Sánchez del Real ^a

Agustín Ruíz-Flores ^a

Gabriela Pérez-Hernández ^a

Reyes López-Ordaz ^b

Claudio Vite-Cristóbal ^a

Rufino López-Ordaz ^{a*}

^a Universidad Autónoma Chapingo. Posgrado en Producción Animal. Departamento de Zootecnia. Km 38.5. Carretera México-Texcoco. 56230. Chapingo, México.

^b Universidad Autónoma Metropolitana. UAM-Xochimilco. Departamento de Producción Animal. Ciudad de México.

* Autor de correspondencia: rlopezor@yahoo.com

Resumen:

El objetivo fue comparar los efectos de selenito de sodio (SS) y Sel-Plex[®] (SP) en el consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), rendimiento de canales, Se en suero, músculos, albúmina, y globulinas en corderos Pelibuey. Cincuenta animales (PV=23.0 ± 1.1 kg; de 5 a 6 meses) se estratificaron y aleatoriamente asignaron a uno de cinco tratamientos (n=10): 1) Dieta basal, C); 2) C + 0.30 mg kg⁻¹ MS de SS, 30SS; 3) C + 0.90 mg kg⁻¹ MS de SS, 90SS; 4) C + 0.30 mg kg⁻¹ MS de SP, 30SP; y 5) C + 0.90 mg kg⁻¹ MS de SP, 90SP. No hubo efectos ($P>0.05$) en CMS; mientras que 90SP y

30SS mostraron GDP mayores (293 y 260 vs 245, 243, y 230 g día⁻¹; $P < 0.05$) en comparación con los demás tratamientos. La CA fue mejor para 90SP y C. Los PV finales, rendimientos de canales y la grasa dorsal no se afectaron ($P > 0.05$). En *Longissimus dorsi*, 30SP incrementó ($P < 0.05$) el Se con respecto a 90SP y C, y fue similar con 30SS y 90SS. No hubo efecto ($P > 0.05$) en *Gluteus maximus* y *Musculus deltoideus*. La albúmina fue mayor con 30SP y 90SS; mientras que α -globulina fue mayor con 30SS y 90SP. En conclusión, 0.90 mg de SP mejoró la GDP y CA. Selenito y SP aumentaron el Se en suero hasta 0.30, y disminuyó con 0.90 mg por kilo de SP. En *Longissimus dorsi*, el Se se mejoró en 30SP con respecto 90SP y el C y no fue similar a 90SS y 30SS. El Se orgánico de 90SP mejoró el nivel de albúmina y α -globulinas.

Palabras clave: Fuentes de selenio, Ganancia de peso, Canales, Albúmina, α -globulina, *Longissimus dorsi et lumborum*, Ovinos crecimiento.

Recibido: 23/05/2022

Aceptado: 23/11/2022

El selenio (Se) es esencial en el sistema de defensa antioxidante en animales y humanos. Dentro de sus funciones están servir como parte de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px), que destruye radicales libres en el citoplasma y protege a los tejidos del estrés oxidativo⁽¹⁾. El Se ha sido estudiado por sus funciones en el sistema inmune y la protección del ADN⁽²⁾. Por otro lado, la deficiencia del mineral se asocia con enfermedades como el músculo blanco, y represión de la inmunidad en corderos. Los efectos negativos de la deficiencia se explican por la relación entre el mineral y las hormonas producidas por la tiroides^(3,4).

El selenito de sodio (Na_2SeO_3) ha sido la fuente de Se inorgánico preferida en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, con la aparición de fuentes nuevas de Se orgánico⁽⁵⁾ se presentó la duda de cuál es mejor. La mayoría del mineral se encuentra como GSH-PX y selenoproteínas que se producen en el hígado y se distribuyen en el suero. Sin embargo, no hay muchos reportes de las relaciones entre Se dietético y las concentraciones en suero de albúmina, α -, β - y δ -globulinas en ovinos.

El selenito se emplea, principalmente, para la formación de selenoenzimas y difieren de las formas orgánicas de disponibilidad mayor que Se + levaduras^(6,7,8). Otros han demostrado que es posible incrementar el contenido de Se de la carne con Sel-Plex^{®(9,10,11)} comparados con SS. Ambas formas incrementan en los tejidos animales, mejorando el consumo de Se por los humanos que ingieren la carne de animales complementados con Se.

Con base en lo anterior, el objetivo fue estudiar los efectos de la complementación de la fuente de Se en el consumo de alimento, cambios de peso corporal, eficiencia alimenticia, los pesos de las canales, selenio en suero, músculos, albúmina y globulinas de corderos Pelibuey en crecimiento.

El estudio se realizó en el módulo ovino de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México (98° 29'23''N y 98° 53'27'' O); a 2,250 m de altitud con clima templado subhúmedo. La temperatura varía de 12 a 18 °C, con 645 mm de precipitación anual, distribuidos de julio a septiembre⁽¹²⁾.

En el estudio se usaron 50 corderos Pelibuey recién destetados (PV=23 ± 1.1 kg; de cinco a seis meses de edad), que fueron estratificados y aleatoriamente asignados a uno de cinco tratamientos (n=10): 1) dieta basal (DB, C); 2) C+0.30 mg de Se kg⁻¹ de MS, de SS, 30SS; 3) C+0.90 mg de Se kg⁻¹ de MS, de SS, 90SS; 4) C+0.30 mg de Se kg⁻¹ de MS (Sel-plexTM OSe; Alltech, Inc., Nicholasville, KY), de SP, 30SP; y 5) C+0.90 mg de Se kg⁻¹ de MS, de SP, 90SP. La dieta se formuló de acuerdo a las recomendaciones del NRC⁽¹⁰⁾. En la composición final, la dieta C contenía 0.1 mg de Se por kg de MS, mientras que 30SS y 30SP contenían 0.4 mg. En el mismo sentido las dietas 90SS y 90SP contenían 1.0 mg de Se por kg de MS (Cuadro 1).

Cuadro 1: Ingredientes y composición nutricional de la dieta experimental suministrada a los corderos Pelibuey en engorda que recibieron 0.30 o 0.90 mg kg⁻¹ de materia seca de selenito de sodio (SS) o Sel-Plex[®] (SP) durante 56 días de confinamiento

Composición	Porcentaje de inclusión, (g kg ⁻¹)
Maíz rolado	300.0
Maíz molido	290.0
Rastrojo de maíz	140.0
Cascarilla de soya	80.0
Pasta de soya	60.0
Melaza	50.0
Gluten de maíz	44.0
Mezcla mineral ^a	15.0
Carbonato de calcio	10.0

Urea	5.0
Sal común	5.0
Grasa de sobrepaso	1.0
<i>Composición química</i>	
Materia seca ¹ , %	87.0
Energía metabolizable ² , Mcal/kg de MS	2.80
Proteína cruda ¹ , %	16.00
Proteína no degradable en rumen ² , %	6.00
Fibra cruda ¹ , %	10.00
Extracto etéreo ¹ , %	3.30
Cenizas ¹ , %	5.80
Vitamina A ¹ , UI/kg	1.50
Vitamina E ¹ , UI/kg	16.70
Selenio ¹ , mg/kg ⁻¹ MS	0.10

¹Determinado en los laboratorios de la Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Edo. de México.

²NRC, (2007). ^aMezcla mineral: Ca, 24%; Cl, 12%; Na, 8%; P, 3%; Mg, 2%; S, 0.5%; K, 0.5%; Zn, 5000 mg kg⁻¹; Mn, 4000 mg kg⁻¹; Fe, 2000 mg kg⁻¹; I, 100 mg kg⁻¹; Co, 60 mg kg⁻¹; Cr, 5 mg kg⁻¹; Vitamina A, 500000 UI kg⁻¹; Vitamina D, 300000 UI kg⁻¹; Vitamina E, 1000 UI kg⁻¹. Mezcla mineral-engorda[®] (Servicios Especializados Profesionales; Chapingo, México).

Los corderos recibieron alimento dos veces por día. El 50 % de la comida ofrecida se sirvió a las 0700 h y el resto a las 1500 h. Dichos animales se entrenaron para comer en comederos individuales tipo Calan door (American Calan, Inc.; Northwood, NH, US), equipados con un recipiente de aproximadamente 15 kg. La comida se ofreció *ad libitum* (15 % más que el consumo del día anterior). La porción se pesó, se registró y se depositó en los comederos. El alimento no consumido se retiró, se pesó y se registró. Para cada animal, se obtuvo una muestra del alimento consumido y del no consumido semanalmente.

La MS total se determinó en una estufa a 100 °C durante 24 h, y se incineró en una mufla a 500 °C para cuantificar el contenido de MO y cenizas. El consumo de MS se estimó multiplicando el consumo diario de alimento por su contenido de MS.

Los contenidos de FDN y FDA de las dietas se cuantificaron siguiendo los procedimientos de Goering y Van Soest⁽¹³⁾; mientras que la proteína se obtuvo por Kjeldahl⁽¹⁴⁾. Los cambios

de peso vivo (PV) se registraron semanalmente y se usaron para calcular la GDP. Los corderos se sacrificaron al final del periodo de engorda siguiendo los procedimientos oficiales de sacrificio⁽¹⁵⁾.

El rendimiento en canal, expresado en porcentaje se calculó como la proporción del peso de la canal caliente, dividido por el PV y multiplicado por 100. El peso de la canal fría se obtuvo de 24-30 h después de almacenamiento en frío aproximadamente a 2 ± 2 °C. El rendimiento en canal se recalculó y se reportó como el rendimiento en canal frío.

Los protocolos de investigación y procedimientos de manejo se hicieron siguiendo la Norma Oficial Mexicana (NOM-051-ZOO-195). Durante la movilización, los animales fueron tratados de acuerdo con la norma NOM-024-ZOO-195.

Cada 14 días, se tomó una muestra de sangre, de aproximadamente 10 ml, por punción de la vena yugular, en tubos vacutainer sin anticoagulante (Beckton-Dickinson, Franklin Lakes, NJ). Las muestras se mantuvieron al ambiente por 60 min con fines de que coagularan y posteriormente, se refrigeraron. La sangre se centrifugó a 1,000 xg durante 25 min a 4 °C. El suero se almacenó en váales a -20 °C y posteriormente, se envió a los laboratorios de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, para la determinación de albúmina, α -, β -, δ -globulina y Se. Las globulinas se determinaron por los procedimientos de Connell *et al*⁽¹⁶⁾; mientras que el Se en suero, se cuantificó con un espectrofluorómetro (Perkin Elmer modelo LS30), siguiendo los procedimientos de Tamari *et al*⁽¹⁷⁾.

Después de 48 h del sacrificio, de cada canal, se removieron los músculos *Longissimus dorsi*, *Gluteus maximus* y *Musculus deltoideus* de acuerdo a los procedimientos de Covenin⁽¹⁸⁾. De cada músculo y canal se obtuvieron tres cortes de aproximadamente 2.54 cm de grosor, y se empacaron individualmente. Todos los cortes se congelaron a -30 °C y almacenaron a -20 °C hasta los análisis correspondientes. Después del descongelado, se tomó el grosor de la capa de grasa dorsal entre la 12.^a y 13.^a costilla⁽¹⁸⁾.

Las muestras carne fueron parcialmente descongeladas a 4 °C (para evitar pérdida de fluidos). Posteriormente, se removió el tejido adiposo visible, mezclándose con un procesador de alimento Black and Decker™ (Model HC3061, New Britain, CT, USA), empacados en bolsas (Whirl-Pak Bags, Nasco, Fort Atkinson, WI), y almacenados a -20 °C hasta los análisis finales. El Se se cuantificó con espectrofotómetro de absorción atómica (SpectrAA 220®, New Britain, CT, USA), siguiendo los procedimientos de los fabricantes.

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS⁽¹⁹⁾ (versión 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, US). El CMS, cambios de PV, y CA se analizaron con el procedimiento Mixed de SAS en un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo⁽¹⁹⁾. El modelo incluyó los efectos fijos de tratamiento, semana y la interacción tratamiento×semana. El efecto aleatorio de animal se anidó en tratamientos y se tomó como el término repetido. El

modelo estadístico se describe a continuación, después de remover las interacciones dobles o triples que fueron no significativas:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + T_j + T \times T_{ij} + L_{k(i)} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} es la variable de respuesta, μ es la media general;

T_i es el efecto fijo de tratamiento_i ($i = 1, 2, \dots, 5$);

T_j es el efecto fijo del tiempo ($j = 1, 2, \dots, 4$);

$T \times T_{ij}$ es el efecto fijo de la interacción del i-ésimo tratamiento_i y el j-ésimo tiempo_j;

$L_{k(i)}$ es el efecto aleatorio del animal;

E_{ijkl} es el efecto aleatorio del error experimental.

Un modelo similar al anterior se usó para estudiar los niveles de albúmina, α -, β - y δ -globulinas. Las concentraciones de Se en músculos se analizaron con Proc Mixed en un diseño completamente al azar con un criterio de clasificación⁽¹⁹⁾. Los resultados fueron declarados significativos en donde se observó que $P < 0.05$. Cuando se detectaron diferencias entre tratamientos, las medias se compararon con el procedimiento Tukey con $\alpha = 0.05$. La estructura de covarianza que produjo los criterios más bajos de Akaike⁽²⁰⁾ fue la de simetría compuesta en todas las variables estudiadas, excepto para los niveles de Se en los músculos, que se adaptó mejor a la autorregresiva de orden (1).

El Cuadro 2 muestra los resultados obtenidos para CMS, GDP y CA de corderos en crecimiento complementados con SS y SP por 56 días. La complementación con Se no influyó ($P > 0.05$) en el CMS de los ovinos. Esto quizás se deba a que la adición de Se aumenta la digestibilidad de la MO, FDN y N en el tracto total y posiblemente, facilita la absorción del mineral en el abomaso. Sin embargo, no fue suficiente para incrementar el CMS.

Cuadro 2: Valores medios de consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, peso vivo, rendimiento en canal y grasa dorsal de ovinos Pelibuey en engorda suplementados con 0.30 y 0.90 mg de selenio

Variable	Tratamientos (Selenio, mg kg ⁻¹ MS)					EE ¹	P ²	T x Tiempo	
	Selenito de sodio		Sel-Plex TM		Trat. (T)				
	Control	0.30	0.90	0.30					0.90
Consumo de alimento, kg MS d ⁻¹	1.10	1.28	1.29	1.26	1.29	0.10	0.99	0.01	0.44
Ganancia diaria de peso, kg d ⁻¹	0.230 ^b	0.243 ^b	0.245 ^b	0.260 ^a	0.293 ^a	0.04	0.01	0.02	0.33
Conversión alimenticia, kg	4.78 ^b	5.26 ^a	5.26 ^a	4.48 ^b	4.40 ^b	0.19	0.03	0.36	0.25
Peso vivo final, kg	42.5	38.50	39.10	39.00	39.50	1.40	0.81	0.41	0.32
Rendimiento de la canal caliente, %	53.20	54.10	54.10	52.50	52.80	0.98	0.69	0.25	0.11
Rendimiento de la canal fría, %	52.20	53.10	53.00	51.50	51.40	0.99	0.32	0.50	0.20
Grosor de la capa dorsal de grasa, mm	2.20	2.70	2.30	2.50	1.99	0.32	0.80	0.23	0.12

¹Error estándar de las medias; ²Probabilidad. ^{abc}Valores en la misma hilera con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con Alimohamady *et al*⁽⁴⁾ quienes observaron un mejoramiento en la digestibilidad de los componentes de las dietas. Otros estudios reportaron resultados diferentes. Domínguez-Vara *et al*⁽²¹⁾ no observaron diferencias en GDP y conversión alimenticia en corderos Rambouillet, alimentados con 0.30 mg de Se por kg⁻¹ de MS de SS en comparación con el testigo. La no diferencia se atribuyó al estado del Se y la disponibilidad baja del mismo en las dietas.

En el presente estudio, la complementación con 0.30 y 0.90 mg kg⁻¹ de MS de SS o SP impactaron la GDP. Lo que quizás se deba a un mejoramiento en la digestibilidad de los alimentos. Por el contrario, la superioridad en la conversión alimenticia con 90SP, posiblemente, se explique porque el Se proveniente de SP ha demostrado poseer una biodisponibilidad más alta con respecto a SS^(9,21).

En la Cuadro 2 se muestran los PV finales, los pesos de las canales caliente y fría, y el grosor de la capa de grasa dorsal de ovinos alimentados con SS y SP. No hubo efecto del nivel y fuente de Se ($P > 0.05$) en las variables antes mencionadas. La falta de efecto se explica por la similitud en el CMS de los animales. Como es conocido, el PV de los animales depende del consumo de alimento y en el presente caso, dicho consumo fue similar entre tratamientos, aunque la CA fue diferente.

Vignola *et al*⁽⁶⁾ indicaron que la suplementación con 0.3 y 0.9 mg de Se proveniente de SS o SP, no afectó el área del *Longissimus dorsi*, el grosor de la grasa dorsal y los pesos de las canales calientes y frías de corderos en crecimiento. La pérdida de efecto se atribuyó al CMS similar entre las distintas fuentes del mineral.

Como se observa en el Cuadro 3, el efecto de los tratamientos influyó ($P \leq 0.05$) el contenido de Se en el suero sanguíneo. Conforme se incrementó el Se en la dieta, aumentó la concentración en suero sanguíneo y después mostró un retorno decreciente con 0.9 mg de Se kg^{-1} de MS.

Cuadro 3: Valores promedios de las concentraciones séricas de selenio, albúmina, α -, β - y δ -globulinas, *Longissimus dorsi et lumborum*, *Gluteus maximum* y *Musculus deltoideus* de ovinos Pelibuey en engorda complementados con 0.30 y 0.90 mg kg^{-1} MS de selenio de selenito de sodio o Sel-PlexTM durante 56 días en confinamiento

Variable	Testigo	Tratamientos, mg kg^{-1}				IC ¹	EEM ²	P ³
		Selenito de sodio		Sel-Plex TM				
		0.30	0.90	0.30	0.90			
Concentraciones de suero sanguíneo, mg L^{-1}								
Selenio	0.05 ^c	0.08 ^a	0.08 ^a	0.09 ^a	0.07 ^b	0.08-0.50 ⁴	0.001	0.04
Albúmina	45.91 ^b	46.66 ^b	49.91 ^a	52.09 ^a	48.09 ^b	24.0-30.0 ⁵	1.51	0.04
α -globulina	12.16 ^c	14.44 ^a	12.51 ^c	12.62 ^c	13.13 ^b		1.14	0.02
β -globulina	13.45	14.98	13.65	13.61	18.83		2.03	0.66
δ -globulina	23.40	25.24	24.38	24.62	23.65		1.28	0.40
Concentración en músculo, $\mu/100$ g								
<i>Longissimus dorsi et lumborum</i>	17.30 ^b	20.50 ^{ab}	20.22 ^{ab}	23.82 ^a	17.90 ^b	9.0-40.00 ⁴	2.80	0.02
<i>Gluteus maximum</i>	14.37	15.32	17.62	23.72	19.70		4.75	0.43
<i>Musculus deltoideus</i>	15.00	24.57	29.82	31.32	20.30		4.77	0.29

¹Intervalo de concentraciones. ²Error estándar de las medias. ³Probabilidad, ($P < 0.05$). ⁴Puls⁽²²⁾, ⁵Kaneko *et al*⁽²⁴⁾.
^{a,b,c} Valores en la misma hilera con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

De acuerdo con Puls⁽²²⁾, los niveles adecuados de Se en suero sanguíneo de ovinos en crecimiento son de 0.08 a 0.50 mg L⁻¹, para poder equilibrar la homeostasis interna. En el presente estudio, todos los tratamientos estuvieron dentro del rango indicado, excepto el C y 30SS que mostraron concentraciones inferiores a 0.07 mg L⁻¹.

Como se aprecia en el Cuadro 3, la complementación con distintos niveles de SS o SP influyó ($P<0.05$) en el nivel de Se en *Longissimus dorsi*, sin efectos ($P>0.05$) aparentes en *Gluteus maximus* y *Musculus deltoideus*. El Se en el músculo esquelético aumenta conforme la dieta es más rica en el mineral. Con base en el reporte de Puls⁽²²⁾, los valores observados de Se en los músculos están dentro del rango adecuado para animales de las mismas características del presente estudio. La mayor respuesta a la complementación fue 30SP. Quizás debido a la mayor disponibilidad del mineral para incorporarse a tejidos, sin embargo, con el nivel más alto tiende a disminuir su respuesta.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con otros publicados previamente. Juniper *et al*⁽⁹⁾ indicaron que 0.35 mg de SS o SP elevaron el mineral en los músculos, de manera dependiente a las dietas de bovinos en finalización. La diferencia entre fuentes fue notable. El Se de SS produjo 0.31 mg de Se, mientras que el de SP rindió 0.46 mg en *Longissimus dorsi*, que son similares a las observadas en el presente estudio.

Los niveles de albúmina, α -, β - y δ -globulinas en el suero sanguíneo de ovinos se presentan en el Cuadro 3. Los niveles y las fuentes de Se sólo aumentaron ($P<0.05$) la albúmina y α -globulinas. Por el contrario, no afectaron los niveles de β - y δ -globulinas. La albúmina sérica se origina en los hepatocitos, de donde pasa a la circulación sanguínea (lo que representa aproximadamente el 13 % de la proteína total producida por el hígado)⁽²³⁾.

En el presente estudio, la mayor presencia de albúmina en corderos que consumieron 90SS y 30SP no se debió al aumento en la capacidad sintética de albúmina hepática. Tampoco se debió a que los animales tenían una capacidad de síntesis elevada. La diferencia se explica porque el Se, como antioxidante, mejora la actividad de los hepatocitos, por lo que quizás mejoró la producción global de proteína.

Con base en el reporte de Kaneko *et al*⁽²⁴⁾, la concentración de albúmina obtenida en el presente estudio fue aproximadamente el doble de los niveles mínimos recomendados, y en todos los casos sobrepasó lo indicado como máximo. El nivel máximo se alcanzó con 30SP y posteriormente, tendió a disminuir. Los valores observados en el presente estudio concuerdan con los observados por De Paula Silva *et al*⁽²⁵⁾ con varias razas ovinas creadas en condiciones tropicales.

Las inmunoglobulinas actúan como receptor de membranas en los linfocitos β , y son empleados por el sistema inmune para identificar y neutralizar virus y bacterias⁽²⁶⁾. En el presente estudio, la mayor concentración de α -globulinas se encontró en los corderos que

consumieron 30SS y 90SP. Dicho comportamiento se relacionó con la capacidad antioxidante del mineral incluido en la dieta.

En conclusión, el nivel de 0.90 mg de Sel-Plex™ mejoró la GDP y CA. Selenito y SP aumentaron el Se en suero en 30SS, 90SS y 30SP y disminuyó con 0.90 mg por kg de SP. En *Longissimus dorsi*, el Se se mejoró en 30SP con respecto 90SP y el C, y fue similar a 90SS y 30SS. El Se orgánico de 90SP mejoró el nivel de albúmina y α -globulinas.

Literatura citada:

1. Hardy G, Hardy I. Selenium: the Se-XY nutraceutical. *Nut* 2004;20: 590–593.
2. MacPherson A. Selenium, vitamin, and biological oxidation. In: Garnsworthy PC, Cole DJA, editors. *Recent advances in animal nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press; 1994.
3. Hefnawy AEG, Tórtora-Perez JL. The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Ruminant Res* 2010;89:185–192. <https://doi:10.1016/j.smallrumres.2009.12.042>.
4. Alimohamady R, Hassam A, Bahari A, Dezfoulia H. Influence of different amounts and sources of Selenium supplementation on performance, some blood parameters, and nutrient digestibility in lambs. *Biol Trace Elements Res* 2013;154:45-54. <https://doi:10.1007/s12011-013-9698-4>.
5. Mahan DC. Effects of organic and inorganic selenium sources and levels on sow calostrum and milk selenium content. *J Animal Sci* 2000;78:100-105.
6. Vignola G, Lambertini L, Mazzone G, Giammarco M, Tassinari M, Martelli G, Bertin G.. Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. *Meat Science* 2009; 81: 678–685. <https://doi.org/10.1016/j.met.sci.2008.11.009>.
7. Juniper DT, Phipps RH, Ramos-Morales E, Bertin G. Selenium persistency and speciation in the tissue of lambs following the withdrawal of dietary high-dose selenium-enriched yeast. *Animal* 2008;2:375-380. <https://doi:10.1017/s1751731107001395>.
8. Weiss WP. Selenium nutrition of dairy cows: comparing responses to organic and inorganic selenium forms. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. Proc Alltech's 19th Annual Symp. Nottingham University Press. Nottingham, UK. *Nutr Biotech Feed Food Ind* 2003;3–343.

9. Mousaie A. Dietary supranutritional supplementation of selenium-enriched yeast improves feed efficiency and blood antioxidant status of growing lambs reared under warm environmental condition. *Trop Animal Health and Prod* 2021;53:138. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02588-4>.
10. NRC. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World Camelids. Natl Acad Press. Washington, DC. USA. 2007.
11. Antunović Z, Novoselec J, Klapac T, Čavar S, Mioč B, Šperanda M. Influence of different selenium sources on performance, blood, and meat selenium content of fattening lambs, *Italian J Anim Sci* 2009; 8(3):163-165. DOI: 10.4081/ijas.2009.s3.163.
12. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. 5ta. ed. México: UNAM; 2005.
13. Goering HK, Van Soest PJ. Forage Fibber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, D.C., USA. 1970.
14. AOAC. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association Official Analyses Chemists. Gaithesburg, MD. AOAC International. 2006.
15. DINESA. Manual de procedimientos para el sacrificio humanitario y la disposición sanitaria de emergencias zoonosanitarias. Dirección General de Salud Animal. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. 2011.
16. Connell AA, Calder G, Anderson SE, Lobley EG. Hepatic protein synthesis in the sheep: Effect of intake as monitored by use of stable-isotope-labelled glycine, leucine and phenylalanine. *Brit J Nutr* 1997;77:255–271.
17. Tamari Y, Ohmori S, Hiraki K. Fluorometry of nanogram amounts of selenium in biological samples. *Clin Chem* 1986;32:1464-1467.
18. COVENIN. Norma Venezolana COVENIN 2180:2005. Carne de almuerzo (2^a. Revisión). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas: FONDONORMA. Caracas, Venezuela. 2005.
19. SAS. SAS User's Guide: Statistics (Version 9.1.3). SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA; 2014.
20. Littell RC, Henry PR, Ammerman CB. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J Animal Sci* 1998;76:1216–1231. <https://doi.org/10.2527/1997.75102672x>.

21. Domínguez-Vara IA, González-Muñoz SS, Pinos-Rodríguez JM, Bórquez-Gastelum JL, Bárcena-Gama R, Mendoza-Martínez G, Zapata LE, Landois-Palencia LL. Effects of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. *Anim Feed Sci Techn* 2009;152: 42–49. <https://doi:10.1016/j.anifeedsci.2009.03.008>.
22. Puls R. Mineral levels in animal health. Diagnostic data. Published by Sherpa International. Clearbrook, British Columbia, Canada. 1988.
23. Van Ryssen JB, Deagen JT, Beilsten MA, Whanger PD. Comparative metabolism of organic and inorganic selenium in sheep. *J Agric Food Chem* 1989;37:1358-1363.
24. Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML. Clinical biochemistry of domestic animals. 6 ed., San Diego, Ca. USA: Academic Press; 2008.
25. Silva DA de P, Varanis LFM, Oliveira KA, Sousa LM, Siqueira MTS, Macedo Júnior, G de L. Parâmetros de metabólitos bioquímicos em ovinos criados no Brasil. *Cuaderno de Ciencias Agrarias. Agrarian Sci J* 2020;12:1-8. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20404>.
26. Khalili M, Chamani M, Amanlou H, Nikkhah A, Sadeghi AA. Effects of different sources of selenium supplementation on antioxidant indices, biochemical parameters, thyroid hormones, and Se status in transition cows. *Acta Sci Anim Sci* 2019;41:44392. <http://orcid.org/0000-0001-8631-127X>.