

# Desempeño productivo, nutricional y metabólico de hembras ovinas múltiparas recibiendo suplementación mineral inyectable

## Productive, nutritional, and metabolic performance of multiparous female sheep receiving injectable mineral supplementation

David Esteban Contreras Marquez <sup>1,3</sup>, Beatriz Regina Rossari Rosa <sup>2,4</sup>, Diego Esteban Pico Abril <sup>1,5</sup>, Santiago Acosta Pinto <sup>1,6</sup>, José Andrés Tabla Rojas <sup>1,7</sup>, Karen Patricia Montoya Andrade <sup>1,8</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Colombia. <sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas. Pouso Alegre, Minas Gerais, Brasil. <sup>3</sup>✉ [decontreras@ucundinamarca.edu.co](mailto:decontreras@ucundinamarca.edu.co); <sup>4</sup>✉ [beatriz.rosa@alunos.ifsuldeminas.edu.br](mailto:beatriz.rosa@alunos.ifsuldeminas.edu.br); <sup>5</sup>✉ [depico@ucundinamarca.edu.co](mailto:depico@ucundinamarca.edu.co); <sup>6</sup>✉ [santiagoacosta@ucundinamarca.edu.co](mailto:santiagoacosta@ucundinamarca.edu.co); <sup>7</sup>✉ [jtabla@ucundinamarca.edu.co](mailto:jtabla@ucundinamarca.edu.co); <sup>8</sup>✉ [kmontoya@ucundinamarca.edu.co](mailto:kmontoya@ucundinamarca.edu.co)



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n4.113596>

2023 | 72-4 p 361-367 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2024-03-19 Acep.: 2024-09-25

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la suplementación mineral por vía intramuscular en el desempeño productivo, nutricional y metabólico de hembras ovinas. Dieciocho animales con peso promedio de 48.61 kg fueron divididos en dos tratamientos (n = 9): sin suplementación mineral (SSM) y con suplementación mineral (CSM). Los animales se mantuvieron estabulados durante 62 días y fueron pesados tras un ayuno de 12 horas al inicio y final de la investigación para determinar la ganancia media diaria (GMD). El suplemento mineral con selenio (Se), calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) fue aplicado en el tratamiento CSM en dosis de 3 mL/100 kg de peso vivo (PV). En la mitad de la investigación se recolectó sangre de los animales por venopunción yugular para determinar la concentración de macrominerales (Ca, P, Mg) y metabolitos relacionados con el metabolismo energético y proteico. Durante el periodo experimental, todos los animales recibieron diariamente heno *ad libitum*, más 290 g de un suplemento formulado para aportar 30.76 % de proteína bruta (PB)/materia seca (MS). Un ensayo digestivo fue realizado en la mitad del periodo de investigación para determinar el consumo y digestibilidad de los nutrientes. Los tratamientos CSM y SSM no presentaron diferencias para GMD (70.79 g vs. 58.24 g), conversión alimentaria (CA) (36.30 g/g vs. 37.43 g/g), digestibilidad de la materia seca (DMS) (76.44 % vs. 71.69 %), digestibilidad de la materia orgánica (DMO) (79.85 % vs. 74.75 %) y digestibilidad de la fibra detergente neutra (DFDN) (81.33 % vs. 75.82 %), respectivamente ( $p > 0.05$ ). Los animales SSM presentaron mayor consumo de materia seca (CMS) (1.25 kg vs. 1.22 kg), mayor consumo de materia orgánica (CMO) (1.17 kg vs. 1.15 kg) y mayor consumo de fibra detergente neutra (CFDN) (0.836 kg vs. 0.817 kg) ( $p < 0.001$ ). La suplementación mineral por vía intramuscular no mejoró el desempeño productivo, nutricional y metabólico de hembras ovinas no gestantes ni lactantes.

**Palabras claves:** energía, minerales, metabolismo, proteína, rumiantes.

### Abstract

The objective of this research was to determine the effect of mineral supplementation by intramuscular route on the productive, nutritional, and metabolic performance of female sheep. Eighteen animals with an average weight of 48.61 kg were divided into two treatments (n = 9): without mineral supplementation (SSM), and with mineral supplementation (CSM). The animals were stabled for 62 days and weighed after a 12-hour fast at the beginning and end of the research to determine the average daily gain (ADG). The mineral supplement with selenium (Se), calcium (Ca), phosphorus (P), and magnesium (Mg) was applied in the CSM treatment at a dose of 3 mL/100 kg of live weight (LW). Halfway through the research, blood was collected by jugular venipuncture to determine the concentration of macrominerals (Ca, P, Mg), and metabolites related to energy and protein metabolism. During the experimental period, all animals received daily hay *ad libitum* plus 290 g of a supplement formulated to provide 30.76 % of crude protein (CP)/dry matter (DM). A digestive assay was performed halfway through the research period to determine nutrient intake and digestibility. Treatments CSM and SSM did not show differences for ADG (70.79 g vs. 58.24 g), feed conversion (CA) (36.30 g/g vs. 37.43 g/g), dry matter digestibility (DMS) (76.44 % vs. 71.69 %), organic matter digestibility (OMD) (79.85 % vs. 74.75 %), and neutral detergent fiber digestibility (NDF) (81.33 % vs. 75.82 %), respectively ( $p > 0.05$ ). SSM animals had a higher dry matter intake (DMI) (1.25 kg vs. 1.22 kg), higher organic matter intake (OMI) (1.17 kg vs. 1.15 kg) and higher neutral detergent fiber (NDF) intake (0.836 kg vs. 0.817 kg) ( $p < 0.001$ ). Intramuscular mineral supplementation did not improve the productive, nutritional, and metabolic performance of non-pregnant and non-lactating sheep.

**Keywords:** energy, minerals, metabolism, protein, ruminants.

## Introducción

El suministro de sales mineralizadas en animales debe verse como una estrategia de suplementación que tenga como objetivo aportar las cantidades de cada macro y micromineral deficiente en la dieta. Dicha deficiencia debe ser calculada por la diferencia entre los requerimientos minerales de los animales en cada una de las etapas productivas (Costa *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2016) y el aporte de minerales de la dieta basal. La no aplicación de suplementación mineral estratégica podría generar deficiencias o excesos de estos compuestos nutricionales, estimulando cambios en el metabolismo o posibles manifestaciones patológicas que alteren el desempeño productivo (Wang *et al.*, 2023).

El uso de sales mineralizadas comerciales no siempre se presenta como una suplementación estratégica toda vez que se realiza desconociendo las deficiencias de minerales en la dieta ingerida por los animales (Stewart *et al.*, 2021), siendo necesaria en la mayoría de los sistemas productivos la aplicación vía parenteral de minerales que probablemente podrían estar en déficit o exceso en la dieta (Ahmed *et al.*, 2021). Es importante realizar estudios que determinen el verdadero efecto de la aplicación parenteral de minerales en animales que reciben sales mineralizadas como parte de la dieta total ingerida (González-Reyna *et al.*, 2016).

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de la suplementación mineral por vía intramuscular en el desempeño productivo, nutricional y metabólico de hembras ovinas multíparas no gestantes ni lactantes.

## Materiales y métodos

### Local, delineamiento experimental y dieta

Este trabajo de investigación tuvo una duración de 62 días y se realizó en la unidad agroambiental “La Esperanza” de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, Colombia. Se utilizaron 18 hembras ovinas multíparas no gestantes ni lactantes de las razas Dorper ( $n = 9$ ) y Katahdin ( $n = 9$ ), con edad promedio de 5 años y peso promedio de 48.61 kg. Todos los animales fueron mantenidos en estabulación respetando una densidad de 2 m<sup>2</sup>/animal, en cubículos individuales para cada animal, provistos de comederos, saladeros y bebederos.

El delineamiento experimental utilizado fue completamente al azar con dos tratamientos: sin suplementación mineral inyectable (SSM) (cinco hembras Dorper y cuatro hembras Katahdin) y con suplementación mineral inyectable (CSM) (cinco hembras Katahdin y cuatro hembras Dorper), y nueve repeticiones por tratamiento ( $N = 18$ ). El suplemento

mineral utilizado estaba constituido por selenito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) al 45 % (490 mg de Se), gluconato de calcio ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{CaO}_{14}$ ) (465 mg de Ca), glicerofosfato de sodio ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{Na}_2\text{O}_6\text{P}$ ) (500 mg de P) e hipofosfito de magnesio ( $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ ) (360 mg de Mg), y fue aplicado por vía intramuscular en dosis de 3 mL/100 kg de peso corporal.

La dieta ofertada en cada tratamiento constituía de heno de pasto peludo (*Brachiaria decumbens*), sal (cloruro de sodio) mineralizada *ad libitum* constituida por sodio (Na): 19 %; fósforo (P): 5 %; calcio (Ca): 12 %; magnesio (Mg): 0.8 %; azufre (S): 8 %; flúor: 0.05 %; zinc: 0.84 %; yodo: 0.01 %; cobalto: 0.004 % y selenio: 0.01 %, y 290 g de un suplemento a base de torta de palmiste (31.84 %), harina de soya (47.95 %), granos secos de destilería (10.05 %) y harina de maíz (10.16 %); formulado para aportar 30.76 % de proteína bruta (PB) con base en la materia seca (MS).

Al inicio del experimento, todos los animales fueron suplementados con vitaminas y vermifugados contra endo y ectoparásitos. Al inicio y final del periodo de investigación, los animales fueron pesados luego de un ayuno hídrico y de alimento de 12 horas para determinar la ganancia de peso total y la ganancia media diaria.

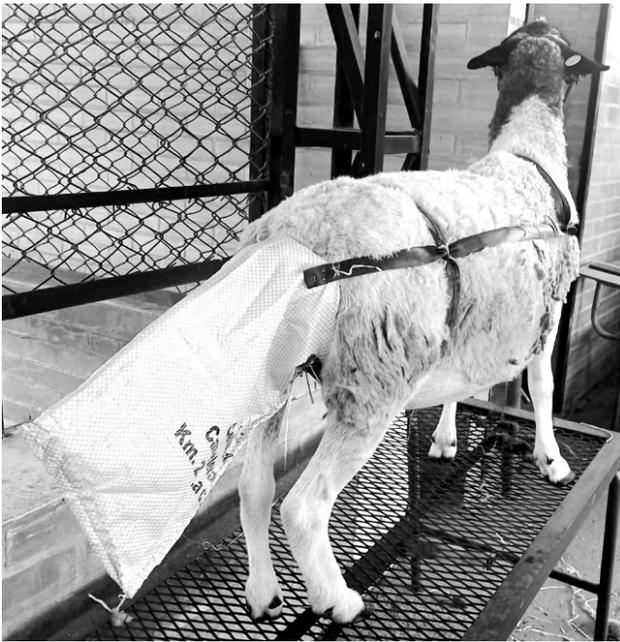
## Procedimientos experimentales y muestreos

### Ensayo de digestibilidad

Durante los días 30, 31 y 32 del periodo experimental se realizó un ensayo digestivo con el objetivo de determinar el consumo y la digestibilidad de los compuestos nutricionales presentes en la dieta. El consumo de heno y del suplemento fue determinado de forma individual por la diferencia entre la cantidad ofertada menos las sobras obtenidas 24 horas después de la oferta. La excreción de heces fue determinada por colecta total durante 24 horas utilizando bolsas colectoras tipo arnés (Figura 1), adaptadas al cuerpo de cada individuo. Dichos procesos fueron realizados de manera consecutiva durante los tres días del ensayo digestivo; el consumo y la excreción fueron calculados como el promedio de los días de colecta (Contreras-Marquez *et al.*, 2020).

### Colecta de heno, suplemento y heces

Por cada día del ensayo de digestibilidad se colectaron muestras de heno, suplemento y heces, las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, donde fueron llevadas a estufa de circulación forzada de aire (TE-393/180L. Tecnal<sup>®</sup>, Brasil) a 60 °C/72 h (Detmann *et al.*, 2012). Posteriormente, fueron molidas a 1 mm en un molino de martillo tipo Croton (R-TE-625. Tecnal<sup>®</sup>, Brasil) y almacenadas para posteriores análisis químicos.



**Figura 1.** Animales en adaptación al arnés para colecta total de heces. Fuente: diseño propio de los investigadores vinculados al proyecto.

### Colecta de sangre

El último día del ensayo digestivo se tomaron muestras de sangre por venopunción yugular cuatro horas después de la oferta de suplemento, en tubos de colecta al vacío con anticoagulante (EDTA) (Improvacuter® 13 x 75 mm, 3.5 ml, Britania, Argentina) y tubos sin aditivos (13 x 100 mm, 6 ml, Britania, Argentina). Las muestras fueron centrifugadas a 2500 rpm en una centrífuga digital (Scientific® Ref. Td4, Colombia), y el plasma y el suero fueron congelados en un ultra congelador (Lexicon® II Ultra-low Temperature Freezer, Singapore) a -70 °C para posteriores análisis de concentración de minerales (Ca, P y Mg) (Brenner y Seidel, 1975), proteínas totales, albúminas, globulinas, nitrógeno ureico en sangre (NUS), colesterol, triglicéridos y glucosa. Para el análisis de calcio se utilizó el suero obtenido de los tubos sin aditivo, y para el resto de los análisis se utilizó el plasma colectado de los tubos con EDTA. Todos los metabolitos en sangre fueron analizados por el método colorimétrico utilizando el equipo automático para bioquímica de la marca DIRUI®, modelo CS-T180 (China).

### Análisis bromatológico

Las muestras de heno, suplemento y heces fueron analizadas bromatológicamente para determinar las concentraciones de materia seca (MS) (INCT-CA G-003/1), materia mineral (MM) (INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (INCT-CA N-001/1), extracto etéreo (EE) (INCT-CA G-005/1) y fibra detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1), según Detmann *et al.* (2012). Los carbohidratos no fibrosos (CNF)

fueron calculados siguiendo las adaptaciones a las recomendaciones de Hall y Akinyode (2000), usando la siguiente ecuación:

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{ PB} - \% \text{ PBU} + \% \text{ de Urea}) + \% \text{ FDN} + \% \text{ EE} + \% \text{ cenizas}$$

Donde PBU = PB venida de la urea. Si la muestra no presenta urea, se asume que los valores de PBU y urea serán iguales a 0.

### Consumo y digestibilidad

El consumo de los compuestos nutricionales presentes en la dieta fue calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{CN} = (\text{CH} \times [\text{NH}]) + (\text{CS} \times [\text{NS}])$$

Donde CN = consumo de nutrientes; CH = consumo de heno; NH = concentración de nutrientes en el heno; CS = consumo de suplemento; y NS = concentración de nutrientes en el suplemento.

La excreción de nutrientes a través de las heces fue determinada utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{EN} = \text{EHc} \times [\text{NHc}]$$

Donde EN = excreción de nutrientes; EHc = excreción de heces; y NHc = concentración de nutrientes en las heces.

La digestibilidad de los compuestos nutricionales presentes en la dieta fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Dig} = (\text{CaNI} - \text{CaNE}) \div \text{CaNI} \times 100$$

Donde % Dig = porcentaje de digestibilidad; CaNI = cantidad ingerida de nutrientes; y CaNE = cantidad excretada de nutrientes.

### Conversión alimentaria

Una vez calculado el consumo de materia seca (CMS) y la ganancia media diaria (GMD), se calculó la conversión alimentaria (CA) dividiendo el consumo de materia seca entre la ganancia de peso, tal como se observa en la siguiente ecuación:

$$\text{CA} = \text{CMS} \div \text{GMD}$$

Donde CMS = consumo de materia seca y GMD = ganancia media diaria.

### Análisis estadístico

Los datos productivos, nutricionales y metabólicos de esta investigación fueron sometidos a análisis de variancia adoptándose un nivel de 5 % de probabilidad para el error tipo III, usando el programa estadístico

R, versión 4.3.1 (2023). El peso inicial fue utilizado como covariable, y cuando esta variable fue considerada estadísticamente no significativa, fue retirada del modelo.

## Resultados

En la Tabla 1 se puede observar la composición nutricional del heno y del suplemento ofertado a los animales durante el periodo de investigación.

No se observó aumento en el desempeño productivo y la conversión alimenticia ( $p > 0.05$ ) en los animales en función de la suplementación mineral inyectable (Tabla 2).

Animales SSM presentaron mayor consumo de materia seca de heno (MSH), MS, MO, PB, EE, FDN y CNF en comparación con animales del tratamiento CSM ( $p < 0.001$ ) (Tabla 3).

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la digestibilidad de los compuestos nutricionales (MS, MO, PB, EE y FDN) en función de la suplementación mineral inyectable. Los animales del tratamiento CSM presentaron mayor digestibilidad de los carbohidratos no fibrosos ( $p = 0.048$ ) en comparación con los animales del tratamiento SSM (Tabla 4).

No se presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en las concentraciones plasmáticas de proteínas totales, albúminas, globulinas y nitrógeno ureico en los animales de ambos tratamientos (SSM y CSM) (Figura 2).

No se observaron diferencias entre los tratamientos para las concentraciones de colesterol, triglicéridos, glucosa (Figura 3), calcio, fósforo y magnesio (Figura 4).

## Discusión

Para determinar si una dieta está aportando los minerales acordes a los requerimientos del animal para un determinado objetivo de producción, se hace necesario calcular el consumo de minerales. En la presente investigación no fue posible determinar el consumo de macro y/o microminerales, por lo tanto, se desconoce si los animales del tratamiento SSM presentaron deficiencias minerales o, por el contrario, si la aplicación parenteral de minerales en los animales del tratamiento CSM pudo resultar en excesos de minerales a nivel metabólico.

Considerando que la respuesta animal ante situaciones de deficiencias nutricionales está representada principalmente por procesos compensatorios como aumento en la ingesta de alimento o el consumo de partículas extrañas que no hacen parte de la dieta y que pueden generar procesos patológicos “pica o malacia” (Borgna-Pignatti y Zanella, 2016), junto con comportamientos

**Tabla 1.** Composición nutricional del heno y del suplemento ofertado a las hembras ovinas que recibieron o no suplementación mineral inyectable

Compuestos nutricionales	Heno	Suplemento
Materia seca	84.024 %MN	88.589 %MN
Materia mineral	6.297 %/MS	5.452 %/MS
Materia orgánica	93.703 %/MS	94.548 %/MS
Proteína bruta	7.258 %/MS	30.331 %/MS
Extracto etéreo	2.130 %/MS	8.269 %/MS
Fibra detergente neutro	75.601 %/MS	32.675 %/MS
Carbohidratos no fibrosos	8.714 %/MS	23.273 %/MS

MN: materia natural; MS: materia seca.

**Tabla 2.** Desempeño productivo de hembras ovinas sometidas a suplementación mineral inyectable

Medidas de desempeño	Tratamientos		EME	valor p
	SSM	CSM		
Peso inicial	48.83 kg	48.39 kg	—	—
Peso final	52.44 kg	52.78 kg	2.589	0.928
Ganancia media diaria	58.24 g/día	70.79 g/día	12.77	0.497
Conversión alimenticia	37.43 g/g	36.30 g/g	15.155	0.958

EME = error medio estándar; SSM = sin suplementación mineral inyectable; CSM = con suplementación mineral inyectable. Valor  $p < 0.05$  denota diferencia significativa.

**Tabla 3.** Consumo diario de compuestos nutricionales presentes en la dieta ofertada a hembras ovinas recibiendo o no suplementación mineral inyectable

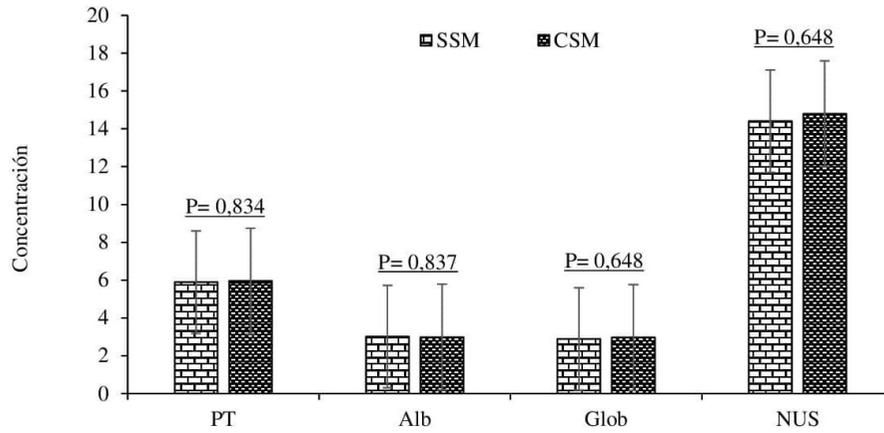
Compuestos nutricionales	Tratamientos		EME	Valor p
	SSM	CSM		
Materia seca heno	0.995 kg	0.970 kg	0.002	< 0.001
Materia seca concentrado	0.257 kg	0.257 kg	0.000	1.000
Materia seca	1.252 kg	1.227 kg	0.002	< 0.001
Materia orgánica	1.175 kg	1.152 kg	0.002	< 0.001
Proteína bruta	150.133 g	148.322 g	0.100	0.007
Extracto etéreo	42.411 g	41.877 g	52.705	0.007
Fibra detergente neutro	0.836 kg	0.817 kg	0.001	< 0.001
Carbohidratos no fibrosos	146.444 g	144.311 g	0.210	0.007

EME = error medio estándar; SSM = sin suplementación mineral inyectable; CSM = con suplementación mineral inyectable. Valor  $p < 0.05$  denota diferencia significativa.

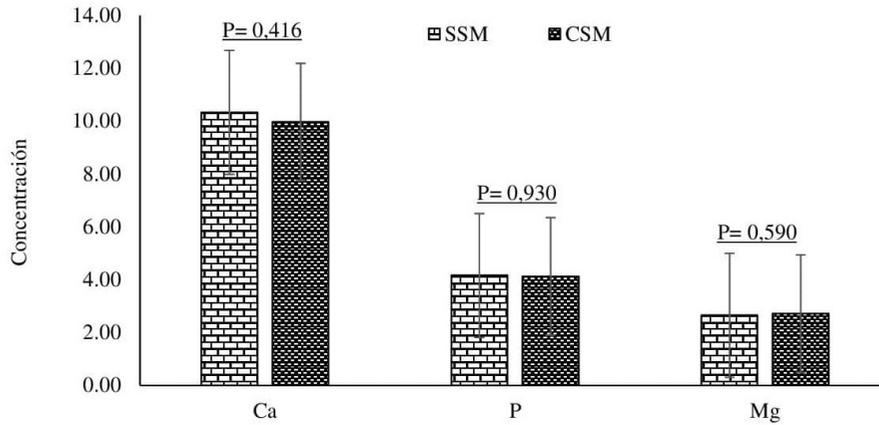
**Tabla 4.** Digestibilidad de los compuestos nutricionales presentes en la dieta ofertada a hembras ovinas que recibieron o no suplementación mineral inyectable

Compuestos nutricionales	Tratamientos		EME	Valor p
	SSM	CSM		
Materia seca	71.695 %	76.449 %	30.420	0.285
Materia orgánica	74.759 %	79.858 %	2.752	0.208
Proteína bruta	72.749 %	78.443 %	3.420	0.257
Extracto etéreo	79.307 %	58.550 %	6.570	0.076
Fibra detergente neutro	75.823 %	81.330 %	2.788	0.181
Carbohidratos no fibrosos	69.427 %	81.668 %	0.950	0.048

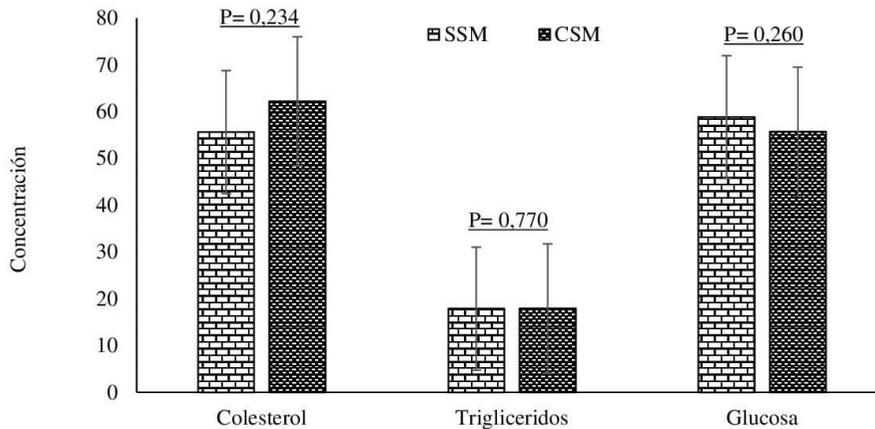
EME = error medio estándar; SSM = sin suplementación mineral inyectable; CSM = con suplementación mineral inyectable. Valor  $p < 0.05$  denota diferencia significativa.



**Figura 2.** Concentración plasmática de metabolitos relacionados con el metabolismo proteico. Nitrógeno ureico en sangre (NUS) en mg/dL; proteínas totales (PT) en g/dL; albúminas (Alb) en g/dL; y globulinas (Glob) en g/dL. SSM: sin suplementación mineral inyectable; CSM: con suplementación mineral inyectable. Valor  $p < 0.05$  denota diferencia significativa. Las barras representan el error medio estándar.



**Figura 3.** Concentración plasmática de metabolitos relacionados con el metabolismo energético. Colesterol en mg/dL; triglicéridos en mg/dL y glucosa en mg/dL. SSM: sin suplementación mineral inyectable; CSM: con suplementación mineral inyectable. Valor  $p < 0.05$  denota diferencia significativa. Las barras representan el error medio estándar.



**Figura 4.** Concentración de calcio en suero y concentración plasmática de fósforo y magnesio. Calcio (Ca) en mg/dL; fósforo (P) en mg/dL y magnesio (Mg) en mg/dL. SSM: sin suplementación mineral inyectable; CSM: con suplementación mineral inyectable. Valor  $p < 0.05$  denota diferencia significativa. Las barras representan el error medio estándar.

de geofagia (Mahaney y Krishnamani, 2003), se podría inferir que los animales del tratamiento SSM presentaron deficiencias de minerales, proceso que motivó el aumento en el consumo de materia seca de pasto, y por ende el consumo de todos los compuestos nutricionales presentes en la dieta. Este proceso compensatorio por parte de los animales del tratamiento SSM explica la ausencia de diferencias estadísticas en cuanto a las concentraciones sanguíneas de los minerales Ca, P y Mg, evaluados en la presente investigación. Para el caso del Ca, resultados similares fueron encontrados en el trabajo realizado por Moyano-Tapia *et al.* (2020), donde la suplementación mineral en ovejas Blackbelly no mejoró las concentraciones plasmáticas en comparación con los animales no suplementados. Sin embargo, a diferencia de la presente investigación, en estudios previos, la suplementación mineral sí elevó las concentraciones séricas de fósforo y magnesio (González-Reyna *et al.*, 2016; Rahnema y Fontenot, 1983).

Se esperaría que un mayor consumo de nutrientes genere un mejor desempeño productivo en los animales del tratamiento SSM, al igual que una mayor concentración de metabolitos en sangre. En vista de que estos resultados no fueron observados y que no fue determinado el consumo de macro y microminerales, los autores consideramos que el aumento en el consumo como proceso compensatorio en los animales del tratamiento SSM no proporcionó una mayor ingesta de minerales, afectando la capacidad de los microorganismos ruminales de degradar los nutrientes ingeridos en mayor cantidad por parte de los animales de este tratamiento, lo que a su vez explicaría la ausencia de diferencias en la digestibilidad de la materia de los compuestos nutricionales presentes en la dieta.

De acuerdo con Meng *et al.* (2024), la suplementación con selenio presenta efectos positivos en el ambiente ruminal al regular el pH, mejorando la presión osmótica y la actividad microbiana, motivando de esta forma la fermentación y la digestibilidad de los compuestos nutricionales presentes en la dieta (Pino y Heinrichs, 2016). Estas evidencias podrían explicar el aumento en la digestibilidad de carbohidratos no fibrosos en los animales que recibieron suplementación mineral inyectable con selenio como uno de sus constituyentes, datos similares a los de Zhang *et al.* (2020), quienes trabajaron con otras especies de rumiantes donde la suplementación con selenio mejoró el catabolismo de los carbohidratos inmersos en la dieta. De ser así, se desconoce por qué el selenio tuvo un efecto individual sobre los microorganismos amilolíticos y no sobre los demás microorganismos fibrolíticos y proteolíticos presentes en el ambiente ruminal.

A pesar de que los animales del tratamiento CSM presentaron mayor digestibilidad de los carbohidratos no fibrosos, este aumento no fue suficiente como

para modificar los niveles plasmáticos de metabolitos relacionados con el metabolismo energético, principalmente glucosa. Si consideramos que el nitrógeno ureico en sangre representa parte de la proteína metabolizable que queda como diferencia entre la proteína digestible menos el nitrógeno eliminado en la orina, la falta de diferencias en la digestibilidad de la proteína bruta podría explicar la ausencia de diferencias en la concentración de NUS entre los tratamientos.

Las proteínas totales, entre ellas la albúmina y la globulina, se presentan como las proteínas más abundantes en el plasma sanguíneo (Cattaneo *et al.*, 2021) y tienen diversas funciones, entre ellas la de participar en la regulación de la presión osmótica y transportar hormonas, minerales (Lu *et al.*, 2008) y moléculas insolubles en sangre como lípidos. Se asume que la no alteración en las concentraciones de proteínas totales, albúmina y globulinas en los dos tratamientos evaluados se debe a la ausencia de diferencias en la digestibilidad del extracto etéreo, sin modificaciones en la cantidad de lípidos en sangre disponibles para ser transportados hacia los tejidos albos.

## Conclusiones

La suplementación mineral por vía intramuscular no mejoró el desempeño productivo, nutricional y metabólico de hembras ovinas no gestantes ni lactantes. Animales sin suplementación mineral inyectable con posible deficiencia mineral se tornan más eficientes, lo que aumenta el consumo y evita la reducción en el desempeño productivo.

## Referencias

- Ahmed, M. H.; Wilkens, M. R.; Ganter, M. y Breves, G. (2021). Serum parameters related to mineral homeostasis and energy metabolism in ewes kept on different dietary magnesium supply during the transition period. *Research in Veterinary Science*, 134, 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.11.016>
- Borgna-Pignatti, C. y Zanella, S. (2016). Pica as a manifestation of iron deficiency. *Expert Review of Hematology*, 9(11), 1075-1080. <https://doi.org/10.1080/17474086.2016.1245136>
- Brenner, K. y Seidel, H. (1975). Behavior of calcium, inorganic phosphorus, magnesium and glucose concentrations in the plasma of ewes in the perinatal period. *Archiv für experimentelle Veterinärmedizin*, 29(6), 939-945. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1227430/>
- Cattaneo, L.; Lopreiato, V.; Piccioli-Cappelli, F.; Trevisi, E. y Minuti, A. (2021). Plasma albumin-to-globulin ratio before dry-off as a possible index of inflammatory status and performance in the subsequent lactation in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 8228-8242. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19944>
- Contreras-Márquez, D. E.; Quintero-Pardo, J. S.; Correa-Rojas, E. D.; Canchila-Asencio, E. R. y Gutiérrez-Zocadagui, H. Y. (2020). Consumo de fragmentos proteicos y digestibilidad de proteína en dietas suministradas a bovinos Chino

- Santandereano. *Revista MVZ Córdoba*, 25(3), e1876. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1876>
- Costa, R.; Silva, J.; Medeiros, A.; Carvalho, F.; Andrade, M.; Cruz, G.; Dias-Silva, T. P. y Bezerra, L. (2021). Mineral requirements for weight gain in growing male Santa Inês and Morada Nova hair sheep. *Animal Science Journal*, 92(1), e13583. <https://doi.org/10.1111/asj.13583>
- Detmann, E.; Souza, M. A. de; Valadares Filho, S. de C.; Queiroz, A. C. de; Berchielli, T. T.; Saliba, E. de O. S.; Cabral, L. da S.; Pina, D. dos S.; Ladeira, M. M. y Azevedo, J. A. G. (2012). *Métodos para análise de alimentos*. Visconde Do Rio Branco: Suprema.
- González-Reyna, A.; Naranjo-García, F.; Zárate-Fortuna, P.; Juárez-Félix, J.; Ibarra-Hinojosa, M. A.; Limas-Martínez, A. G. y Martínez-González, J. C. (2016). Zinc, cobre y hierro sérico en ovejas de pelo con suplementación parenteral de minerales. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(4), 706-714. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172016000400009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172016000400009)
- Hall, M. B. y Akinyode, A. (2000). Cottonseed hulls: working with a novel fiber source. *Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*, 11, 179-186.
- Lu, J.; Stewart, A. J.; Sadler, P. J.; Pinheiro, T. J. T. y Blindauer, C. A. (2008). Albumin as a zinc carrier: properties of its high-affinity zinc-binding site. *Biochemical Society Transactions*, 36(6), 1317-1321. <https://doi.org/10.1042/BST0361317>
- Mahaney, W. C. y Krishnamani, R. (2003). Understanding geophagy in animals: standard procedures for sampling soils. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 1503-1523. <https://doi.org/10.1023/A:1024263627606>
- Meng, L.; Jin, X.; Song, W.; Zhang, R.; Tong, M.; Qi, Z. y Mi, L. (2024). Dietary selenium levels affect mineral absorbability, rumen fermentation, microbial composition and metabolites of the grazing sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 308, 115877. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115877>
- Moyano Tapia, J. C.; Leib, S. A.; Marini, P. R. y Fischman, M. L. (2020). Effect of mineral supplementation on the macromineral concentration in blood in pre- and postpartum blackbelly sheep. *Animals*, 10, 1206. <https://doi.org/10.3390/ani10071206>
- Pereira, E. S.; Carmo, A. B. R.; Costa, M. R. G. F.; Medeiros, A. N.; Oliveira, R. L.; Pinto, A. P.; Carneiro, M. S. S.; Lima, F. W. R.; Campos, A. C. N. y Gomes, S. P. (2016). Mineral requirements of hair sheep in tropical climates. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(6), 1090-1096. <https://doi.org/10.1111/jpn.12483>
- Pino, F. y Heinrichs, A. J. (2016). Effect of trace minerals and starch on digestibility and rumen fermentation in diets for dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2797-2810. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10034>
- Rahnema, S. H. y Fontenot, J. P. (1983). Effect of supplemented magnesium from magnesium oxide or dolomitic limestone upon digestion and absorption of minerals in sheep. *Journal of Animal Science*, 57(6), 1545-1552. <https://doi.org/10.2527/jas1983.5761545x>
- Stewart, W. C.; Scasta, J. D.; Taylor, J. B.; Murphy, T. W. y Julian, A. A. M. (2021). Invited review: Mineral nutrition considerations for extensive sheep production systems. *Applied Animal Science*, 37(3), 256-272. <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02143>
- Wang, Y.; Jiang, M.; Tang, Y.; Qiu, S.; Sun, Y. y Sun, H. (2023). The effects of soil intake on the growth performance, rumen microbial community and tissue mineral deposition of German Mutton Merino sheep. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 263, 115368. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115368>
- Zhang, Z. D.; Wang, C.; Du, H. S.; Liu, Q.; Guo, G.; Huo, W. J.; Zhang, J.; Zhang, Y. L.; Pei, C. X. y Zhang, S. L. (2020). Effects of sodium selenite and coated sodium selenite on lactation performance, total tract nutrient digestion and rumen fermentation in Holstein dairy cows. *Animal*, 14(10), 2091-2099. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000804>