



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

ADMINISTRACIÓN DE SELENIO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, HALLAZGOS HISTOPATOLÓGICOS, NIVELES DE SELENIO EN TEJIDOS, Y CALIDAD DE CARNE, EN CABRITOS PASTOREÑOS

ORTIZ MORALES OSCAR

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2022



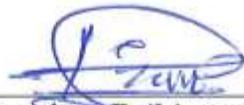
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **Administración de selenio en el comportamiento productivo, hallazgos histopatológicos, niveles de selenio en tejidos y calidad de carne en cabritos Pastoreños** realizada por el estudiante: **Oscar Ortiz Morales** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)	FIRMA 	Dr. J. Efrén Ramírez Bribiesca
ASEROR (A)	FIRMA 	Dr. David Hernández Sánchez
ASESOR (A)	FIRMA 	Dr. Ricardo Bárcena Gama
ASESOR (A)	FIRMA 	Dr. Martha Hernández Rodríguez
ASESOR (A)	FIRMA 	Dr. Jorge Hernández Bautista

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, julio de 2022

ADMINISTRACIÓN DE SELENIO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, HALLAZGOS HISTOPATOLÓGICOS, NIVELES DE SELENIO EN TEJIDOS Y CALIDAD DE CARNE EN CABRITOS PASTOREÑOS

Oscar Ortiz Morales, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

Las deficiencias nutricionales en cabritos neonatos en sistemas de pastoreo con forrajes nativos generan pérdidas económicas a pequeños productores por la alta mortalidad y bajo desempeño productivo de neonatos debido a deficiencias minerales como el selenio (Se). El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la suplementación de Se orgánico (L-selenometionina; SeMe) y Se inorgánico (selenito de sodio; NaSe) en la respuesta productiva, concentración de Se en tejidos, rendimiento de componentes de la canal y calidad de carne en cabritos neonatos de la raza Pastoreña, alimentados con leche materna. Cuarenta y cinco cabritos de la raza Pastoreña (25 ±15 d) se sometieron a un estudio de 21 días, los cuales se distribuyeron de acuerdo a un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3, en el cual los factores fueron: Suplementación con Se (sin Se, o con selenito de sodio o selenometionina), y el segundo factor fue el tiempo de sacrificio de los cabritos (7, 14 y 21 d). a los siguientes tratamientos: Control: T1 (C) consumo de leche de cabra con 0.135 ppm Se; selenito de sodio (NaSe); T2: T1 C + 0.25 mg/kg de peso vivo (PV) de Na₂SeO₃ inyectado vía subcutánea en dosis única y T3: T1 + selenometionina (SeMe):C + 0.3 mg de selenometionina (SeMe), vía oral una vez por día.-Los resultados se analizaron con proc Mixed del paquete estadístico SAS y las medias de los resultados se compararon por pdiff ajustadas por Tukey (P < 0.05). El Se suplementado mejoró P < 0.05 la conversión alimenticia y el consumo de leche. La SeMe incrementó el Se en hígado y riñón en 723.88 y 1020.7 ng/g, respectivamente. El NaSe incrementó el Se en músculo y miocardio; 322.34 y 365.37 ng/g, respectivamente. La SeMe mejoró (P<0.05) la concentración de proteína en músculo 19.43%. No se encontraron diferencias en los componentes de la canal. Histopatológicamente se determinaron lesiones asociadas a distrofia muscular nutricional en el T1 y T3, y daño por radicales libres en hígado y riñón. En conclusión, el uso de selenio suplementario mejoró los parámetros productivos en cabritos, incrementó la concentración de selenio en tejidos y redujo las lesiones en tejidos por estrés oxidativo.

Palabras clave: Selenio, selenometionina, cabritos neonatos, canal, lesiones histopatológicas

SELENIUM ADMINISTRATION ON THE PRODUCTIVE PERFORMANCE, HISTOPATHOLOGICAL FINDINGS, LEVEL OF SELENIUM IN TISSUES AND MEAT QUALITY IN PASTOREÑO KID GOATS.

Oscar Ortiz Morales, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

Nutritional deficiencies in neonatal kid goats from grazing systems with native forages generate economic losses to small holders due to high mortality and low performance of the neonates. The mineral deficiencies such as selenium (Se) is the principal cause to the mortality. The objective of the study was to determine the organic (L-Selenomethionine; SeMe) and inorganic (sodium selenite; NaSe) Se supplementation effect on the productive performance, Se concentration in tissues, carcass components yield and meat quality in neonatal Pastoreños kid goats. Forty-five Pastoreños kid goats (25 ± 15 d) were used by 21 days, which were distributed in a completely random design with a factorial arrangement 3×3 ; the factors were: Se supplementation (without Se, or with sodium selenite or selenomethionine), and the second factor was the slaughter time of the kid goats (7, 14 and 21 d). The treatments were: Control: T1 (C) milk intake with 0.135 ppm of Se; sodium selenite (NaSe) T3: T1 C + 0.25 mg/kg of live weight (LW) of Na_2SeO_3 injected by subcutaneous single dosage; and L-Selenomethionine (SeMe) T3: T1 C + 0.3 mg of selenomethionine by oral way once in a day. Results were analyzed by proc mixed of the statistic program SAS and the means of the results were compared by pdiff adjusted by Tukey ($P < 0.05$). The Se supplementation improved ($P < 0.05$) feed conversion and milk intake. The SeMe increase the Se in liver and kidney 723.88 and 1020.7 ng/g, respectively. The NaSe increase the Se in muscle and in myocardium; 322.34 and 365.37 ng/g, respectively. The SeMe improved ($P < 0.05$) the protein in muscle 19.43%. The carcass components were not significant differences. Histopathological were determine lesions associated to muscular nutritional dystrophy in T1 and T3, and damage associated to free radicals in liver and kidney. In conclusion, the usage of Se supplementary improve the productive performance in kid goats, increasing the Se tissues and reduced injuries in tissues by oxidative stress.

Key words: Selenium, selenomethionine, neonatal kid goats, carcass, histopathological lesions.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACYT, al Colegio de Postgraduados, al Campus Montecillo, al Posgrado de Recursos Genéticos y Productividad – Ganadería y a los catedráticos que ayudaron a mi formación profesional.

A mi asesor el Dr. J. Efrén Ramírez Bribiesca, GRACIAS por creer en mí, por enseñarme que mi desesperación y pesimismo no me iban a llevar a ningún lado. Por ser ejemplo de trabajo constante.

A mi amigo y asesor el Dr. Jorge Hernández Bautista (Mi padre académico), gracias por creer en mí, por impulsarme a estudiar más y más. Gracias por tus siempre atinados consejos.

A mi esposa por apoyarme en todo momento, por darme fuerzas cuando desfallezco.

A mis hijas Jade y bebé en camino por todo su cariño, porque todo lo que hacemos lo hacemos por ustedes.

A mis padres por mostrarme que en esta vida todo se puede lograr con dedicación, trabajo y perseverancia.

A mí amigo el Dr. José Carlos López Ojeda, gracias amigo por enseñarme la bondad; de ti aprendí lo que es dar sin esperar nada a cambio, gracias por ser mi amigo.

A mis hermanos que jamás nos han dejado solos y siempre están atentos apoyándonos en todo momento.

A la familia de mi esposa, sin ustedes y su apoyo incondicional este logro jamás se hubiera alcanzado.

A mis amigos y compañeros que siempre fueron un apoyo intelectual, emocional y siempre estuvieron como una familia más. Gracias a todos los que de forma directa o indirecta me ayudaron en el desarrollo de la investigación.

A mis asesores por compartir todo ese conocimiento que han adquirido en tantos años de experiencia y de lecturas incansables. Espero haberme contagiado de la pasión que tienen por la investigación.

A los doctores de la UNAM que me apoyaron para análisis, porque fueron una enorme luz cuando los equipos no servían.

Agradezco mucho a don Bata, doña Elenita y la familia Bata Islas por recibirme en su casa tantos años. Gracias infinitas, DEP abuelitos.

DEDICATORIA

A toda persona que dedique unos minutos de su tiempo en leer nuestro escrito y, espero que la información obtenida en esta investigación les sea de utilidad.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO	viii
LISTAS DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
2.1. Adquisición de cabritos y lugar de estudio	3
2.2. Tratamientos experimentales	4
2.3. Registro de parámetros productivos	4
2.4. Matanza de los animales, destace y colección de muestras para histopatología	5
2.5. Preparación de soluciones minerales y técnicas de análisis en el laboratorio	6
2.5.1 Preparación de las fuentes de selenio	6
2.5.2. Medición de selenio en tejidos.....	7
2.5.3. Análisis histopatológico.....	8
2.5.4. Análisis fisicoquímico de la carne	8
2.6 Análisis y modelo estadístico	9
3. RESULTADOS	11
4. DISCUSIÓN	29
4.1 Registro de parámetros productivos	29
4.2 Parámetros Post-mortem de los cabritos y calidad de carne.....	29
4.3 Valor nutricional de la carne.....	33
4.4 Medición de selenio en tejidos	35
4.5 Análisis histopatológico.....	38
5. CONCLUSIONES	41

6. LITERATURA CONSULTADA.....	42
--------------------------------------	-----------

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1. Promedios de los niveles de Se en tejidos (sangre, hígado, riñón, corazón y músculo) de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.....	14
Cuadro 2. Promedios de las características físicas en la carne de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.....	15
Cuadro 3. Promedios de las características químicas de la carne (<i>Biceps femoris</i>) de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.....	16
Cuadro 4. Promedios del color de la carne (<i>Biceps femoris</i>) determinado a una hora <i>post-mortem</i> de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.....	17
Cuadro 5. Promedios de peso y rendimiento de la canal y cortes primarios de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.....	18
Cuadro 6. Promedios y rendimientos de los componentes no cárnicos de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.....	20
Cuadro 7. Promedios de los parámetros productivos de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Concentración de Se (ng/g) en sangre completa de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con deferente fuente de selenio.	23
Figura 2. Niveles de selenio en hígado de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con deferente fuente de selenio.....	23
Figura 3. Niveles de selenio en riñón de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con deferente fuente de selenio.....	24
Figura 4. Niveles de selenio en corazón de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con diferente fuente de selenio.	24
Figura 5. Niveles de selenio en músculo (<i>semimembranosus</i>) de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con deferente fuente de selenio.	25
Figura 6. Niveles promedio de selenio en sangre, corazón, músculo, riñón y hígado de cabritos Pastoreños alimentados con leche de cabra y dos fuentes de selenio.....	25
Figura 7. Concentración promedio de selenio (selenito de sodio y selenometionina) vs grupo Control en sangre, corazón, músculo, riñón y hígado de cabritos Pastoreños alimentados con leche de cabra y dos fuentes de selenio.....	26
Figura 8. Hallazgos histopatologicos en cabritos neonatos Pastoreños a diferentes tiempos de sacrificio.	27
Figura 9. Lesiones histopatológicas.....	28

1. INTRODUCCIÓN

La mayor crianza de los caprinos en el mundo se realiza en las zonas áridas, montañosas y las regiones tropicales; permitiendo que las cabras aprovechen los escasos recursos vegetales para producir carne y leche. Sin embargo, uno de los principales problemas en los rebaños caprinos es la alta tasa de mortalidad en los neonatos, impactando negativamente en la economía de los ganaderos y pequeños productores. Las principales causas de mortalidad en cabritos son las enfermedades infecciosas respiratorias, digestivas (Singh, D. D. Pawaiya & Gururaj, K. Gangwar, N. Mishra, A.K. Singh, R. Andani, D. Kumar, 2018), el síndrome inanición exposición (Swarnkar, Prince, & Sonawane, 2018), deficiencias nutricionales (Mellado, Gaytán, Rodríguez, Macías-cruz, & Avendaño-reyes, 2014;), depredadores (perros ferales, coyotes, pumas), asfixias, distocias y problemas congénitos (Mellado, Miguel; Foote, R.H.; and de Tellitu, 1991). En el caso de las deficiencias por minerales, la carencia de selenio (Se) puede causar más del 60% de mortalidad en los cabritos (Ramirez-Bribiesca, J. Efren, Tortora J.L., Huerta M., Aguirre A., 2001).

El Se es un elemento traza esencial, forma parte integral de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px), que es una enzima antioxidante que cataliza la destrucción del peróxido de hidrógeno y otros radicales libre generados durante el metabolismo oxidativo celular y también detoxifica la peroxidación lipídica, protegiendo de esta manera las membranas celulares. El Se forma parte de alrededor de 25 selenoproteínas, que cumplen funciones relacionadas a actividades de reductasa-peroxidasa, hormonas del metabolismo, plegamiento de proteínas, señalización redox, síntesis de seleno-cisteína, transporte de Se e inmunomodulación. Particularmente, la deficiencia de Se es endémica cuando los suelos contienen niveles por debajo de 0.6 ppm (Gupta & Gupta, 2000) o cuando la leche o los forrajes no cubren las necesidades nutricionales de los animales. En este caso, los cabritos con enfermedad del músculo blanco presentan debilidad muscular, dificultad para ponerse de pie y se da falla cardiaca con daño del músculo ventricular (Yumusak, Yigin, Polat, Hitit, & Yilmaz, 2018). Los niveles de Se por debajo de 40 ng/mL de sangre, indican signos de

deficiencia (McComb et al., 2010; Sheppard, Blom, & Grant, 2011), mientras que el nivel idóneo es de 180 a 500 ng Se/mL de sangre (Youde, 2002). Las dosis recomendadas de Se por vía oral son de 0.1 a 0.3 mg Se/kg de materia seca [MS] (NRC, 2007), mientras la dosis por vía parenteral con fuente de selenito de sodio (Na_2SeO_3) es de 0.1 mg Se/ de peso vivo (PV), estas dosificaciones aseguran la sobrevivencia de los animales.

Por otro lado, dosis supranutricionales de Se aplicados a cabritos se desconocen. Algunos antecedentes en ovejas y cabras adultas indican que las dosis supranutricionales mayores a 0.6 mg Se/kg de PV aumentaron la retención del mineral en los tejidos y mejoraron la estabilidad antioxidante sin mostrar efectos tóxicos (S. P. Samo, Malhi, Kachiwal, Gadahi, & Parveen, 2020). Otro estudio (Taylor, JB. Marchello, MJ. Finley JW. Neville, TL. Combs, 2008) indica que el suministro de dosis supranutricionales superior a 0.1 mg Se/kg MS puede ser útil para incrementar este elemento en los tejidos; principalmente el Se orgánico tiene mejor biodisponibilidad que las fuentes inorgánicas (Spears, 2003; Surai & Fisinin, 2016). Incluir en la dieta selenometionina (SeMe) aumenta el Se en la sangre y el músculo en comparación con el Na_2SeO_3 (Mahan, DC. Cline, TR. Richert, 1999; Ortman, K. Pehrson, 1999; Osman, M. Latshaw, 1976). Sin embargo, el Na_2SeO_3 es la fuente inorgánica más usada por vía parenteral, ya que ofrece ventajas de biodisponibilidad inmediata por vía sanguínea y distribución de Se hacia las selenoenzimas (Xing et al., 2019). La hipótesis de esta investigación indica que los niveles supranutricionales de Se usando SeMe por vía oral y Na_2SeO_3 por vía parenteral pueden tener un efecto similar en la concentración de Se en los tejidos de cabritos neonatos. Por lo tanto, el objetivo de estudio fue determinar el efecto de ambas fuentes de Se, en las variables de sobrevivencia, crecimiento, contenido de Se en tejidos, hallazgos histopatológicos y las características fisicoquímicas de la carne de cabritos lechales de la raza Pastoreña.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Adquisición de cabritos y lugar de estudio

Manejo, distribución y desempeño de los animales

El cuidado de los animales estuvo bajo los lineamientos del Consejo Mexicano de Cuidado Animal (NOM-062-ZOO, 1999) y los procedimientos de manejo fueron aprobados por el comité de ética en uso de animales del Colegio de Postgraduados, protocolo de estudiantes con matrícula 11731027.

Se utilizaron cuarenta y cinco cabritos de raza Pastoreña con una edad promedio de 25 ± 15 d, y 4.7 kg de PV; los cuales fueron adquiridos en la región Mixteca de Oaxaca (Longitud oeste: $97^{\circ} 51'$; Latitud norte $17^{\circ} 4'$; altitud: 1640 msnm), y se transportaron hasta el Colegio de Postgraduados, Estado de México (Longitud oeste: $98^{\circ} 48'$; Latitud norte $19^{\circ} 48'$; altitud: 2241 msnm), la distancia recorrida fue 305 km realizado en 6 h. Los animales fueron adquiridos de pequeños productores que los crían en un sistema de pastoreo extensivo en las comunidades de San Andrés Yutatío, Reforma Agraria, Corral de piedra (Santiago Cacaloxtepec), San Francisco Yosocuta y San Marcos Arteaga, del municipio de Huajuapán de León, Oaxaca. Se realizaron dos viajes, transportando 30 cabritos en el primer viaje y 15 en el segundo. Se utilizó una Van-vehículo, equipada con una cama térmica y aire acondicionado con el propósito de disminuir el estrés por transporte y los cambios repentinos de temperatura. Después del arribo, los animales fueron alojados en una galera con dimensiones de 4.5 x 10 m con paredes de concreto y un techo construido con lámina galvanizada a una altura de 4m. La galera fue previamente desinfectada con hipoclorito de sodio al 5% y se recubrieron las paredes con hidróxido de calcio. Posteriormente se acondicionaron nueve corrales de 1.5 x 1.5 m hechos de tubos y varillas galvanizadas de un metro de altura y sobre el piso de concreto se instalaron camas de tarimas de madera con rendijas para evitar la acumulación de excretas y evitar exceso de humedad por orina; la limpieza de los corrales y secado fue realizada diariamente. También se instalaron lámparas infrarrojas a un metro de altura manteniendo una

temperatura mínima constante de 12 °C (la temperatura se determinó con un termómetro de máximas y mínimas, HANNA). Se alojaron cinco cabritos por corral (identificados individualmente por número y tratamiento) y se alimentaron exclusivamente con leche *ad libitum* dos veces al día (0800 y 1700h). La leche se obtuvo de cabras en ordeño, conservándose a -18 °C y se atemperó a 38°C para suministrarla a cada cabrito con una mamila y chupón *sheep-pacifier* (Lucky farm®), previamente desinfectados. Todos los cabritos fueron adaptados previamente a este manejo zootécnico por siete días, antes de iniciar el experimento.

2.2. Tratamientos experimentales

Los cabritos se distribuyeron en nueve corrales (n=45) en tres tratamientos homogéneos, con tres corrales por tratamiento y cada corral con cinco animales. La distribución de los tratamientos fue: a) *Grupo control (C)*: Consumo de leche de cabra, con 0.135 ppm de Se; b) *Grupo con Selenio vía inyectable (NaSe)*: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na_2SeO_3) a dosis de 0.25 mg Se/kg PV. c) *Grupo con Selenio vía oral (SeMe)*: Consumo de leche más dosificación oral de 0.3 mg Se diariamente por el tiempo que duró el experimento.

Los cabritos se pesaron y sangraron al inicio del experimento y posteriormente cada 7 días. El peso corporal se determinó con una báscula digital (Torrey® precisión ± 10 g de variación). Las muestras de sangre se tomaron por vía yugular, usando tubos y agujas Vacutainer®, con anticoagulante (EDTA.). El consumo de leche se registró diariamente y grupos de 5 animales por cada tratamiento se sacrificaron a los siete, 14 y 21d.

2.3. Registro de parámetros productivos

Consumo de leche: Se registró el consumo diario de leche (kg). Previamente, la leche de cabra se descongelaba a baño maría durante la noche y al siguiente día se calentaba a 38 °C en un recipiente de acero inoxidable. La leche atemperada se vertía en botellas pet de 600 mL, con el chupón, previamente lavadas y desinfectadas; y se

les ofreció individualmente *ad libitum*. Se registró el peso inicial de la botella sin y con leche y, por diferencia se obtuvo el consumo de leche.

Peso corporal: Se registraron los pesos corporales al inicio del experimento y a los siete, 14 y 21d, después de iniciar el experimento. Los pesos se registraron con la misma báscula digital descrita anteriormente, antes de alimentar a los cabritos.

Conversión alimenticia: Se calculó con la relación de ganancia de peso corporal en kilogramos/consumo de leche en litros en cada periodo evaluado y al final del experimento.

2.4. Matanza de los animales, destace y colección de muestras para histopatología

La matanza de los cabritos se realizó con base en los lineamientos que establece la Norma Oficial Mexicana para el sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres (NOM-033-SAG/ZOO-2014). La matanza se realizó después de un ayuno en los cabritos de 12 horas. Los cabritos se insensibilizaron con un pistolete de perno cautivo, posteriormente se colgaron de las extremidades posteriores y se desangraron por corte de las venas yugulares a la altura de la base de la mandíbula. La piel de los cabritos se retiró de forma manual, se realizó un corte por la línea media del animal en la parte ventral de cuello, tórax y abdomen. Se retiró la piel de las extremidades con un corte por la parte media de las extremidades y el retirado final de la piel se realizó por tracción manual de la parte caudal hacia craneal. Los cabritos se evisceraron por la línea alba y después se pesaron las vísceras llenas (con ingesta y excretas) y vacías.

Se pesaron las canales calientes y se registró el peso. Posteriormente las canales se refrigeraron a 4 °C por 24 h. Luego se determinaron los pesos de los componentes que no integran la canal: cabeza, patas, piel y pulmones. Las canales se mantuvieron a temperatura ambiente por una hora y se midió el pH (pH meter digital para carne marca HANNA HI 99163) y el color de la carne (Croma meter CR-410 Konica minolta sensing, INC. JAPAN). Posteriormente, las canales se despiezaron y se registraron los pesos de las piernas, brazos, costillar con esternón, lomo (con vertebras área

lumbar), cadera (vertebras sacras y coxal), falda y cuello. Todos los datos registrados fueron agrupados por tratamiento y tiempo de matanza.

Las muestras de tejidos para la medición de Se y análisis histopatológico se colectaron del músculo semimembranoso, corazón (ventrículos), hígado y riñón. Las muestras para histopatología se conservaron en una solución de formalina al 10% en una proporción 20:1 formalina:tejido. Las muestras para el análisis de Se se colectaron en bolsas ziploc identificadas por tratamiento y número de cabrito. Las muestras de tejidos (hígado, riñón, corazón y músculo) para determinación de Se se congelaron a -20°C hasta su digestión. Las muestras de sangre se colectaron en tubos Vacutainer con EDTA identificados por tratamiento y número de cabrito. Una vez tomada la muestra la sangre se homogeneizó con el anticoagulante y se conservó a -20°C hasta su digestión.

2.5. Preparación de soluciones minerales y técnicas de análisis en el laboratorio

2.5.1 Preparación de las fuentes de selenio

Selenito de sodio inyectable: Se preparó una solución inyectable con selenito de sodio a 4.96 mg/mL (Na_2SeO_3 99.8% de pureza. Alfa Delta SA). El procedimiento consistió en pesar 1.095 g de NaSeO_3 en una báscula analítica (Ohaus® GA200), luego se aforó a 100 mL con agua inyectable. La solución se filtró con acrodiscos 0.45µm para eliminar posibles residuos. Los frascos y tapones se esterilizaron en una autoclave a 150 °C y 1.5 PSI por 15 minutos. Posteriormente, la solución se esterilizó dentro de una campana de flujo laminar (ESCO®) equipada con rayos ultravioleta por 30 minutos. Luego el frasco de cristal ámbar de 100 mL se selló herméticamente y nuevamente se esterilizó por 15 minutos con luz UV. La contaminación de la solución fue descartada con un cultivo de la solución usando agares de papa-dextrosa, agar-sangre y agar-agar. Las cajas de Petri con una muestra de la solución se incubaron a 38 °C por 72 y 120h y, posteriormente se observaron al microscopio para descartar el crecimiento de microorganismos.

L-Selenometionina: Se usó L-selenomethionine 0.5% (Lote No. 669465, Alfa Delta SA) con un contenido de Se a 0.57 % (determinado por ICP). Se pesaron 0.790 g de L-selenometionina y se diluyeron en 45 mL de agua millipore. Posteriormente la solución se mezcló por 5 minutos en un agitador magnético (Thermo scientific®) durante 5 minutos a temperatura ambiente y se conservó en un frasco ámbar previamente esterilizado. La selenometionina se administró vía oral en 3 mL de solución por cabrito/día después del consumo de leche de las 0800 horas.

2.5.2. Medición de selenio en tejidos

El análisis de Se se realizó con el proceso de digestión ácida y luego la medición con absorción atómica.

Digestión de la muestra. Las muestras de hígado, riñón, corazón y músculo se descongelaron a temperatura ambiente durante 2 horas. Posteriormente se pesaron 0.5 g de muestra descongelada en una báscula analítica (OHAUS ® GA200) se pesaron 0.5 g de tejido (sangre completa, hígado, riñón, corazón, músculo, leche y agua), se colocaron en tubos de ensayo de 40 mL, se les agregaron 10 mL de ácido nítrico concentrado (J.T. Baker) más 10 mL de ácido clorhídrico 37% (J.T. Baker) y se digitaron en un bloque digestor a 100 °C durante 6 horas. Una vez digeridas las muestras se filtraron con papel Wattman libre de cenizas #42 y, posteriormente se aforaron a 25 mL con una solución de ácido clorhídrico 7M. Las muestras se guardaron en refrigeración a -20°C hasta su lectura.

Análisis por absorción atómica. La concentración de selenio se determinó, en 5 ml de muestra a 37 °C, por la técnica de generador de hidruros por espectrofotometría de absorción atómica (Aanalyst 200, Perkin Elmer acoplado a un generador de hidruros MHS15). Se utilizó una lámpara de descarga sin electrodo (EDL, por sus siglas en inglés) para selenio (Perkin Elmer). Se calibró una curva estándar con las siguientes concentraciones: 0, 20, 40, 80, 120 y 160 ng de Se/mL; a partir de un estándar de selenio de 1000 mg/l de Se (Sigma Aldrich). La lectura se realizó a una longitud de onda de 196.0 nm con una R² de 0.996. Se utilizó borohidruro de sodio 0.8 mol/L

(Sigma Aldrich 98%) para generar hidruros de Se. Una vez obtenidos los resultados la concentración de Se se ajustó a la dilución y peso de la muestra.

2.5.3. Análisis histopatológico

Las muestras conservadas en formalina al 10%, se procesaron quince días antes de su lectura. Estas fueron procesadas por la misma persona para asegurar consistencia en la metodología. Cada laminilla contenía una muestra de los tejidos ya citados. Las muestras se colocaron en bloques de parafina y se tiñeron secciones de 4 μm con hematoxilina y eosina (H&E) previo a su evaluación. Las muestras se clasificaron en tres grupos codificados para evitar sesgos en la evaluación. Las secciones fueron evaluadas por un patólogo veterinario que no tenía información en la edad de los animales, raza o grupo experimental para determinar las lesiones en los tejidos. Se determinó la severidad de hemorragia y necrosis según la extensión del daño en la muestra observada: sin hemorragia o necrosis (0% de la muestra afectado), leve daño tisular (<5%), leve a moderado daño tisular (>10 a 30%) y daño severo (>30%).

2.5.4. Análisis fisicoquímico de la carne

El análisis químico de la carne se determinó mediante los métodos oficiales de la AOAC (2005) que comprenden: a) Humedad (método 934.01) por pérdida de peso después de secar la muestra a 100 °C por 18 h; b) Proteína total (método 2001.11) por el método de micro Kjeldahl mediante digestión de la muestra con ácido sulfúrico y enseguida una destilación con hidróxido de sodio y se utilizó 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína; c) La grasa (extracto etéreo) (método 920.39) se determinó por el método de extracción continua en un sistema Goldfish utilizando éter de petróleo como disolvente; d) Cenizas (método 942.05), por incineración a 600 °C hasta la pérdida total de la materia orgánica. Las determinaciones se realizaron por duplicado para cada muestra de carne.

Adicionalmente, se determinó la capacidad de retención de agua (CRA) en los músculos semimembranoso y semitendinoso mediante la técnica de centrifuga (Leal, GJ. Jiménez, 2015). Así como, la fuerza al corte de la carne (FCC) en el músculo *Bíceps femoris* con un analizador de textura (TA.XT plusC) y una navaja *Warner Bratzler*

para carne. La muestra de músculo se obtuvo con un sacabocado de acero inoxidable de 1 cm de diámetro de luz y 8 cm de longitud.

2.6 Análisis y modelo estadístico

Los cabritos se distribuyeron de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3, donde los factores principales fueron: suplementación de Se (0.0; 0.25 mg/kg PV de Na_2SeO_3 inyectado vía subcutánea en dosis única y 0.3 mg de selenometionina (SeMe), vía oral una vez por día durante todo el experimento); el segundo factor fue el tiempo al sacrificio (7, 14 y 21 d). El primer factor fue el tratamiento (T): Sin selenio (Control), selenio en forma de selenito de sodio (Na_2SeO_3) y selenio como selenometionina (SeMe). El segundo factor fue el tiempo de matanza (S): 7, 14 y 21d. El modelo incluyó análisis del tratamiento, tiempo de sacrificio (medidas repetidas) y la interacción T x S. Las diferencias entre medias del tratamiento con selenio y tiempo de sacrificio se compararon utilizando LSMEANS ajustadas por la prueba de Tukey (SAS, 2016). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (T \times S)_{ij} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la variable respuesta en observación k, tratamiento i, tiempo j.

μ = Es la media general.

T_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento (selenito de sodio o selenometionina).

S_j = Es el efecto del j-ésimo tiempo de sacrificio.

$(T \times S)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción T x S al i, j-ésimo nivel.

ξ_{ijk} = Es el error aleatorio.

Para determinar el efecto de la aplicación de selenio, sin importar que fuera selenito de sodio o selenometionina, se utilizó un diseño al azar con un arreglo factorial 3 X 2 utilizando el modelo GLM de SAS inc. 9.4 (SAS, 2016). El tratamiento con selenio (T)

se utilizó como primer factor. Sin selenio (Control (C) y uso de selenio (Se). El segundo factor fue el tiempo de matanza (S): 7, 14 y 21d. Las diferencias entre medias del tratamiento con selenio y tiempo de sacrificio se obtuvieron utilizando LSMEANS con la opción Tukey-PDIFF (book). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la variable respuesta en observación k, tratamiento i, tiempo j.

μ = Es la media general.

T_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento (Control o uso de Se).

S_j = Es el efecto del j-ésimo tiempo de sacrificio.

ξ_{ijk} = Es el error aleatorio.

3. RESULTADOS

Los niveles de Se en tejidos se muestra en el Cuadro 1. El grupo C tuvo 57 unidades más al 0d y que al 7d, mientras en 14 y 21d hubo incrementos de Se en 128 y 57 unidades ($P < 0.05$), respectivamente. Los grupos con NaSe y SeMe también incrementaron con el tiempo de muestreo y no hubo diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre los grupos C vs. NaSe. Únicamente el grupo con SeMe a 21d tuvo el valor más alto de Se hemático (430.9). Hubo un efecto Se vs. grupo C, incrementando 35 unidades ($P < 0.05$) Figura 6.

El nivel de Se en el grupo C para los tejidos de hígado, riñón, corazón y músculo no fue diferente ($P > 0.05$) desde los 7 hasta los 14d. El contenido de Se en riñón para los grupos C y NaSe fueron similares ($P > 0.05$) en los 3 días de muestreo; solamente la SeMe incrementó los niveles de Se en el hígado ($P < 0.05$) desde los 14 hasta 21d (751 ng) y hubo un efecto Se vs. grupo C (incremento a 240 unidades) Figura 7. En riñón los grupos con NaSe y SeMe tuvieron mayores niveles de Se vs. el grupo C. Particularmente el contenido de Se con SeMe a 21d se duplicó ($P < 0.05$) a diferencia del grupo C y en consecuencia hubo un efecto Se, incrementándose 209 unidades (Fig. 6). El contenido de Se en musculo únicamente incrementó ($P < 0.05$) a los 14 y 21d con NaSe vs. SeMe y C grupo (Cuadro 1).

En las muestras de los análisis físicos de la carne (Cuadro 2), no se encontraron efectos por tratamiento ni por tiempo. Numéricamente la carne de NaSe fue la más suave a los 7 y 21 días. La carne del grupo C al 21d fue más dura, pero sin significancia estadística ($P > 0.05$). La carne con menor adhesividad fue la del grupo NaSe (-0.39) dándose diferencia estadística a 21d ($P < 0.05$). Los resultados de capacidad de retención de agua fueron estables para la carne de los cabritos tratados con Se. Sin embargo, el grupo C tuvo la menor capacidad de retención de agua en 7d y, de manera contrastante la mayor capacidad de retención a 14d. El valor de pH en 7d fue más ácida con el grupo de NaSe ($P > 0.05$), sin embargo, debido a que los datos fueron variables, no hubo diferencias estadísticas.

La composición química de la carne de cabrito se muestra en el Cuadro 3. No se presentaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en la humedad a los 7 y 14d, a excepción de los grupos NaSe y SeMe a los 21d de sacrificio, donde disminuyó la humedad. La carne de cabrito del grupo SeMe presentó mayor contenido de proteína en los tres tiempos de matanza ($P<0.05$). SeMe en 21d presentó un 3% más proteína vs. SeMe en d7 ($P<0.05$). El contenido de lípidos en SeMe a 7 y 14d fue menor ($P<0.05$) en la carne, por el contrario, en SeMe a 7 y 21d se presentó mayor ($P<0.05$) contenido en grasa, desde el doble hasta 3.7%, respectivamente. El grupo C no tuvo diferencias en el contenido de ceniza durante los tiempos de matanza. Sin embargo, los grupos de NaSe y SeMe incrementaron ($P<0.05$) la cantidad de ceniza a los 14 y 21d.

Los resultados de color en la carne se muestran en el Cuadro 4. La carne no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos, a excepción del grupo con SeMe disminuyó ($P<0.05$) la intensidad de rojo a los 14 y 21d; en referencia al color amarillo disminuyó ($P<0.05$) a los 14 y 21d para los tratamientos NaSe y SeMe, respectivamente. La luminosidad no mostró cambios significativos ($P>0.05$), a excepción del grupo SeMe tuvo incrementos ($P<0.05$) a los 14 y 21d.

Los datos en los componentes y rendimiento de la canal se muestran en el Cuadro 5. No se encontraron diferencias ($P<0.05$) entre los tratamientos y tiempo de sacrificio en las variables de peso de la canal caliente, largo de la canal, rendimiento de costillar, cuello y cadera. Los cabritos con SeMe tuvieron mayor rendimiento en brazos y falda ($P<0.05$). En referencia al peso vivo y los componentes del sistema digestivo tampoco hubo diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$).

Los parámetros productivos de los cabritos se muestran en el cuadro 7. No hubo diferencias estadísticas en cuanto a peso vivo. Sin embargo, los cabritos tratados con Se fueron 12% más pesados en el día 21. Respecto a la ganancia diaria de peso (GDP) los resultados fueron muy variables para los grupos C y SeMe. Contradictoriamente el grupo de SeMe registró la menor 1.72 y mayor 84.99 g/d, en la primera y última semana de evaluación, respectivamente. Los cabritos tratados con NaSe tuvieron una GDP más estable.

En el parámetro conversión alimenticia los cabritos tratados con Se presentaron mejores conversiones alimenticias respecto al grupo control. En la tercera semana los cabritos tratados con SeMe tuvieron la mejor CA 7.51:1; mientras que el grupo C registró un 87% más de CA respecto al grupo SeMe.

En el análisis histopatológico (Figura 8), el músculo estriado (*semimembranosus* y *semitendinosus*) se determinaron tres grados de lesión desde una leve degeneración muscular (A), degeneración muscular leve a moderada (B) y fragmentación de las fibras musculares (C). En día siete 16.67% de los animales del tratamiento con selenometionina se observó pérdida de la integridad de las fibras musculares. Además, 33.3% de los animales mostraron degeneración muscular de leve a moderada, en ambos casos con infiltrado asociado a miofagocitosis. En el día 14 se encontró degeneración muscular leve sin infiltrado mononuclear en el grupo testigo (20%) y selenometionina (16.6%); así mismo en 33.33 % de las muestras de selenometionina se determinó degeneración muscular leve a moderada con infiltrado mononuclear.

En riñón del 28 al 33% de los animales del grupo tratado con SeMe presentaron degeneración tubular leve a moderada con infiltrado mononuclear en la corteza renal. Los animales tratados con selenito de sodio presentaron un leve infiltrado mononuclear en la zona cortical (16 y 20%) en los días 7 y 21 del experimento. El grupo testigo presentó focos de infiltración mononuclear en riñón (Figura 8).

En hígado se presentó congestión multifocal leve (Control) en 20 y 40% de las muestras en los días 7, 14 y 21 respectivamente; infiltrado mononuclear y periportal hasta en 42% de las muestras de selenometionina en el día 21. Y el tratamiento con NaSe se presentó infiltrado mononuclear leve (20%) el día 21, moderada vacuolización dentro de los hepatocitos en las zonas centrilobulillares y arteriales, y leve infiltrado perivascular mononuclear con necrosis hepática en el día 7 y 21 en 16 y 20% de las muestras, respectivamente (Figura 8).

En tejido cardiaco, solo en un cabrito, del grupo SeMe, se presentó degeneración muscular multifocal sin infiltrado mononuclear, el resto de las muestras no presentaron cambios patológicos observables (Figura 8).

Cuadro 1. Promedios de los niveles de Se en tejidos (sangre, hígado, riñón, corazón y músculo) de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.

	Días				<i>EEM</i>
	0	7	14	21	
Sangre					
C	247.67 ^{bx}	188.50 ^{ax}	376.25 ^{cx}	304.73 ^{dx}	9.39
NaSe	296.35 ^{by}	222.91 ^{axy}	346.98 ^{cx}	334.45 ^{cx}	9.92
SeMe	264.03 ^{axy}	246.80 ^{ay}	396.23 ^{bx}	430.92 ^{by}	9.08
<i>EEM</i>	9.97	10.81	11.59	11.50	
Hígado					
C		339.37 ^{ax}	342.91 ^{ax}	413.39 ^{ax}	24.64
NaSe		503.29 ^{ay}	603.94 ^{ay}	404.69 ^{ax}	24.64
SeMe		598.92 ^{ay}	778.13 ^{bz}	723.88 ^{by}	24.64
<i>EEM</i>		24.64	24.64	24.64	
Riñón					
C		575.50 ^{ax}	631.91 ^{ax}	513.15 ^{ax}	26.2
NaSe		714.38 ^{ay}	710.62 ^{ax}	850.47 ^{by}	26.2
SeMe		664.47 ^{axy}	881.44 ^{by}	1020.27 ^{bz}	28.01
<i>EEM</i>		26.2	28.01	26.2	
Corazón					
C		336.12 ^{bx}	299.11 ^{ax}	218.29 ^{ax}	16.37
NaSe		347.65 ^{ax}	310.75 ^{ax}	365.37 ^{ay}	16.37
SeMe		275.62 ^{ax}	349.28 ^{ax}	333.54 ^{ay}	16.37
<i>EEM</i>		16.37	16.37	16.37	
Músculo					
C		293.06 ^{ax}	263.95 ^{ax}	253.68 ^{ax}	13.09
NaSe		318.07 ^{ax}	309.77 ^{ay}	322.34 ^{ay}	13.09
SeMe		271.98 ^{ax}	218.98 ^{ax}	243.41 ^{ax}	13.09
<i>EEM</i>		13.09	13.09	13.09	

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; **NaSe**: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na_2SeO_3) a dosis de 0.25 mgSe/kgPV. **SeMe**: Consumo de leche de cabra más dosificación oral de 0.3 mg Se como selenometionina, diariamente. *EEM*= Error estándar de la media.

^{a-d} diferentes literales en la fila indican diferencias significativas $P < 0.05$

^{x-z} diferentes literales en columna indican diferencias significativas $P < 0.05$

Cuadro 2. Promedios de las características físicas en la carne de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.

	Días			EEM
	7	14	21	
Fuerza de corte Kg/cm²				
C	2.50 ^{ax}	2.33 ^{ax}	3.03 ^{ax}	0.19
NaSe	1.97 ^{ax}	2.70 ^{ax}	1.94 ^{ax}	0.19
SeMe	2.55 ^{ax}	2.49 ^{ax}	2.16 ^{ax}	0.19
<i>EEM</i>	0.19	0.19	0.19	
Adhesividad				
C	0.14 ^{ax}	0.14 ^{ax}	0.28 ^{ax}	0.03
NaSe	0.14 ^{ax}	0.14 ^{ax}	0.39 ^{ay}	0.03
SeMe	0.14 ^{ax}	0.17 ^{ax}	0.10 ^{ax}	0.03
<i>EEM</i>	0.03	0.03	0.03	
Capacidad de retención de agua (%)				
C	13.75 ^{ax}	31.24 ^{by}	27.70 ^{bx}	1.51
NaSe	19.63 ^{ax}	22.25 ^{ax}	22.34 ^{ax}	1.48
SeMe	28.34 ^{ay}	27.69 ^{axy}	28.55 ^{ax}	1.74
<i>EEM</i>	1.47	1.76	1.49	
pH de la canal caliente				
C	6.48 ^{ax}	6.83 ^{bx}	6.06 ^{cx}	0.05
NaSe	5.58 ^{ax}	6.66 ^{ax}	6.25 ^{bx}	0.05
SeMe	6.59 ^{ax}	6.61 ^{ax}	6.43 ^{bx}	0.05
<i>EEM</i>	0.05	0.05	0.05	

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; **NaSe**: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na₂SeO₃) a dosis de 0.25 mg Se/kg PV. **SeMe**: Consumo de leche de cabra más dosificación oral de 0.3 mg Se como selenometionina, diariamente. *EEM*= Error estándar de la media.

^{a-d} diferentes literales en la fila indican diferencias significativas P<0.05

^{x-z} diferentes literales en columna indican diferencias significativas P<0.05

Cuadro 3. Promedios de las características químicas de la carne (*Biceps femoris*) de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra

	Días			EEM
	7	14	21	
Humedad (%)				
C	76.99 ^{ax}	77.09 ^{ax}	79.19 ^{ax}	0.98
NaSe	77.41 ^{ax}	76.40 ^{ax}	72.24 ^{axy}	0.98
SeMe	78.07 ^{ax}	76.75 ^{abx}	72.47 ^{by}	0.98
<i>EEM</i>	0.98	0.98	0.98	
Proteína (%)				
C	14.94 ^{ax}	15.57 ^{abx}	14.25 ^{acx}	0.14
NaSe	15.12 ^{ax}	16.11 ^{bxy}	15.68 ^{aby}	0.14
SeMe	16.48 ^{ay}	16.77 ^{ay}	19.43 ^{bz}	0.14
<i>EEM</i>	0.14	0.14	0.14	
Grasa (%)				
C	2.23 ^{ax}	3.13 ^{bx}	2.58 ^{cx}	0.02
NaSe	2.39 ^{ay}	3.77 ^{by}	3.45 ^{cy}	0.02
SeMe	1.76 ^{az}	2.48 ^{bz}	3.68 ^{cz}	0.02
<i>EEM</i>	0.02	0.02	0.02	
Ceniza (%)				
C	1.08 ^{ax}	1.06 ^{bx}	0.97 ^{cx}	0.01
NaSe	1.05 ^{ay}	1.05 ^{ax}	1.01 ^{by}	0.01
SeMe	1.08 ^{ax}	1.08 ^{ay}	1.24 ^{bz}	0.01
<i>EEM</i>	0.01	0.01	0.01	

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; **NaSe**: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na_2SeO_3) a dosis de 0.25 mg Se/kg PV. **SeMe**: Consumo de leche de cabra más dosificación oral de 0.3 mg Se como selenometionina, diariamente. *EEM*= Error estándar de la media.

^{a-d} diferentes literales en la fila indican diferencias significativas $P < 0.05$

^{x-z} diferentes literales en columna indican diferencias significativas $P < 0.05$

Cuadro 4. Promedios del color de la carne (*Biceps femoris*) determinado a una hora *post-mortem* de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra

Días	Tonalidad roja a*				Tonalidad amarilla b*				Luminosidad L*			
	7	14	21	EEM	7	14	21	EEM	7	14	21	EEM
C	16.42 ^{ax}	15.34 ^{ax}	15.01 ^{ax}	0.30	2.98 ^{ax}	2.49 ^{ax}	1.09 ^{bx}	0.22	48.97 ^{axy}	51.81 ^{abx}	54.06 ^{bx}	0.62
NaSe	16.33 ^{ax}	16.21 ^{ax}	15.12 ^{ax}	0.30	4.45 ^{ay}	1.94 ^{bx}	1.46 ^{bxy}	0.22	51.24 ^{abx}	49.47 ^{bx}	53.04 ^{ax}	0.62
SeMe	17.84 ^{ay}	15.86 ^{bx}	14.27 ^{cx}	0.28	4.63 ^{az}	1.75 ^{bx}	2.26 ^{by}	0.21	47.97 ^{ay}	51.38 ^{bx}	54.44 ^{cx}	0.58
<i>EEM</i>	0.28	0.28	0.32		0.21	0.21	0.23		0.58	0.58	0.65	

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; **NaSe**: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na₂SeO₃) a dosis de 0.25 mg Se/kg PV. **SeMe**: Consumo de leche de cabra más dosificación oral de 0.3 mg Se como selenometionina, diariamente. *EEM*= Error estándar de la media.

^{a-d} diferentes literales en la fila indican diferencias significativas P<0.05

^{x-z} diferentes literales en columna indican diferencias significativas P<0.05

Cuadro 5. Promedios de peso y rendimiento de la canal y cortes primarios de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.

	Días			EEM
	7	14	21	
Peso de la canal (kg)				
C	1.89 ^{ax}	1.96 ^{ax}	2.31 ^{ax}	0.24
NaSe	2.04 ^{ax}	2.34 ^{ax}	2.56 ^{ax}	0.27
SeMe	1.82 ^{ax}	1.96 ^{ax}	2.31 ^{ax}	0.24
<i>EEM</i>	0.24	0.25	0.26	
Largo de la canal (cm)				
C	35.83 ^{ax}	36.0 ^{ax}	37.0 ^{ax}	1.01
NaSe	35.12 ^{ax}	37.75 ^{ax}	37.66 ^{ax}	1.13
SeMe	35.75 ^{ax}	37.5 ^{ax}	37.62 ^{ax}	1.07
<i>EEM</i>	1.01	1.07	1.13	
Rendimientos %				
Canal				
C	37.56 ^{ax}	40.64 ^{ax}	41.49 ^{ax}	1.31
NaSe	40.42 ^{ax}	40.61 ^{ax}	42.66 ^{ax}	1.47
SeMe	39.91 ^{ax}	43.72 ^{ax}	40.13 ^{ax}	1.34
<i>EEM</i>	1.31	1.39	1.42	
Piernas				
C	24.41 ^{ax}	24.08 ^{ax}	24.14 ^{ax}	0.41
NaSe	23.34 ^{ax}	24.64 ^{ax}	24.41 ^{ax}	0.43
SeMe	22.81 ^{ax}	24.97 ^{bx}	23.28 ^{ax}	0.40
<i>EEM</i>	0.41	0.41	0.42	
Brazos				
C	23.21 ^{ax}	23.27 ^{ax}	22.99 ^{ax}	0.32
NaSe	22.58 ^{ax}	22.63 ^{axy}	22.15 ^{ax}	0.34
SeMe	24.06 ^{ax}	21.62 ^{by}	23.21 ^{bx}	0.31
<i>EEM</i>	0.32	0.32	0.33	
Lomo				
C	6.78 ^{ax}	6.29 ^{ax}	6.36 ^{ax}	0.24
NaSe	6.8 ^{ax}	4.82 ^{by}	6.47 ^{ax}	0.25
SeMe	6.93 ^{ax}	5.42 ^{bxy}	5.9 ^{ax}	0.23
<i>EEM</i>	0.24	0.24	0.25	
Falda				
C	4.93 ^{axy}	3.64 ^{bx}	5.65 ^{ax}	0.26
NaSe	5.75 ^{ax}	5.79 ^{ay}	5.13 ^{ax}	0.27
SeMe	3.69 ^{ay}	5.42 ^{by}	5.74 ^{bx}	0.25
<i>EEM</i>	0.26	0.26	0.26	
Costillar				

C	22.63 ^{ax}	24.03 ^{ax}	24.02 ^{ax}	0.39
NaSe	21.77 ^{ax}	23.57 ^{ax}	23.54 ^{ax}	0.41
SeMe	23.14 ^{ax}	24.28 ^{ax}	23.67 ^{ax}	0.38
<i>EEM</i>	0.39	0.39	0.40	
Cuello				
C	10.73 ^{ax}	10.88 ^{ax}	9.98 ^{ax}	0.25
NaSe	11.32 ^{ax}	10.73 ^{ax}	10.82 ^{ax}	0.26
SeMe	11.11 ^{ax}	10.73 ^{ax}	10.94 ^{ax}	0.24
<i>EEM</i>	0.25	0.25	0.25	
Cadera				
C	7.03 ^{ax}	7.53 ^{ax}	6.86 ^{ax}	0.32
NaSe	8.04 ^{ax}	7.68 ^{ax}	7.08 ^{ax}	0.34
SeMe	8.19 ^{ax}	6.97 ^{ax}	7.81 ^{ax}	0.31
<i>EEM</i>	0.32	0.32	0.33	

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; **NaSe**: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na₂SeO₃) a dosis de 0.25 mg Se/kg PV. **SeMe**: Consumo de leche de cabra más dosificación oral de 0.3 mg Se como selenometionina, diariamente. *EEM*= Error estándar de la media.

^{a-d} diferentes literales en la fila indican diferencias significativas P<0.05

^{x-z} diferentes literales en columna indican diferencias significativas P<0.05

Cuadro 6. Promedios y rendimientos de los componentes no cárnicos de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.

	Días de matanza			EEM
	7	14	21	
Peso vivo (Kg)				
C	4.99 ^{ax}	4.78 ^{ax}	5.53 ^{ax}	0.47
NaSe	4.94 ^{ax}	5.73 ^{ax}	5.88 ^{ax}	0.53
SeMe	4.67 ^{ax}	5.57 ^{ax}	5.79 ^{ax}	0.49
<i>EEM</i>	0.47	0.50	0.51	
Rendimientos, %				
Piel				
C	8.23 ^{ax}	7.32 ^{ax}	7.06 ^{ax}	0.32
NaSe	6.41 ^{ay}	6.46 ^{ax}	6.7 ^{ax}	0.36
SeMe	7.97 ^{axy}	6.18 ^{ax}	6.83 ^{ax}	0.33
<i>EEM</i>	0.32	0.34	0.35	
Cabeza				
C	9.95 ^{ax}	10.35 ^{ax}	10.65 ^{ax}	0.48
NaSe	10.01 ^{ax}	9.54 ^{ax}	10.82 ^{ax}	0.53
SeMe	9.95 ^{ax}	10.35 ^{ax}	10.65 ^{ax}	0.49
<i>EEM</i>	0.48	0.51	0.52	
Visceras verdes llenas				
C	26.09 ^{ax}	25.30 ^{ax}	31.04 ^{ax}	1.71
NaSe	22.76 ^{ax}	26.07 ^{ax}	23.93 ^{ax}	1.91
SeMe	30.76 ^{ax}	24.29 ^{ax}	27.68 ^{ax}	1.75
<i>EEM</i>	1.71	1.81	1.85	
Contenido gástrico				
C	16.58 ^{axy}	15.24 ^{ax}	18.96 ^{ax}	1.52
NaSe	12.46 ^{ay}	15.87 ^{ax}	13.87 ^{ax}	1.70
SeMe	20.58 ^{ax}	15.24 ^{ax}	18.05 ^{ax}	1.55
<i>EEM</i>	1.52	1.61	1.64	
Visceras verdes vacías				
C	9.51 ^{ax}	10.06 ^{ax}	12.08 ^{ax}	0.57
NaSe	10.30 ^{ax}	10.19 ^{ax}	10.05 ^{ax}	0.64
SeMe	10.17 ^{ax}	9.04 ^{ax}	9.62 ^{ax}	0.58
<i>EEM</i>	0.57	0.60	0.62	
Extremidades (patas)				
C	5.20 ^{axy}	5.27 ^{ax}	5.26 ^{ax}	0.21
NaSe	4.49 ^{ay}	4.51 ^{axy}	4.18 ^{ax}	0.24
SeMe	5.79 ^{ax}	3.80 ^{by}	4.47 ^{ax}	0.22
<i>EEM</i>	0.21	0.23	0.23	
Pulmones				
C	2.37 ^{ax}	2.15 ^{ax}	2.29 ^{ax}	0.14
NaSe	2.33 ^{ax}	1.87 ^{ax}	1.98 ^{ax}	0.16

SeMe	2.25 ^{ax}	1.65 ^{ax}	2.14 ^{ax}	0.14
<i>EEM</i>	0.14	0.15	0.15	

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; **NaSe**: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na₂SeO₃) a dosis de 0.25 mgSe/kgPV. **SeMe**: Consumo de leche de cabra más dosificación oral de 0.3 mg Se como selenometionina, diariamente. *EEM*= Error estándar de la media.

^{a-d} diferentes literales en la fila indican diferencias significativas P<0.05

^{x-z} diferentes literales en columna indican diferencias significativas P<0.05

Cuadro 7. Promedios de los parámetros productivos de cabritos neonatos Pastoreños alimentados con leche de cabra.

	Días de matanza				EEM
	0	7	14	21	
Peso vivo (kg)					
C	4.70 ^{ax}	4.79 ^{ax}	4.96 ^{ax}	5.38 ^{ax}	0.26
NaSe	4.73 ^{ax}	5.04 ^{ax}	5.71 ^{ax}	6.06 ^{ax}	0.26
SeMe	4.69 ^{ax}	4.78 ^{ax}	5.17 ^{ax}	6.03 ^{ax}	0.25
<i>EEM</i>	0.22	0.22	0.22	0.28	
Ganancia diaria de peso (g)					
C		12.00 ^{ax}	44.12 ^{ax}	22.85 ^{ax}	18.04
NaSe		44.00 ^{ax}	78.57 ^{ax}	76.57 ^{ax}	17.30
SeMe		1.72 ^{ax}	10.79 ^{ax}	84.99 ^{ax}	18.51
<i>EEM</i>		12.73	16.25	23.54	
Conversión Alimenticia (L/kg)					
C		14.50 ^{ax}	12.48 ^{bx}	14.04 ^{cx}	1.57
NaSe		12.94 ^{cx}	11.74 ^{bx}	9.84 ^{ax}	1.25
SeMe		10.74 ^{bx}	14.47 ^{cx}	7.51 ^{ax}	1.67
<i>EEM</i>		1.12	1.25	2.00	
Conversión alimenticia (L/kg]					
C		14.50 ^b	12.48 ^a	14.04 ^b	0.98
Se (NaSe y SeMe)		12.12 ^a	12.88 ^b	9.06 ^a	1.54
<i>EEM</i>		1.14	1.26	2.16	
Consumo de leche/día (kg)					
C		0.610 ^{ax}	0.607 ^{ax}	0.544 ^{ax}	0.07
NaSe		0.793 ^{ax}	0.760 ^{ax}	0.868 ^{ax}	0.07
SeMe		0.636 ^{ax}	0.599 ^{ax}	0.812 ^{ax}	0.07
<i>EEM</i>		0.05	0.06	0.09	
Consumo de selenio/día en leche (nano gramos)					
C		82.97 ^{ax}	82.48 ^{ax}	74.01 ^{ax}	10.33
NaSe		107.90 ^{ax}	103.33 ^{ax}	118.17 ^{ax}	10.18
SeMe		86.51 ^{ax}	81.31 ^{ax}	110.48 ^{ax}	10.33
<i>EEM</i>		7.51	9.73	13.55	
Selenio en leche (ng/g)	135.91	135.91	135.91	135.91	+20.34
Selenio en agua	mnd	mnd	mnd	mnd	

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; **NaSe**: Consumo de leche de cabra y una dosis única inyectable vía subcutánea con Selenito de sodio (Na_2SeO_3) a dosis de 0.25 mg Se/kg PV. **SeMe**: Consumo de leche de cabra más dosificación oral de 0.3 mg Se como selenometionina, diariamente. *EEM*= Error estándar de la media.

mnd= Valor mínimo no detectado.

^{a-d} diferentes literales en la fila indican diferencias significativas $P < 0.05$

^{x-z} diferentes literales en columna indican diferencias significativas $P < 0.05$.

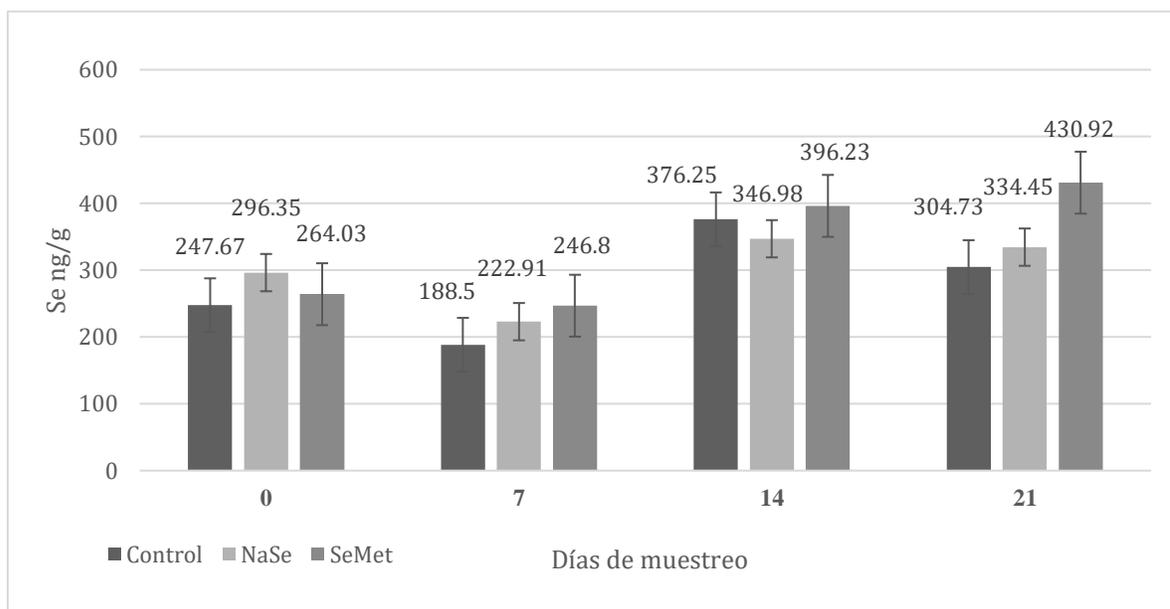


Figura 1. Concentración de Se (ng/g) en sangre completa de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con diferente fuente de selenio. Control, selenito de sodio (NaSe 0.25 mg/kg) y L-selenometionina (SeMet 0.3 mg/L).

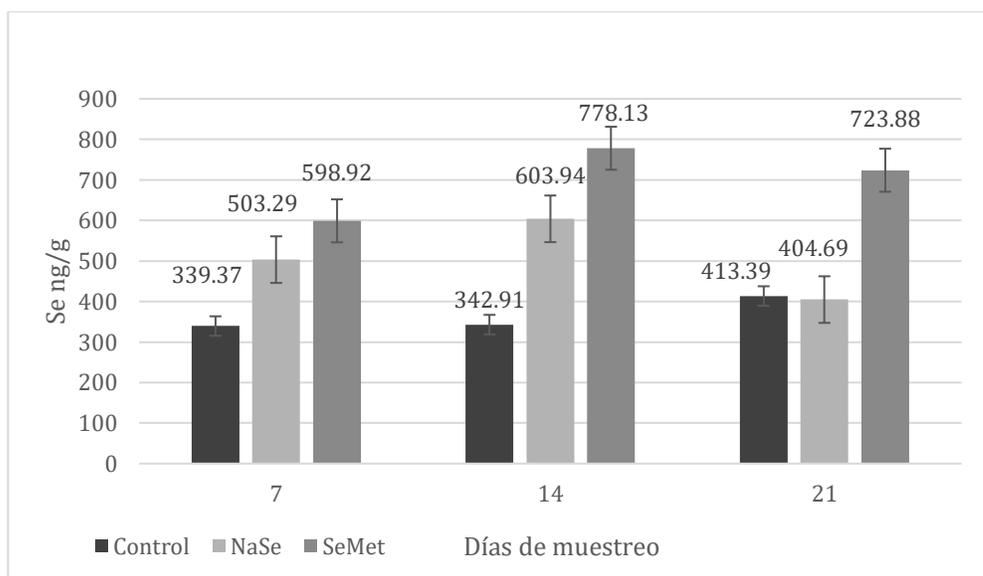


Figura 2. Niveles de selenio en hígado de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con diferente fuente de selenio. Control, selenito de sodio (NaSe 0.25 mg/kg) y L-selenometionina (SeMet 0.3 mg/L).

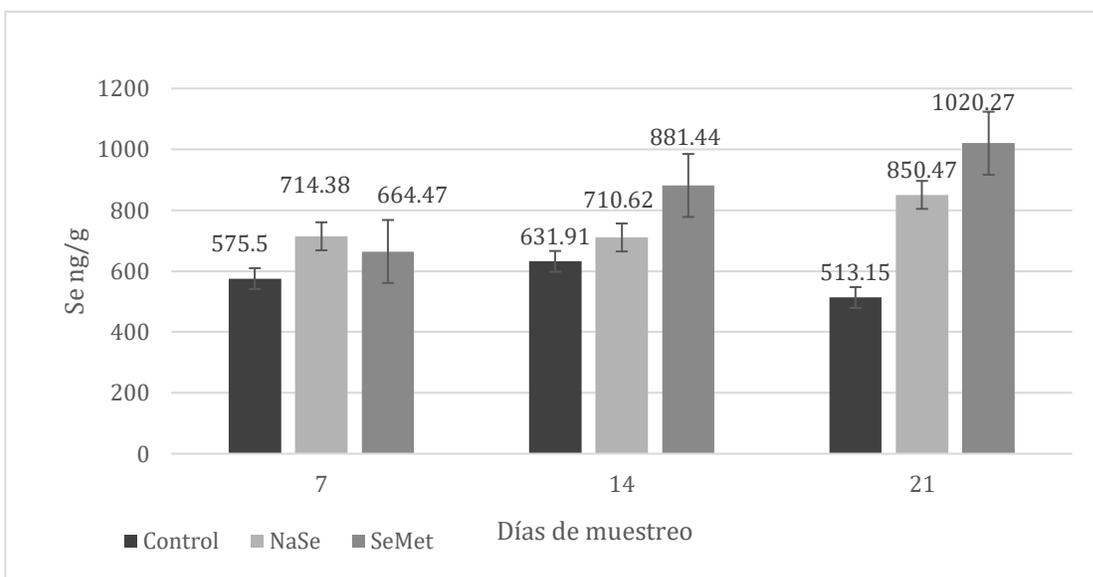


Figura 3. Niveles de selenio en riñón de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con diferente fuente de selenio. Control, selenito de sodio (NaSe 0.25 mg/kg) y L-selenometionina (SeMet 0.3 mg/L).

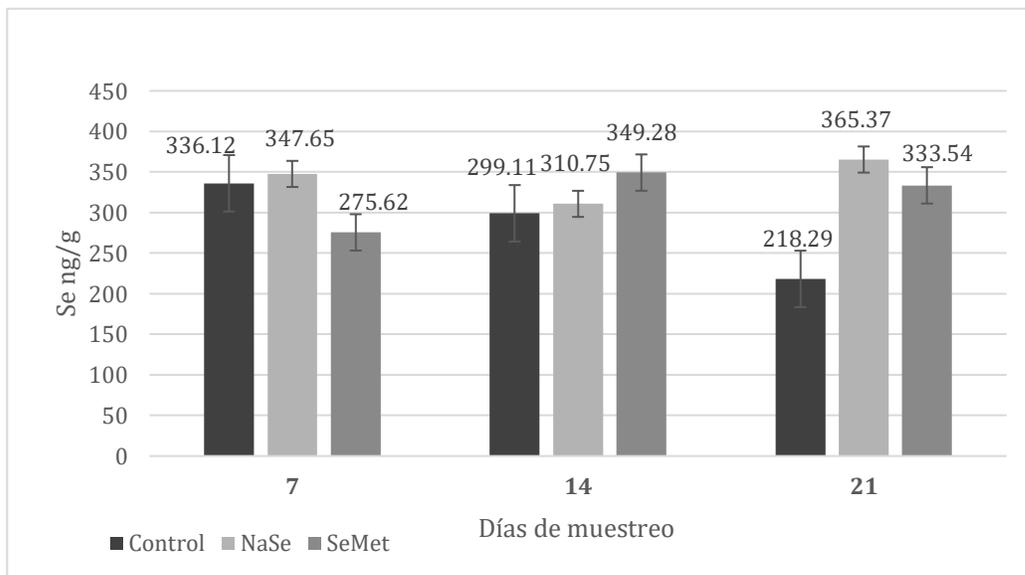


Figura 4. Niveles de selenio en corazón de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con diferente fuente de selenio. Control, selenito de sodio (NaSe 0.25 mg/kg) y L-selenometionina (SeMet 0.3 mg/L).

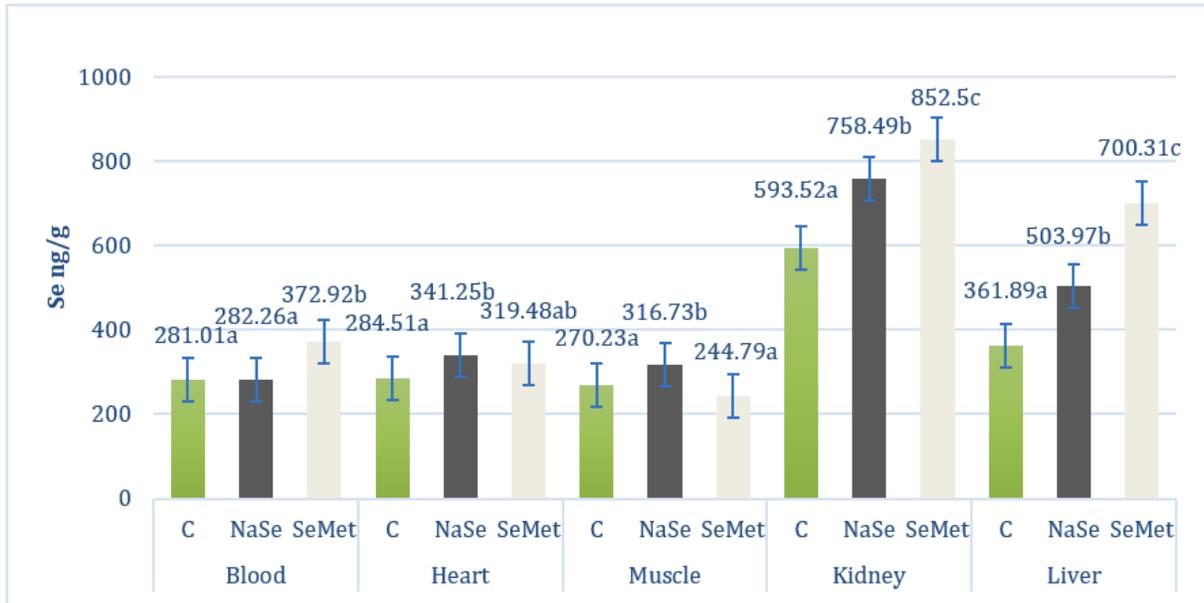


Figura 6. Niveles promedio de selenio en sangre, corazón, músculo, riñón y hígado de cabritos Pastoreños alimentados con leche de cabra y dos fuentes de selenio. Control (C): Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se. Se: Selenio (Se) el uso de Se inyectable y/o por vía oral.

EEM= Error estándar de la media.

^{a-c} Diferentes literales indican diferencias significativas $P < 0.05$.

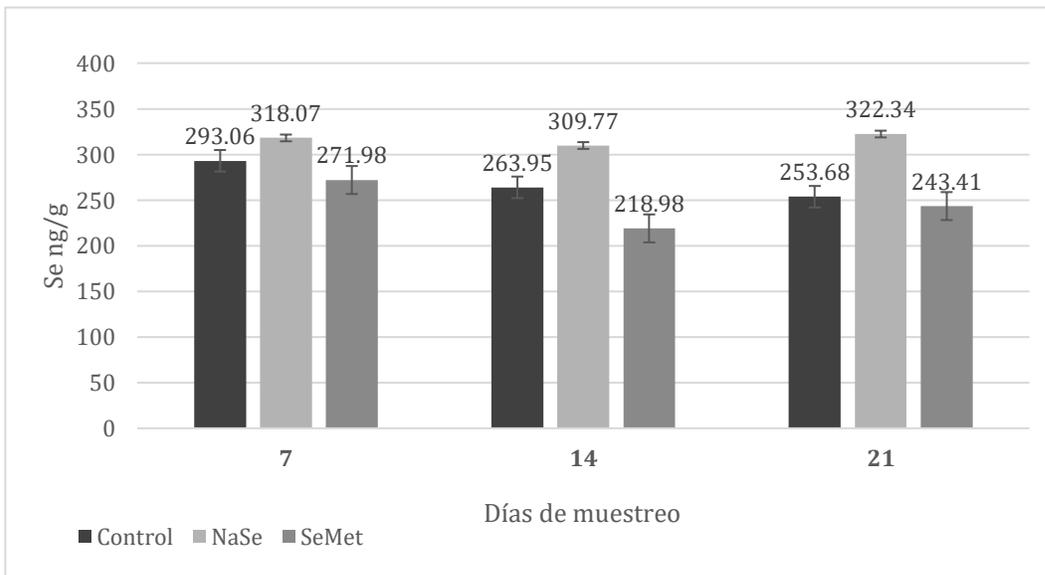


Figura 5. Niveles de selenio en músculo (*semimembranosus*) de cabritos Pastoreños alimentados con leche y tratados con diferente fuente de selenio.

Control, selenito de sodio (NaSe 0.25 mg/kg) y L-selenometionina (SeMet 0.3 mg/L).

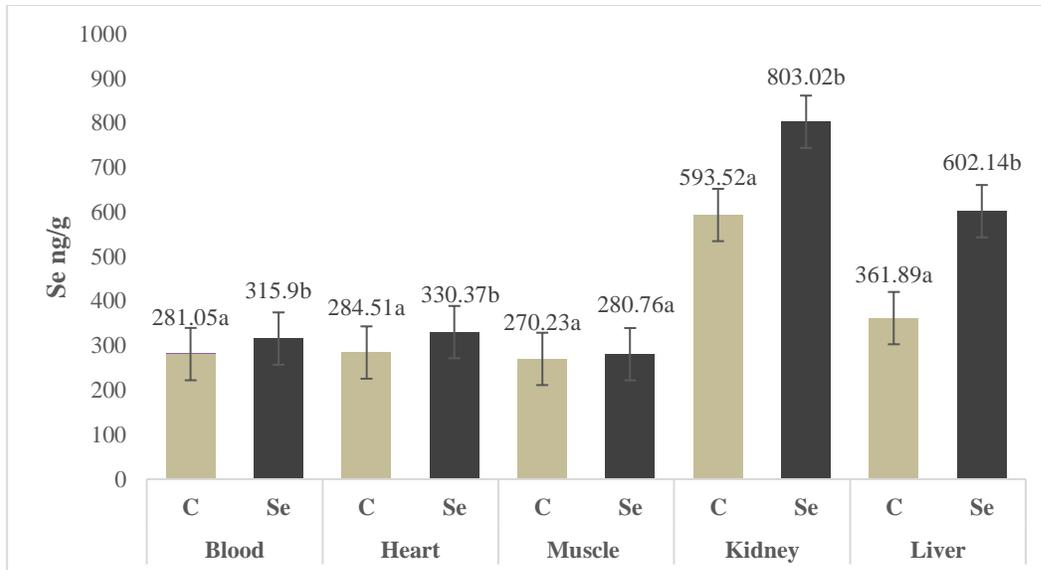
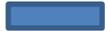
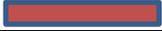
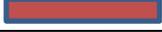


Figura 7. Concentración promedio de selenio (selenito de sodio y selenometionina) vs grupo Control en sangre, corazón, músculo, riñón y hígado de cabritos Pastoreños alimentados con leche de cabra y dos fuentes de selenio.

Control **C**: Consumo de leche de cabra, conteniendo 0.135 ppm Se; Selenio (**Se**) el uso de Se inyectable y/o po vía oral.

EEM= Error estándar de la media.

^{a-c} Diferentes literales indican diferencias significativas $P < 0.05$

Días*	Escala 0 – 100 %				Lesión histopatológica	Órgano
	0	25	50	75		
14		20			Degeneración muscular leve sin infiltrado mononuclear.	Músculo
14		16.6				
21		20				
7		33.3			Degeneración muscular leve a moderada con infiltrado mononuclear multifocal.	
14		33.3				
21		20				
21		20				
7		16.6			Pérdida de la integridad de la fibra muscular y/o fragmentación de las fibras musculares.	
21		40				
7		20			Focos de infiltración mononuclear en la corteza renal con células epiteliales tubulares de apariencia vacuolada y/o plana.	Riñón
14		60				
21		40				
7		16.6			Riñón con leve infiltrado mononuclear en la zona cortical.	
21		20				
7		33.3			Infiltrado mononuclear en la corteza renal y zona de transición con degeneración tubular de leve a moderada.	
14		33.3				
21		28.5				
7		20			Leve congestión hepática multifocal.	
14		60				
21		40				
7		33.3			Moderada vacuolización dentro de los hepatocitos en las áreas centrilobulillares y arteriales.	
14		50				
7		16.6			Leve infiltrado perivascular mononuclear con necrosis hepática.	
21		20				
14		16.6			Leve infiltrado perivascular mononuclear en hepatocitos.	
7		16.6				
14		33.3			Infiltrado mononuclear lobulillar y peri portal.	
21		42.8				
7		33.3			Corazón con degeneración muscular multifocal sin infiltrado mononuclear.	Corazón

■ Control, □ Selenito de sodio, ■ Selenometionina, *días de sacrificio de los cabritos.

Figura 8. Hallazgos histopatológicos en cabritos neonatos Pastoreños a diferentes tiempos de sacrificio.

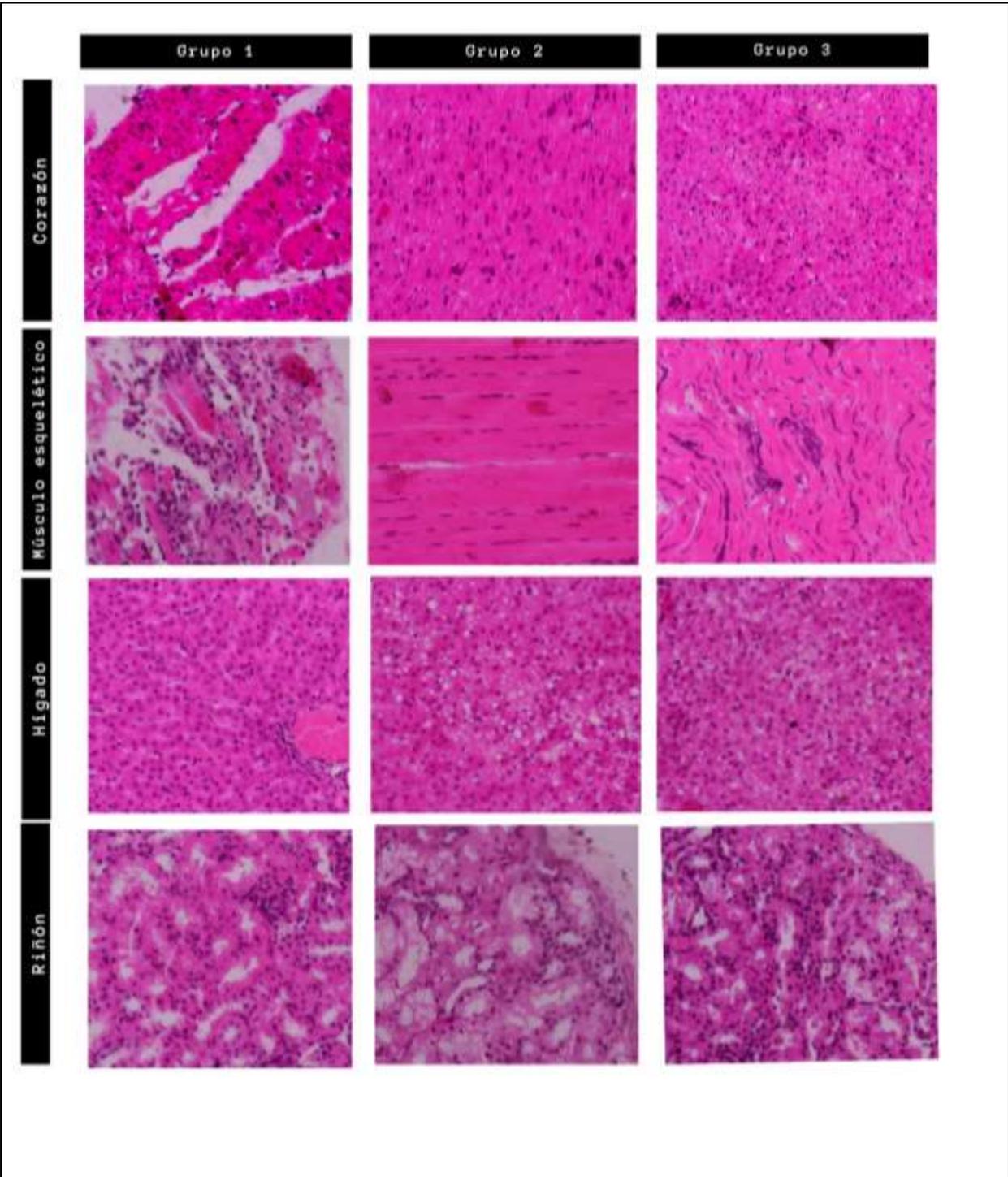


Figura 9. Lesiones histopatológicas

4. DISCUSIÓN

4.1 Registro de parámetros productivos

Las ganancias de los pesos corporales y ganancia diaria de peso incrementaron con el tiempo. Sin embargo, no hubo diferencias entre los tratamientos, otros estudios indican datos similares cuando los cabritos se dosificaron con selenito de sodio y lactate-protein selenium complex (Pechová et al., 2015). Asociado al consumo de leche, tampoco hubo diferencias entre los tratamientos. Aunque un reporte indica más consumo de leche en cabritos dosificados con selenito de sodio, quizás este efecto se asocie a un incremento de tioredoxin reductasa y T3 en el organismo (Chauhan et al., 2016).

4.2 Parámetros Post-mortem de los cabritos y calidad de carne

Peso de la canal caliente.

La vías de aplicación de Se no influyeron en el peso de la canal, otro estudio similar realizado en cabrito de 4 meses indicó que la levadura con Se no modificó las variables de la canal (Samo et al., 2018). En nuestro estudio la SeMe tampoco mejoró el rendimiento de la canal; quizás si la dosificación hubiera sido por más de 21d, pudiera observarse este efecto. El rendimiento de la canal en este estudio promedió 39.9%, el valor fue menor, comparado con los rendimientos obtenidos en cabritos de la raza Saanen (55%) (Pérez et al., 2001; De Palo et al., 2015); el efecto de la raza y una alimentación temprana en los neonatos con creep feeding influye en la mejora del rendimiento corporal que se presenta en razas lecheras.

Rendimiento de los componentes no cárnicos

No existe información en el rendimiento de componentes no cárnicos en cabritos neonatos de la raza Pastoreña. Los datos de este estudio resultaron ser diferentes a cabritos criollos de raza no descritas en el país de Chile que describe Pérez *et al.* (2001): Menor rendimiento de cabeza (8.24 vs. 10.25%), pulmones (1.51 vs. 2.11 %); similar rendimiento de patas (4.7 vs. 4.7%) y vísceras vacías (10.1 vs. 10.11%); mayor rendimiento en piel (8.4 vs. 7.02%). Por otro lado, un estudio realizado en corderos de

40 kg y dosificados con 0.25 ppm Se (Mahmood et al., 2018) se presentó menor rendimiento de patas (2.27 vs. 4.7 %) y cabeza (4.87 vs. 2.1%); así como, mayor rendimiento de piel (10.81 vs. 7.02%).

La fuerza de corte del músculo *Biceps femoris* entre los diferentes tratamientos fue similar. La fuerza necesaria para cortar el musculo, *Biceps femoris*, en nuestro estudio, fue menor a la reportada por otros autores (Das & Rajkumar, 2010). Otros estudios indican una fuerza de corte similar a este estudio, ejemplo en el *Longissimus dorsi* y *semimembranosus* de caprinos criollos de 13 meses (Sheridan et al 2003); en cabritos Boer de 28 días de edad (Pophiwa et al., 2017); en músculo de cabritos criollos y Boer (Freitas et al., 2011) y en cabritos sanen y Boer x Saanen. (Zurita-Herrera et al. 2011). La terneza se relaciona directamente con el pH, el contenido de colágeno en el músculo, la longitud del sarcómero, la pérdida a la cocción, la grasa entreverada y el grado de degradación de las proteínas musculares (Martínez, 2008); (N. Zhang et al., 2020). La terneza también es afectada por la edad al sacrificio. Los animales adultos presentan una carne menos tierna. Una terneza aceptable en la carne de las cabras es de ≤ 3.6 kg (Şen et al., 2020), en este caso se determinó la fuerza de corte en carne de razas autóctonas de Turquía y hubo una menor fuerza de corte en el músculo semitendinoso comparado con el *Longissimus dorsi* (Shija et al., 2013) indicando que una carne con una fuerza de corte por debajo de 40 N (4.08 Kg/cm²) de fuerza es considerada una carne tierna.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA de la carne de cabrito en nuestro estudio fue variable. La carne del tratamiento con SeMe fue más estable y la menor CRA la presentó el grupo testigo en la primera semana de estudio. Das y Rajkumar (2010) reportan que la carne cabritos criollos tienen una capacidad de retención de agua entre 22 y 24 %. Valores similares a los determinados en nuestro tratamiento con NaSe, y ligeramente inferiores a los de SeMe y testigo (excepto en el primer muestreo). Otros autores reportan una CRA de 76 a 79.5 % y de 81.5 a 83.5% (De Palo et al., 2015), valores que superan a los determinados en nuestro estudio.

pH de la canal caliente

El pH de la carne depende de la concentración de glucógeno en el músculo previo a la matanza, del estrés de transporte y durante la matanza. Animales que son estresados previo a la matanza consumen el glucógeno del musculo y la producción de ácido láctico es menor, por lo tanto, el pH de la carne no desciende. Esto trae como consecuencia carnes tipo ([oscuras, firmes y secas] dark, firm and dry) DFD. En las carnes tipo DFD el pH es \geq a 5.8 a las 24 h *post-mortem*. Una carne normal el pH es <5.8 (Viljoen et al., 2002), con un pH adecuado de 5.5 (Pophiwa et al., , 2017). En cabras varios autores han reportado variaciones en el pH, por ejemplo, en cabras indígenas el pH del músculo a una hora *post-mortem* registró valores de 6.39 y 6.47 (Popiwa et al., 2017) o de 6.57 a los 45 min *post-mortem* (Shija et al. 2013). Aunque al parecer el efecto del sexo no es indicativo de un cambio de pH entre las hembras y machos (6.3-6.4) (Teixeira et al 2011). Los valores de los pH determinados en nuestro estudio a 1 hora post-mortem fueron similares con los estudios señalados. En el animal vivo el pH del músculo es cercano a la neutralidad (7.1 a 7.3), después de que el animal muere, en el músculo se produce glucolisis anaerobia que reduce el pH por la producción de ácido láctico hasta tener un pH a 24h de ~ 5.5 . El pH ideal depende de diversos factores como, estrés *ante-mortem*, el músculo donde se determine, la temperatura de refrigeración.

Color

La carne de los cabritos, con NaSe, sacrificados a los siete días, presentó mayor luminosidad (L^* 51.24), posteriormente a los 21 días de medición las canales incrementaron la luminosidad y sin diferencias entre tratamientos. La carne de cabritos contiene buena cantidad de agua y tiende a ser pálida, en cabritos sacrificados entre 6 y 10 kg la calidad de la carne no hay diferencia por ser alimentados con leche (Bañón et al., 2006). Por otro lado, cabritos con canales de 4 kg tuvieron un índice de ΔL^* 49, y a mayor incremento en el peso de la canal el valor de ΔL^* fue menor (Teixeira et al., 2011) . En nuestro estudio se registraron valores de ΔL^* superiores de 40.95.

El parámetro Δa^* en la carne indica la intensidad de rojo. Se encontró efecto del tratamiento en la carne de los cabritos tratados con SeMe. Cabritos alimentados exclusivamente con leche tienen una carne más pálida comparada con aquellos que reciben concentrado en la ración (Santos *et al.*, 2019), una causa probable puede ser la deficiencia de hierro en la leche que ocasiona una menor síntesis de mioglobina. Otro efecto en el color de la carne son la concentración de mioglobina y el grado de oxidación de la misma (Martínez, 2008) ambos juegan un papel determinante, los antioxidantes como glutatión peroxidasa, superóxido dismutasa, CLA, catalasa (Purslow *et al.*, 2021); por otra parte, la intensidad de palidez en la carne también depende del espacio entre fibras musculares y el contenido de grasa entreverada. Teixeira *et al.* (2011) determinaron valores de 9.5 a 13.8 en intensidad de Δa^* en carne de cabritos, mientras Martínez *et al.* (2011) en cabritos Saanen x Alpino Francés determinaron 10.87 de rojo en cabritos ligeros y Sheridan *et al.* (2003) registraron valores de 12.1 a 12.8 para la intensidad de rojo. Todos estos parámetros son menores a los determinados en nuestro estudio, aunque otros trabajos reportan carnes más rojas con valores de Δa^* 18.4 a 18.8 (Ivanović *et al.* 2020; Popiwa *et al.* 2017).

El parámetro Δb^* en la carne indica la intensidad de azul a amarillo en la carne. El uso de suplemento de Se disminuyó la intensidad de Δb^* a la segunda semana y en la tercera semana de sacrificio, todas las carnes mostraron un valor bajo de Δb^* , otros estudios han reportado intensidades en Δb^* similares a las registradas en la primera semana de nuestro estudio (Ivanović *et al.* 2020), aunque en la semana 2 y 3 los valores estuvieron por debajo. Valores elevados de Δb^* también fueron registrados por otros autores (Sheridan *et al.* 2003; Popiwa *et al.*, 2017; Ryan *et al.*, 2007). Las carnes de los cabritos de nuestro estudio tendieron a ser poco amarillas.

4.3 Valor nutricional de la carne

Humedad

La humedad en la carne de los cabritos tratados SeMe fue menor en el día 21 comparados con el grupo testigo. La humedad de la carne de cabritos reportada por Das y Rajkumar (2010) se encuentra por debajo de lo determinado en nuestro estudio excepto para el día 21 donde la carne de cabras Jamunaparí presenta similar concentración de humedad a los tratamientos con Se en 70.13% (Shija et al., 2013), valores similares a nuestro estudio. En la carne de cabrito, alimentados con leche y reemplazo de leche, la humedad fue de 74.5 a 76.01 (De Palo et al., 2015), valores que coinciden con lo determinado en nuestro estudio. Concentraciones similares (Zhang et al., 2020) o con cantidades menores (51.7%, Samo et al., 2018) han sido reportadas cuando se suplementó Se orgánico.

Proteína

La carne de cabrito suplementada con SeMe tuvo la mayor concentración de proteína. Diversas investigaciones han determinado que la carne de cabras contiene más proteína que la de corderos (Kawęcka et al., 2022; Shija et al., 2013), en general la concentración de proteína en la carne de cabra se encuentra entre 19 y 23.5 % de proteína (Das & Rajkumar, 2010; De Palo et al., 2015; Freitas et al., 2011; Ivanović, S. Pavlović, M. Pavlović. I. Tasić, A. Janjić, J. Baltić, 2020; Kawęcka et al., 2022; S. Samo et al., 2018; Shija et al., 2013; N. Zhang et al., 2020). Samo *et al.* (S. Samo et al., 2018) indican que el uso de Se orgánico mejora la digestibilidad de la dieta y favorece la hipertrofia de las fibras musculares. En cabritos testigo se determinó mayor concentración de agua, esto podría explicar el bajo contenido de proteína en músculo.

Grasa

La carne de cabra es considerada una carne magra, la grasa en esta especie es de cobertura, perirrenal y/o se encuentra en omento. Diversos estudios reportan porcentajes de grasa en carne de cabras de 1.33 a 2.8% (Das & Rajkumar, 2010; De

Palo et al., 2015; Freitas et al., 2011; Ivanović, S. Pavlović, M. Pavlović. I. Tasić, A. Janjić, J. Baltić, 2020; Kawęcka et al., 2022; S. Samo et al., 2018; Shija et al., 2013; N. Zhang et al., 2020), en cabritos criados con leche determinaron 2.23% de grasa en carne (De Palo et al., 2015), este porcentaje coincide con lo determinado en nuestro estudio. Otros trabajos indican valores de 3.8 a 4.05% de grasa en cabras de razas lecheras (Ivanović, S. Pavlović, M. Pavlović. I. Tasić, A. Janjić, J. Baltić, 2020), estos son valores que superan a los determinados en nuestro estudio. La concentración de grasa en la carne varía entre razas caprinas, además, el contenido energético de la dieta influye en la deposición de reservas energéticas en adipocitos. El uso de Se en el organismo incrementa la concentración de glutatión peroxidasa que protege los lípidos del daño por los radicales libres (Suttle, 2010), es probable que la protección de los fosfolípidos favorezca la deposición en mayor proporción.

Cenizas

La concentración de cenizas en la carne de cabritos con SeMe se incrementó. Mientras que con el uso de NaSe y el grupo testigo disminuyó al día 21. Es probable que al incrementarse la concentración de proteína en el músculo del tratamiento con SeMe lo hizo también la proporción de nitrógeno en las cenizas del músculo. Mientras que en el tratamiento testigo al haber menos proteína en músculo también se redujo la proporción de N en cenizas. Además, el aumento en el contenido de grasa pudo favorecer la presencia de fósforo al incrementarse la proporción de fosfolípidos. Shija *et al.* (Shija et al., 2013) reportan 4.4% de cenizas en carne de caprinos. Kawęcka *et al.* (Kawęcka et al., 2022) determinaron 1.18 % de cenizas en *Biceps femoris* de cabritos que corresponden con los valores observados en nuestro estudio. Por su parte Samo *et al.* (2018) no encontraron diferencias en la concentración de cenizas al suplementar con Se orgánico.

4.4 Medición de selenio en tejidos

Sangre

El contenido promedio de Se en sangre completa va de 180 a 500 ng/mL (Youde, 2002) y, de 150 a 250 ng/mL (Pechova, Sevcikova, Pavlata, & Dvorak, 2012). Las concentraciones determinadas en este estudio están en los niveles normales. Los valores de Se en la primera semana de estudio disminuyeron, la causa pudo ser por efectos de estrés debido a que los cabritos se estaban adaptando al manejo en corrales, al destete, a la lactancia artificial; aunque también la disminución del Se en sangre pudo deberse a que el mineral se estuvo acumulando en tejidos de almacén como hígado y riñones, donde se observó un incremento de concentración (Xing et al., 2019). Estos autores citados observaron un pico de concentración de Se en sangre a las 0.42 h posteriores a la inyección con selenito de sodio y, a los 8 días post aplicación los niveles de Se en sangre descendieron por debajo de los 100 ng/mL, iniciando un proceso de eliminación del selenito de sodio a los 11 días.

Por otro lado, las fuentes orgánicas de Se se absorben mejor y se conservan por más tiempo en el organismo (Swanson, Patterson, & Taylor, 1991) causado por una recirculación entero hepática. En este sentido podemos observar que el uso de SeMe mejoró la concentración de Se en sangre y al día 21 presentó los valores más elevados (430.92 ng/g) respecto a los cabritos de NaSe y C. Cabe mencionar que otra de las razones por las que el Se puede estar más elevado con el uso de SeMe es que se administraba todos los días por vía oral, lo que favorecía su absorción, su disponibilidad y presencia en el organismo. Por otro lado, el selenito de sodio inyectable solo se administró en una aplicación y como indican Xin *et al.* (2019) su eliminación inicia a los 11 días post inyección. Además, debe considerarse que la leche contenía un mínimo recomendable de Se (0.135 ppm) que alimentaban y aumentaban la disponibilidad de Se.

Los valores determinados en este estudio son superiores a los determinados por varios autores (Rodríguez Latorre, Flores Olivares, & Luján Fernández, 2021),

Sobiech y Żarkcińska, (Sobiech & Żarczyńska, 2020), Ramírez-Bribiesca *et al.*, (Ramirez-Bribiesca, J. Efren, Tortora J.L., Huerta M., Aguirre A., 2001), Rammell *et al.*, (Rammell, Thompson, Bentley, & Gibbons, 1989), Vorobyov *et al.*, (Vorobyov, Vorobyov, Polkovnichenko, & Safonov, 2019), Pechová *et al.* (Pechová, Antošová, Pavlata, & Podhorský, 2015) quienes encontraron evidencias claras de DMN y deficiencia de selenio. Los resultados de nuestro estudio son superiores a lo determinado en cabras suplementadas con 0.2 y 0.4 ppm de Se a 30 días de estudio y, inferiores a lo determinado a 60 y 120 días (L. Zhang et al., 2018). Además, son similares a lo determinado en cabritos neonatos (Mccomb et al., 2010), ya que la concentración de Se depende directamente de la transferencia placentaria y del contenido en calostro y leche.

Hígado

Los valores de referencia para Se son de 250 a 1500 ng/g en hígado de ovinos (Tiwary, Stegelmeier, Panter, James, & Hall, 2006). En este contexto, la concentración de Se en hígado de los cabritos se encuentra en concentraciones bajas, pero dentro de lo normal. Ghany-Hefnawy *et al.*, (Ghany-Hefnawy, López-Arellano, Revilla-Vázquez, Ramírez-Bribiesca, & Tórtora-Pérez, 2007) determinaron niveles de Se en hígado de fetos de cabritos al final de la gestación de 590.2 ng/g. que se corresponden a lo determinado en nuestro primer muestreo con suplementación orgánica e inorgánica de Se.

En cabritos la deficiencia de Se (Rammell et al., 1989) indica niveles de 4.026 a 29.215 ng/g de hígado, aunque se han reportados valores de 320 ng/g en cabras (Vorobyov et al., 2019). Los resultados de este estudio son superiores a los determinados en cabras en lactancia suplementadas con 0.2 y 0.4 ppm de Se (Zhang et al., 2018). En cabras adultas el Se forma complejos orgánicos o es incorporado en los aminoácidos de los microorganismos ruminales que reducen su disponibilidad (Suttle, 2010). Sin embargo, es probable que un rumen no desarrollado y la gotera esofágica favorezcan la disponibilidad de Se en intestino en cabritos lactantes.

Riñón

La concentración de Se determinada en riñón (excepto selenometionina en el día 21) se encuentran por debajo del valor normal (900 a 3000 ng/g en la corteza renal) reportado para ovinos (Tiwary et al., 2006). El uso de SeMe durante la lactancia favoreció la acumulación de selenio en la corteza renal y fue el tratamiento que mejoró significativamente la acumulación de Se, en este tejido, para alcanzar valores normales, aunque bajos. El riñón juega un papel importante en el metabolismo y excreción de Se en los animales (Zhang et al., 2018). Por el contrario, la concentración de Se en la leche (0.135 ppm) no fue suficiente para incrementar las reservas en hígado y riñón (Grupo C). En cabras adultas (Vorobyov et al., 2019) se han reportado 510 ng de Se/g de riñón, en riñón de fetos del final de la gestación se encontraron 169.6 ng/g, estos autores reportan una menor concentración de Se en riñón del feto al final de la gestación comparada con la concentración en hígado, quizá debida a una baja función renal del feto. Otro estudio indica concentraciones en riñón de cabritos de 933.2 a 1058.1 ng/g (Pechová et al., 2015) valores similares a los encontrados en nuestro estudio. En nuestro estudio se registraron valores más altos en riñón que en hígado.

Corazón

La concentración mínima de Se en músculo cardiaco para indicar deficiencia son 23 ng/g de músculo (Suttle, 2010). En borregos con distrofia muscular nutricional (Rammell et al., 1989) se reportó en promedio 23.28 (13.42-47.37) ng/g de miocardio; mientras que, en borregos sin distrofia muscular nutricional el nivel fue de 71.85 ng/g (29.21-560.54 ng/g) de miocardio. En nuestro estudio se presentaron lesiones cardiacas (degeneración muscular multifocal) en un cabrito del tratamiento con SeMe el cual presentó una concentración de Se en miocardio de 99.79 ng/g en base húmeda. Aunque la concentración de Se en tejido cardiaco se considera normal, la lesión se determinó en la primera semana de tratamiento por lo que las lesiones pudieron presentarse desde antes de iniciar el experimento. Tiwary *et al.* (2006) determinaron concentraciones de Se similares a las de nuestro estudio cuando suplementaron 1 y 2

ppm de selenito de sodio; por otra parte, cuando utilizaron SeMe los valores de nuestro estudio fueron inferiores. Los tejidos que mayormente acumulan Se son: hígado, riñón, páncreas, y en menor grado, miocardio y músculo estriado (Suttle, 2010).

Músculo

El músculo estriado es el tejido donde se almacena poco Se (Rammell *et al.*, 1989). En músculo de ovejas sin DMN Rammell *et al.* (1989) determinaron concentraciones promedio de 26.48 ng/g y un rango de 11.05 a 70.27 ng/g. Por otro lado, cuando se presentó DMN en músculo se determinó una concentración de 12.63 ng/g y un rango de 4.02 a 29.21 ng/g. Aunque en cabras de 3 años de edad, las concentraciones pueden ser de 20 ng de Se/g de músculo (Vorobyov *et al.*, 2019), en ovinos pueden ser desde 314 ng de Se/g hasta 583 ng/g en animales intoxicados con selenito de sodio (Lopez-Arellano *et al.*, 2015). Nuestros resultados coinciden con lo determinado por López-Arellano *et al.* (2015), y superan a lo determinado por otros autores (Vorobyov *et al.*, 2019; Pechová *et al.*, 2015; Rammell *et al.*, 1989).

4.5 Análisis histopatológico

Músculo

En músculo se determinaron tres grados de lesión: leve degeneración muscular (A), degeneración muscular leve a moderada (B) y fragmentación de las fibras musculares (C). La producción de especies reactivas de oxígeno en las mitocondrias son la principal fuente de radicales libres que dañan ADN, fosfolípidos de las membranas celulares y fibras musculares. Los antioxidantes como la familia glutatión peroxidasa, tiorredoxina reductasa, entre otras; favorecen la reducción de ROS en agua y así proteger a las células del daño oxidativo. Sobiech y Żarczyńska (2020) indican que la regeneración muscular se puede realizar en 2 días posteriores a la lesión, donde al remover el tejido dañado se presenta infiltración de células fagocíticas. Micheloud *et al.* (Micheloud *et al.*, 2018) reportan en corderos con distrofia muscular nutricional (DMN): pérdida de la estriación muscular, destrucción segmentaria, moderado

infiltrado macrofágico multifocal; y en los tejidos evaluados diferentes grados de severidad de las lesiones. Las lesiones concuerdan con lo determinado en nuestro estudio y difieren en que ellos determinaron calcificaciones y núcleos celulares grandes y pleomórficos. Żarczyńska *et al.* (2019) reportan en bovinos con DMN: pérdida de la continuidad del sarcómero, degeneración hialina o de Zenker, infiltración fagocítica, áreas necróticas en músculo, y células miogénicas. La presencia de calcificaciones en el tejido indica que el proceso de DMN es crónico (Żarczyńska, *et al.*, 2019). En nuestro estudio no se observaron calcificaciones esto podría indicar que las lesiones eran recientes.

Hígado

En hígado de los cabritos se determinaron lesiones como: congestión multifocal leve, infiltrado mononuclear, leve infiltrado peri vascular mononuclear sin y con necrosis hepática. Las lesiones anteriores coinciden con lo determinado por Beytut *et al.* (2002) en corderos con deficiencia de Se. Burk *et al.* (1995) demostraron que los radicales libres en exceso en hígado de ratas ocasiona necrosis cuando hay deficiencia de Se, además demostraron que el efecto protector de los antioxidantes se correlacionó con el aumento de selenoproteína (Beytut *et al.*, 2002) indicando que los corderos con deficiencia de Se tenían una concentración de este elemento en hígado de alrededor de 350 ng/g, esta concentración fue similar con lo determinado en los cabritos del grupo testigo de nuestro estudio. El infiltrado mononuclear se puede asociar con células fagocíticas que están iniciando la reparación del tejido hepático dañado.

Riñón

Al igual que en hígado un exceso de radicales libres ocasiona necrosis en riñón en caso de selenodeficiencia (Burk *et al.*, 1995). La selenodeficiencia en riñón reprime la expresión de genes de glutatión peroxidasa y tiorredoxina reductasa (Akahoshi *et al.* 2019) por lo tanto, los radicales libres ocasionan daño en DNA, lípidos y células renales. En caprinos con selenodeficiencia, se ha reportado congestión renal e infiltrado proteico en el espacio de Bowman (Ross *et al.* 1989). En nuestro estudio se

presentó mayor grado de lesión en los cabritos tratados con selenometionina, en el riñón se pudo observar una leve a moderada degeneración tubular.

Corazón

En miocardio únicamente un cabrito presentó degeneración muscular multifocal sin infiltrado mononuclear. Macroscópicamente el corazón presentó: hidropericardio, flacidez muscular y líneas blanquecinas delgadas. Las lesiones se presentaron a siete días de iniciado el tratamiento con selenometionina. Sobiech y Źarczyńska (2020) indican que la regeneración muscular puede iniciar en dos días posteriores a la lesión, donde al remover el tejido dañado se presenta infiltración de células fagocíticas. Sin embargo, un exceso de ROS ocasiona pérdida de la función de los mioblastos y a mayor concentración de ROS ocasiona muerte de las células del mioblasto (Lian, D. Chen, M. M. Wu, H. Deng, S. Hu, 2022). La degeneración muscular en miocardio se presenta en cabritos neonatos donde las cabras tienen poca disponibilidad de Se (<0.01 ppm) y vitamina E, por lo tanto, tienen disminuida la capacidad para sintetizar antioxidantes como la familia de glutatión peroxidasa. En el cabrito con daño en el miocardio no se encontró degeneración de Zenker, ni necrosis muscular a diferencia de lo reportado por Tharwat *et al.* (Tharwat, Al-Sobayil, & El-Sayed, 2013). Micheloud *et al.*, (2018) reportan lesiones moderadas y severas en tejido cardíaco caracterizadas por destrucción de segmentos musculares y pérdida de estriado. La debilidad muscular en corazón puede ocasionar muerte súbita en cabritos y en casos de deficiencia severa de Se en el rebaño pueden morir hasta el 66% de los cabritos neonatos (Ramirez-Bribiesca, J. Efren, Tortora J.L., Huerta M., Aguirre A., 2001).

5. CONCLUSIONES

El Se transferido a través de la leche en cabritos Pastoreños de la mixteca de Oaxaca no es suficiente para evitar la distrofia muscular nutricional. Se presentaron lesiones macroscópicas e histopatológicas asociadas a enfermedad de músculo blanco en los cabritos neonatos. La dosis de 0.25 mg/kg de selenito de sodio subcutánea no fue suficiente para alcanzar el nivel normal de Se en hígado y riñón de cabritos suplementados, aunque el Se por vía parenteral favorece el incremento del mineral en el músculo y corazón con menor tiempo que la fuente orgánica. El Se orgánico se acumuló de forma mayor y a mayor velocidad en hígado y riñón comparada con la fuente inorgánica. La concentración de Se (0.135 ppm) en leche no es suficiente para evitar deficiencias en cabritos lactantes. Así mismo, el uso de Se mejoró la conversión alimenticia en cabritos alimentados exclusivamente a base de leche. El uso de SeMe favoreció la concentración de proteína en el músculo. La carne, hígado y riñones de cabrito suplementada con Se aportan una cantidad importante de este elemento para consumo humano. Es necesario evaluar el uso de una segunda dosis de Se inyectable para alcanzar el nivel óptimo en hígado y riñón de cabritos en desarrollo. Además, es necesario evaluar el efecto del selenito de sodio en el sitio de administración.

6. LITERATURA CONSULTADA

- Bañón, S. Vila, R. Price, A. Ferrandini, E. Garrido, M. D. (2006). Effects of goat milk or milk replacer diet on meat quality and fat composition of suckling goat kids. *Meat Science*, 72(2), 216–221. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.004>
- Beytut, E. Karatas, F. Beytut, E. (2002). Lambs with White Muscle Disease and Selenium Content of Soil and Meadow Hay in the Region of Kars , Turkey. Short Communication. *The Veterinary Journal*, 163, 1–4. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2001.0652>
- Burk, R. F., Hill, K. E., Awad, J. A., Morrow, J. D., Kato, T., Cockell, K. A., & Lyons, P. R. (1995). Pathogenesis of diquat-induced liver necrosis in selenium-deficient rats: Assessment of the roles of lipid peroxidation and selenoprotein P. *Hepatology*, 21(2), 561–569. [https://doi.org/10.1016/0270-9139\(95\)90120-5](https://doi.org/10.1016/0270-9139(95)90120-5)
- Chauhan, S. S., Ponnampalam, E. N., Celi, P., Hopkins, D. L., Leury, B. J., & Dunshea, F. R. (2016). High dietary vitamin E and selenium improves feed intake and weight gain of finisher lambs and maintains redox homeostasis under hot conditions. *Small Ruminant Research*, 137, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.02.011>
- Das, A. K., & Rajkumar, V. (2010). Comparative study on carcass characteristics and meat quality of. *Indian Journal of Animal Science*, 80(10), 1014–1018.
- De Palo, P., Maggiolino, A., Centoducati, N., & Tateo, A. (2015). Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids. *Small Ruminant Research*, 131, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.09.001>
- Freitas, H. S., Alcalde, C. R., Lima, L. S. De, De, F., Macedo, A. F. De, Macedo, V. D. P., ... Molina, D. L. (2011). Quantitative characteristics of carcass and meat quality of $\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{4}$ Saanen and Saanen goat kids fed diets with dry yeast. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(3), 630–638. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000300023>
- Ghany-Hefnawy, A. El, 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 Ruminant Research*, 73(1–3), 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.01.020>
- Gupta, U. C., & Gupta, S. C. (2000). Selenium in soils and crops , its deficiencies in livestock and humans : Implications for management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31(11–14), 1791–1807. <https://doi.org/10.1080/00103620009370538>

- Ivanović, S. Pavlović, M. Pavlović. I. Tasić, A. Janjić, J. Baltić, M. Z. (2020). Influence of breed on selected quality parameters of fresh goat meat. *Archives Animal Breeding*, 63, 219–229. Retrieved from <https://doi.org/10.5194/aab-63-219-2020>
- Kawęcka, A., Sikora, J., Gaşior, R., Puchala, M., & Wojtyca, K. (2022). Comparison of carcass and meat quality traits of the native Polish Heath lambs and the Carpathian kids. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 109–117. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2040514>
- Leal, GJ. Jiménez, R. (2015). La capacidad de retención de agua (CRA) de la carne de bovino y posibles genes candidatos. *Departamento de Ciencias de Producción Animal. FMVZ Universidad Nacional de Colombia. Bogotá*, 1–15. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3693.0402>
- Lian, D. Chen, M. M. Wu, H. Deng, S. Hu, X. (2022). The Role of Oxidative Stress in Skeletal Muscle Myogenesis and Muscle Disease. *Antioxidants*, 11(4), 755. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/antiox11040755>
- Lopez-Arellano, R., Ramirez-Bribiesca, J. E., Jaimes-Miranda, J., Tortora-Perez, J. L., Revilla-Vazquez, A. L., Rodriguez-Patiño, G., & Montañó-Gomez, M. F. (2015). Pathophysiological response to experimental oral overdose of different forms of selenium in lambs. *Annals of Animal Science*, 15(3), 655–666. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0016>
- Mahan, DC. Cline, TR. Richert, B. (1999). Effects of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing-finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics, and loin quality. *Journal of Animal Science*, 77(8), 2172–2179. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/1999.7782172x>
- Martínez, M. A. L. (2008). Nutrición y calidad de la carne de los rumiantes - Nutrition and quality of meat from ruminant animals. *Revista Electronica Veterinaria*, 9(10), 1–21.
- Mccomb, T., Bischoff, K., Thompson, B., Smith, M. C., Mohammed, H. O., Ebel, J., & Hillebrandt, J. (2010). *An investigation of blood selenium concentrations of goats in New York State*. 701, 696–701.
- Mellado, Miguel; Foote, R.H.; and de Tellitu, J. N. (1991). Effects of age and season on mortality of goats due to infections and malnutrition in northeast Mexico. *Small Ruminant Research*, 6(1–2), 159–166. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0921-4488\(91\)90019-M](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0921-4488(91)90019-M)
- Mellado, M., Gaytán, L., Rodríguez, A., Macías-cruz, U., & Avendaño-reyes, L. (2014). NUTRITIVE CONTENT OF ABORTED AND NON-ABORTED GOAT DIETS ON RANGELAND. *Veterinarija Ir Zootehnika (Vet. Med. Zoot.)*, 67(89).

- Micheloud, J. F., Araoz, V., Delgado, F. O., Colque-caro, L. A., Rosa, D. E., & Mattioli, G. A. (2018). Distrofia muscular nutricional en corderos de raza Dorper en el Noroeste Argentino. *Rev. Med. Vet. (B. Aires)*, *99*(2), 13–16.
- NRC. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants sheep, goats, cervids and new world camelids* (First). Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Ortman, K. Pehrson, B. (1999). Effect of selenate as a feed supplement to dairy cows in comparison to selenite and selenium yeast. *Journal of Animal Science*, *77*(12), 3365–3370. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/1999.77123365x>
- Osman, M. Latshaw, J. (1976). Biological potency of selenium from sodium selenite, selenomethionine and selenocystine in the chick. *Poultry Science*, *55*, 987–994.
- Pechová, A., Antošová, L., Pavlata, L., & Podhorský, A. (2015). Effect of sodium selenite or lactate-protein selenium complex supplementation on selenium status in goat kids. *Czech Journal of Animal Science*, *60*(1), 16–24. <https://doi.org/10.17221/7907-CJAS>
- Pechova, A., Sevcikova, L., Pavlata, L., & Dvorak, R. (2012). The effect of various forms of selenium supplied to pregnant goats on selected blood parameters and on the concentration of Se in urine and blood of kids at the time of weaning. *Veterinari Medicina*, *57*(8), 394–403. <https://doi.org/10.17221/6307-VETMED>
- Pérez, P. Maino, M. Morales, M. S. Soto, A. (2001). Effect of goat milk and milk substitutes and sex on productive parameters and carcass composition of Creole kids. *Small Ruminant Research*, *42*(1), 87–94. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00233-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00233-4)
- Pophiwa, P. Webb, E C. Frylinck, L. (2017). Carcass and meat quality of Boer and indigenous goats of South Africa under delayed chilling conditions. *South African Journal of Animal Science*, *47*(6), 794–803. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v47i6.7>
- Purslow, P. P., Gagaoua, M., & Warner, R. D. (2021). Insights on meat quality from combining traditional studies and proteomics. *Meat Science*, *174*, 108423. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108423>
- Ramirez-Bribiesca, J. Efren, Tortora J.L., Huerta M., Aguirre A., and H. L. M. (2001). Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican plateau. *Small Ruminant Research*, *41*, 81–85. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00188-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00188-2)
- Rammell, C. G., Thompson, K. G., Bentley, G. R., & Gibbons, M. W. (1989). Selenium, vitamin e and polyunsaturated fatty acid concentrations in goat kids with and without nutritional myodegeneration. *New Zealand Veterinary Journal*, *37*(1), 4–6. <https://doi.org/10.1080/00480169.1989.35536>

- Rodríguez Latorre, C. A., Flores Olivares, C. A., & Luján Fernández, E. (2021). Determinación de selenio en caprinos de la localidad de Peldehue, en la región metropolitana de Santiago de Chile. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(42), 51–57. <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss42.6>
- Ryan, S. M., Unruh, J. A., Corrigan, M. E., Drouillard, J. S., & Seyfert, M. (2007). *Effects of concentrate level on carcass traits of Boer crossbred goats*. 73, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.11.004>
- Samo, S., Malhi, M., & Gadahi, J. Lei, Y. Kaciwal, A B. Soomro, S. A. (2018). Effect of Organic Selenium Supplementation in Diet on Gastrointestinal Tract Performance. *Pakistan J. Zool.*, 50(3), 995–1003. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.995.1003>
- Samo, S. P., Malhi, M., Kachiwal, A. B., Gadahi, J. A., & Parveen, F. (2020). Supranutritional selenium level minimizes high concentrate diet-induced epithelial injury by alleviating oxidative stress and apoptosis in colon of goat. *BMC Veterinary Research*, 16(462), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02653-4>
- Şen, U. Şirin, E. Filik, G. Soidan, E. (2020). The effect of breed on instrumental meat quality traits of weaning kids from Turkish indigenous goat breeds Breed effect on kid meat quality. *Large Animal Review*, 26(1).
- Sheppard, A. D., Blom, L., & Grant, A. B. (2011). Levels of selenium in blood and tissues associated with some selenium deficiency diseases in New Zealand sheep Levels of selenium in blood and tissues associated with some. *New Zealand Veterinary Journal*, 32(6), 91–95. <https://doi.org/10.1080/00480169.1984.35076>
- Sheridan, R., Hoffman, L. C., & Ferreira, A. V. (2003). Meat quality of Boer goat kids and Mutton Merino lambs 2. Sensory meat evaluation. *Animal Science*, 76(1), 73–79. <https://doi.org/10.1017/s1357729800053339>
- Shija, D. S., Mtenga, L. A., Kimambo, A. E., Laswai, G. H., Mushi, D. E., Mgheni, D. M., ... Safari, J. G. (2013). Chemical Composition and Meat Quality Attributes of Indigenous Sheep and Goats from Traditional Production System in Tanzania. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(2), 295–302. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12432>
- Singh, D. D. Pawaiya, R. V. S., & Gururaj, K. Gangwar, N. Mishra, A.K. Singh, R. Andani, D. Kumar, A. (2018). Detection of Clostridium perfringens toxinotypes , enteropathogenic E . coli , rota and corona viruses in the intestine of neonatal goat kids by molecular techniques and corona viruses in the intestine of neonatal goat kids by molecular techniques. *Indian Journal of Animal Science*, 88(6), 655–661.

- Sobiech, P., & Źarczyńska, K. (2020). The influence of selenium deficiency on chosen biochemical parameters and histopathological changes in muscles of goat kids. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 23(2), 267–279.
<https://doi.org/10.24425/pjvs.2020.133642>
- Spears, J. W. (2003). Comparative Trace Element Nutrition Trace Mineral Bioavailability in Ruminants. *J. Nutr.*, 133(11), 1506S-1509S. Retrieved from <https://academic.oup.com/jn/article/133/5/1506S/4558538>
- Surai, P. F., & Fisinin, V. I. (2016). Selenium in sow nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 18–30.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.11.006>
- Suttle, N. F. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock* (4th ed.). UK: CABI.
- Swanson, A., Patterson, H., & Taylor, R. (1991). *a Kinetic Model " 2 Metabolism : (March)*.
- Swarnkar, C. P., Prince, L. L. L., & Sonawane, G. G. (2018). Wind chill index and neonatal lamb mortality at an organized farm in semi-arid Rajasthan. *Biological Rhythm Research*, 1016, 1–10.
<https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1427599>
- Taylor, JB. Marchello, MJ. Finley JW. Neville, TL. Combs, G. C. J. (2008). Nutritive value and display-life attributes of selenium-enriched beef-muscle foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 183–186.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.08.001>
- Teixeira, A. Jimenez-Badillo, M. R. Rodrigues, S. (2011). Effect of sex and carcass weight oh carcass traits and meat quality in goat kids of Cabrito Transmontano. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(3), 7753–7760.
- Tharwat, M., Al-Sobayil, F., & El-Sayed, M. (2013). Cardiac troponin i in healthy newborn goat kids and in goat kids with cardiac nutritional muscular dystrophy. *Acta Veterinaria Hungarica*, 61(4), 442–453.
<https://doi.org/10.1556/AVet.2013.041>
- Tiwary, A. K., Stegelmeier, B. L., Panter, K. E., James, L. F., & Hall, J. O. (2006). Comparative toxicosis of sodium selenite and selenomethionine in lambs. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 18(1), 61–70.
<https://doi.org/10.1177/104063870601800108>
- Viljoen, H. F., Kock, H. L. De, & Webb, E. C. (2002). Consumer acceptability of dark , firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science*, 61(2), 181–185. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00183-8)
- Vorobyov, V., Vorobyov, D., Polkovnichenko, P., & Safonov, V. (2019). Evaluation of hematological and metabolic parameters in small ruminants with trace

- elements deficiency under different biogeochemical conditions. *World's Veterinary Journal*, *9*(4), 311–316. <https://doi.org/10.36380/scil.2019.wvj39>
- Xing, H., Zheng, S., Zhang, Z., Zhu, F., Xue, H., & Xu, S. (2019). Pharmacokinetics of Selenium in Healthy Piglets After Different Routes of Administration: Application of Pharmacokinetic Data to the Risk Assessment of Selenium. *Biological Trace Element Research*, *191*(2), 403–411. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-1644-7>
- Youde, H. (2002). An experimental study on the treatment and prevention of Shimao zheng (fleece-eating) in sheep and goats in the Haizi area of Akesai county in China. *Veterinary Research Communications*, *26*(1), 39–48. <https://doi.org/10.1023/A:1013353604974>
- Yumusak, N., Yigin, A., Polat, P. F., Hitit, M., & Yilmaz, R. (2018). *Expression of ADAMTS-7 in myocardial dystrophy associated with white muscle disease in lambs*. *21*(1), 119–126. <https://doi.org/10.24425/119029>
- Żarczyńska, K., Babińska, I., Snarska, A., Sobiech, P. (2019). LEVELS OF SELENIUM AND VITAMIN E IN THE BLOOD AND MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE BICEPS FEMORIS MUSCLE DURING NUTRITIONAL MUSCULAR DYSTROPHY OF CALVES. *Journal of Elementology*, *24*(4), 1363–1370. <https://doi.org/10.5601/jelem.2019.24.1.1768>
- Zhang, L., Liu, X. R., Liu, J. Z., An, X. P., Zhou, Z. Q., Cao, B. Y., & Song, Y. X. (2018). Supplemented Organic and Inorganic Selenium Affects Milk Performance and Selenium Concentration in Milk and Tissues in the Guanzhong Dairy Goat. *Biological Trace Element Research*, *183*(2), 254–260. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1112-1>
- Zhang, N., Teng, Z., Qi, Q., Hu, G., Lian, H., & Gao, T. (2020). Carcass traits , meat quality characteristics , and lipid metabolism-related gene expression pattern of Yaoshan white goats raised in traditional extensive production system : Effects of slaughter age and meat cuts. *Small Ruminant Research*, *182*(15), 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.11.004>