



Especialización en Diagnóstico Veterinario de Laboratorio
Facultad de Ciencias Veterinarias- Universidad Nacional de La Plata
Trabajo Final

Título: “Variaciones en los niveles séricos de calcio, fosforo, cobre, magnesio y zinc en caprinos lecheros del Valle de Lerma (Salta).”

Alumno: M.V. María Victoria Vázquez

Director: M.V. Juan Francisco Micheloud

Codirector: Dr. Guillermo A. Mattioli

Índice

1. Resumen.....	3
2. Introducción.....	4
2.1 Generalidades.....	4
2.2 Macrominerales.....	5
2.3 Microminerales.....	8
3. Planteamiento del problema.....	10
4. Hipótesis.....	10
5. Objetivo general.....	10
6. Objetivos específicos.....	10
7. Metodología de trabajo.....	11
8. Resultados.....	11
9. Discusión.....	13
10. Conclusiones.....	18
11. Agradecimientos.....	18
12. Bibliografía.....	18

1. Resumen

Durante años las recomendaciones para el aporte de minerales en caprinos se han obtenido de las establecidas para otros rumiantes. En la actualidad y a partir de nuevos estudios se pueden obtener datos más específicos y adecuados para la especie caprina, incluso asociados al tipo de producción. Las mediciones de las concentraciones séricas constituyen una herramienta fundamental y accesible para el conocimiento del estatus mineral. El objetivo de este estudio fue medir las concentraciones séricas de Ca, P, Mg, Cu y Zn en cabras lecheras del Valle de Lerma (Salta), en diferentes etapas productivas. Se muestrearon 20 cabras Saanen y se obtuvieron los valores medios de cada mineral. En el parto: Ca 7,8 mg/dl; P 2,9 mg/dl; Mg 2,5 mg/dl; Cu 104,1 µg/dl; Zn 57,5 µg/dl; en el posparto: Ca 7,43 mg/dl; P 3,22 mg/dl; Mg 2,46 mg/dl; Cu 100,72 µg/dl; Zn 53,92 µg/dl; en el pico de lactancia: Ca 7,6 mg/dl; P 3,4 mg/dl; Mg 2,5 mg/dl; Cu 96,4 µg/dl; Zn 52,4 µg/dl; y en el período de seca: Ca 7,9 mg/dl; P 3,9 mg/dl; Mg 2,4 mg/dl; Cu 100,5 µg/dl; Zn 47,9 µg/dl. En los niveles de Ca séricos no se observaron variaciones de importancia influenciadas por el parto y la lactancia, aunque los valores hallados se encuentran ligeramente por debajo del valor de referencia para la especie. En el P se observaron valores más bajos en la etapa de parto comparados con la etapa de seca. En todos los períodos evaluados los niveles de P se encontraron por debajo del valor de referencia para la especie. Para el Zn se observó una disminución en la etapa de seca, aunque en general siempre estuvo por debajo del valor de referencia. En cuanto al Cu y Mg no se observaron variaciones y los valores hallados se encontraron dentro de los rangos de referencia para la especie.

Palabras clave

Minerales; niveles séricos; caprinos lecheros; Valle de Lerma

2. Introducción

2.1 Generalidades

La nutrición mineral debe ser una prioridad para la alimentación de los pequeños rumiantes (NRC, 2007). Cuando el balance mineral es inadecuado, la producción, reproducción, inmunidad y supervivencia pueden verse restringidas (NRC, 2007; Blache y col., 2008). Aquellos minerales requeridos en gramos diarios son referidos como macrominerales, y los requeridos en miligramos o microgramos son referidos como microminerales o elementos traza (NRC, 2007; Elizondo, 2008). Los macrominerales incluyen al calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S). Los microminerales son cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), selenio (Se) y zinc (Zn) (NRC, 2007; Rucker y col., 2008). Los macrominerales son componentes estructurales de los tejidos y constituyentes de los fluidos corporales (Elizondo, 2008). Son preponderantes en el mantenimiento del balance ácido-base, la presión osmótica, el potencial eléctrico de las membranas y el transporte energético (Maynard y col., 1992; Meschy, 2010). Los elementos traza, por su parte, están presentes en los tejidos corporales en bajas concentraciones, e intervienen como cofactores enzimáticos (metaloenzimas), y como componentes de hormonas en el sistema endocrino y de vitaminas (Elizondo, 2008; Rucker y col., 2008; Meschy, 2010).

La implementación de un método diagnóstico basado en mediciones de química sanguínea de un grupo representativo de animales, constituye una importante herramienta para conocer el estatus nutricional y la temprana detección de ciertos trastornos de la salud (Payne y col., 1970; Schweinzer y col., 2017). Hasta la actualidad, la condición corporal ha sido la herramienta más usada para evaluar el estado nutricional de los caprinos bajo diversas condiciones de producción, pero es escasa aún la información relacionada con el perfil metabólico que permita optimizar la alimentación y mejorar la producción (Posada y col., 2012).

Con el propósito de estudiar los desequilibrios que puedan producirse entre el ingreso, la biotransformación y el egreso de los elementos en el organismo, se diseñaron en 1970 los denominados perfiles metabólicos, en la ciudad de Compton, Inglaterra, constituyendo una herramienta muy eficiente para caracterizar el metabolismo en bovinos de leche (Quintela y col., 2011). Estos perfiles miden las concentraciones sanguíneas de algunos elementos en determinados grupos de animales de un rebaño y los compara con los valores poblacionales de referencia (Payne y col., 1970). El examen de los perfiles metabólicos

puede ser modificado y adecuado a diferentes condiciones, como también ser utilizado en otras especies, como ovinos y caprinos (Trezeguet y col., 2008).

Muchas publicaciones destacan la escasa información existente sobre el metabolismo de minerales y elementos traza en cabras comparada con otras especies (bovinos y ovinos) (Haenlein y Anke, 2011). Debido a esto, las recomendaciones de aportes minerales para los caprinos son derivadas de estudios realizados en bovinos y ovinos (Meschy, 2002; Härter y col., 2017b) Durante años los requerimientos minerales para los caprinos han sido extrapolados de otros rumiantes (Haenlein, 1980; Meschy, 2000). Hoy en día, los avances en investigación sobre la nutrición mineral de los caprinos permiten tener recomendaciones más específicas (Meschy, 2000). Trabajos recientes mencionan que la movilización ósea para compensar el incremento de la demanda de Ca durante la lactancia difiere entre bovinos, ovinos y caprinos (Wilkins y col., 2014b) También se indican diferencias sustanciales en las mediciones de Cu y Zn entre especies (Haenlein y Anke, 2011).

Algunos estudios realizados en caprinos han demostrado que durante la gestación esta especie es capaz de compensar sus deficiencias, movilizandando los nutrientes de sus reservas (Trezeguet y col., 2008). A igual que con otras especies, la lactancia supone uno de los momentos donde existe mayor demanda de minerales (NRC, 2007). Además, se menciona que las deficiencias alimentarias (en particular de minerales) constituyen un importante modulador de la reproducción en esta especie (Blache y col., 2008).

2.2 Macrominerales

El Ca es el principal componente estructural del hueso, que contiene el 98-99% del Ca total del organismo (Maynard y col., 1992; NRC, 2007; Elfers y col., 2016). El hueso es un tejido dinámico, donde los osteoclastos disuelven y los osteoblastos sintetizan este tejido, siendo estos procesos muy importantes en el crecimiento y mantenimiento de la homeostasis del mineral (Clarke, 2008; Meschy, 2010; Elfers y col., 2016). El Ca es mensajero intracelular para la transmisión de impulsos nerviosos, actúa en la contracción muscular, en la contracción y relajación de vasos sanguíneos, la liberación de hormonas como la insulina y como cofactor de enzimas en la cascada de la coagulación (NRC, 2007). Se consideraba que su absorción se realizaba principalmente por transporte activo en el intestino delgado al igual que los no rumiantes; sin embargo, se concluyó que en caprinos se lleva a cabo principalmente en el rumen (Schröder y col., 1997; Schröder y Braves, 2007; Meschy, 2010; Starke y col., 2016). Calcitonina, calcitriol y parathormona son las hormonas involucradas en el balance de este mineral (NRC, 2007; Elfers y col., 2016). Cuando el Ca

en sangre baja se libera la paratohormona que convierte a la vitamina D en calcitriol en los riñones (Meschy, 2010). La disminución del aporte de Ca en la dieta o el aumento de su demanda durante la lactancia, causan incremento de calcitriol en plasma e induce la estimulación de la absorción de Ca en el rumen en caprinos (Schröder y col., 1997; Starke y col., 2016). Calcitriol y parathormona estimulan la acción de los osteoclastos para la liberación de Ca óseo a la sangre (NRC, 2007).

El P también es también parte estructural del hueso (NRC, 2007). Los compuestos para la reserva y liberación de energía (ATP/ADP) contienen P; además está contenido en los ácidos nucleicos, los fosfolípidos de las membranas celulares, el tejido nervioso y las coenzimas esenciales para la actividad metabólica (Maynard y col., 1992; Ahmed y col., 2000; Meschy, 2010). Su sitio principal de absorción es el intestino delgado (NRC, 2007; Meschy, 2010; Suttle, 2011; Starke y col., 2016). La homeostasis se alcanza por: secreción salival, variación en su absorción, excreción y almacenamiento y movilización ósea (NRC, 2007).

En cabras lecheras existe un enorme incremento de la demanda de Ca y P al final de la gestación y comienzo de la lactancia (Liesegang y col., 2006; Meschy, 2007; Liesegang, 2008; Brzezińska y Krawczyk, 2010; Suttle, 2011). Debido a que los minerales que se encuentran en la leche provienen de la sangre, la etapa de la lactancia tiene un efecto apreciable sobre los niveles de Ca y P séricos (Maynard y col., 1992; Celi y col., 2008a). Bajan el día del parto y al principio de la lactancia (Haenlein, 1980; Ahmed y col., 2000; Meschy, 2010). La producción de leche en cabras alcanza un pico en la quinta a sexta semana posparto, luego de la cual disminuye hacia el final de la lactancia, al igual que la salida de Ca y P de la sangre hacia la leche (Akinsoyinu, 1982; Liesegang, 2006). Los aportes alimentarios no pueden satisfacer la demanda al comienzo de la lactancia, por lo que la deficiencia será compensada a partir de las reservas óseas (Maynard y col., 1992; Liesegang y col., 2006; Meschy 2010). Ante una mayor demanda de Ca o su deficiencia en la dieta, la capacidad de absorción gastrointestinal para el mismo se incrementa (Haenlein, 1980; Wilkens y col., 2014a). Al volver a la normalidad el aporte dietario o al disminuir la demanda, la digestibilidad retorna a niveles normales (Haenlein, 1980; Liesegang y col., 2006). A medida que la producción de leche baja lentamente hacia el final de la lactancia, disminuye la demanda de Ca y el animal puede adaptarse absorbiendo suficiente Ca para cubrir las pérdidas a través de la leche y reponer las reservas óseas (Maynard y col., 1992; Liesegang y col., 2006; Meschy, 2010). Esta adaptación fisiológica normal depende durante las primeras lactancias de un stock mineral suficiente, por lo que se debe poner atención a

la nutrición antes de comenzar la etapa reproductiva (Meschy, 2010). Las cabras son capaces de sostener la producción de leche desde sus reservas corporales por varias semanas encontrándose el P en balance negativo (Haenlein, 1980). La absorción de P durante la lactancia, al contrario de lo que ocurre con el Ca, no parece tener un rol importante para satisfacer los requerimientos de esta etapa (Starke y col., 2016).

Según estudios realizados en cabras en donde se cuantificaron mediante inmunoensayo dos epitopes de colágeno tipo II (ICTP, CTX), y mediante tomografía computada el contenido mineral óseo y densidad mineral ósea, existe una sustancial resorción ósea cercana al parto y en los comienzos de la lactancia (Liesegang y col., 2006; Wilkens y col., 2014b) En contraste, las concentraciones de osteocalcina (OC) bajan lentamente desde el segundo mes de preñez hasta la primera semana posparto, comenzando a incrementarse nuevamente luego de ese momento (Wilkens y col., 2014b). En los casos donde los mecanismos homeostáticos están sobrepasados, debido a pérdidas mayores de Ca a través de la leche, el resultado será la hipocalcemia con todas sus consecuencias (Liesegang y col., 2006). Además de lo antedicho, se debe considerar que los requerimientos de Ca y P durante la preñez son mucho más elevados en relación a la presencia de fetos múltiples (Meschy, 2000; Hart, 2011; Härter y col., 2017b).

El Mg se encuentra en el hueso (70%), dentro de las células (29%) y en fluidos extracelulares (1%), y es requerido en más de 300 reacciones metabólicas asociadas a la producción de energía, la síntesis de moléculas esenciales, las formaciones estructurales, el transporte de iones, señalización y migración celular, formación de ácidos nucleicos, síntesis de carbohidratos y lípidos, componente estructural de las células, cromosomas y tejido óseo (Maynard y col., 1992; NRC, 2007; Meschy, 2010). La absorción se realiza principalmente en el retículo-rumen (Meschy, 2010). Es un proceso activo dependiente de Na e inhibido por K, y en este sentido los forrajes verdes contienen suficiente K para perjudicar la absorción real de Mg (Brzezińska y Krawczyk, 2010; Brozos y col., 2011; Suttle, 2011). Para satisfacer la creciente demanda de este mineral durante la preñez, es movilizado al igual que el Ca y P de las reservas óseas (Härter y col., 2017a). Sin embargo, debe absorberse continuamente ya que los rumiantes no poseen grandes reservas que puedan ser movilizadas rápidamente (Minson, 1990; Brozos y col., 2011). Sus requerimientos incrementan durante la preñez y lactancia (Brzezińska y Krawczyk, 2010). Ante la ingesta deficiente de Mg en la dieta, la producción de leche baja marcadamente como así también su excreción urinaria (Haenlein, 1980). La tetania hipomagnesémica es

más prevalente en hembras durante el parto, donde la causa primaria es la disminución del Mg en sangre (Hart, 2011).

2.3 Microminerales

Los microminerales juegan un rol significativo en varios procesos fisiológicos, bioquímicos y homeostáticos del organismo (Padya y col., 2012). Son necesarios para la síntesis de vitaminas, metabolismo de los carbohidratos, proteínas y lípidos, producción de hormonas, actividad de enzimas, síntesis de colágeno y tejidos, transporte de oxígeno, producción de energía y otros procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento, reproducción y salud (Gürdoğan y col., 2006; Vázquez-Armijo y col., 2011). Particularmente se ha demostrado que los elementos traza pueden tener tanto efectos beneficiosos como perjudiciales, dependiendo de su equilibrio, sobre las funciones reproductivas en pequeños rumiantes. Sin embargo, el modo de acción por el cual estos elementos afectan la reproducción en caprinos aún no es entendido completamente, debido a la complejidad en el modo de acción de las metalobiomoléculas y la relación neuro-hormonal (Vázquez-Armijo y col., 2011).

Las deficiencias marginales o subclínicas de microminerales como el Cu y el Zn están relacionados con la supresión de la resistencia a enfermedades y la disminución de la eficiencia reproductiva en rumiantes (Kachuee y col., 2013). El Cu y el Zn afectan directamente a los fenómenos reproductivos e indirectamente a la salud animal (Vázquez-Armijo y col., 2011).

Se ha determinado para las deficiencias de microminerales en cabras que el valor de una medición sanguínea como indicador de la concentración tisular posee diferente fiabilidad según el tipo de mineral (Haenlein y Anke, 2011; Schweinzer y col., 2017). Considerando para el caso del Cu, que el análisis de sus concentraciones en hígado son mucho más representativas cuando se compara con las halladas en sangre, para el caso del Zn se recomienda el análisis de las costillas (Haenlein y Anke, 2011). Sin embargo, las muestras de sangre son más frecuentemente utilizadas debido a la facilidad de la toma de muestra y por el hecho de ser un procedimiento no invasivo (Kincaid, 1999; Vázquez-Armijo y col., 2011; Schweinzer y col., 2017).

El Cu es un elemento muy importante debido a su rol en las acciones de muchos sistemas enzimáticos que intervienen en diversas funciones, como la respiración celular, síntesis ósea, desarrollo del tejido conectivo, metabolismo del Fe y funcionamiento de la hemoglobina, síntesis de dopamina, norepinefrina y serotonina, funcionamiento del sistema

inmune, entre otras (Minatel y Carfagnini, 2000; NRC, 2007; Rucker y col., 2008). Es absorbido a lo largo de todo el tracto gastrointestinal (Rucker y col., 2008). Mo, Fe y S pueden causar una deficiente absorción de Cu (Smith y Akinbamijo, 2000; NRC, 2007; Haenlein y Anke, 2011; Hart, 2011). Los caprinos son sensibles a la intoxicación con Cu, aunque más tolerantes que los ovinos (Meschy, 2000; NRC, 2007). La intoxicación se caracteriza por hemólisis e ictericia (NRC, 2007). Poseen gran susceptibilidad a la deficiencia de este mineral. Ésta se manifiesta con anemia microcítica e hipocrómica en deficiencias severas y prolongadas (Draksler y col., 2002; Rucker y col., 2008).

El Zn está involucrado con numerosas metaloenzimas ligadas a funciones como la síntesis de vitamina A, el transporte de dióxido de carbono, el metabolismo de las proteínas, el metabolismo de los carbohidratos, la destrucción de radicales libres, la estabilidad de la membrana eritrocitaria, el metabolismo de los ácidos grasos, la expresión génica, el mantenimiento de los epitelios, la reparación y división celular, la absorción de vitamina E y el transporte y utilización de vitamina A (Socha y col., 2004; NRC, 2007). Su absorción ocurre principalmente a nivel del intestino delgado (Pechin, 2012). Un alto contenido de Fe en la dieta interfiere con la misma (Rucker y col., 2008; Pechin, 2012). Al no haber un sitio de almacenamiento en el organismo, el consumo diario es esencial para lograr el nivel normal (Goswami y col., 2005; Pechin, 2012). Después del K y el Mg, es el catión intracelular más abundante (Rucker y col., 2008). Su presencia a nivel celular es fundamental, especialmente en las gónadas, donde el crecimiento y la división celular ocurren constantemente (Vázquez-Armijo y col., 2011). Cumple un rol importante en la integridad de la piel, la respuesta inmune y la reproducción (Socha y col., 2004; Goswami y col., 2005; Hart, 2011). La deficiencia en los machos puede afectar la espermatogénesis y el desarrollo de los órganos sexuales, y en las hembras puede afectar cualquier fase del proceso reproductivo (estro, gestación y/o lactancia) (Hidiroglou, 1979; Smith y Akinbamijo, 2000; Hosnedlová y col., 2007). La suplementación con Zn en cabras contribuye a mejorar la salud de las ubres y a mejorar la calidad de la leche (Salama y col., 2003). Las hembras adultas con un aporte reducido de Zn en la dieta no muestran signos de deficiencia hasta que se encuentran en lactancia (Haenlein, 1980). Puede observarse pérdida de peso, disminución de consumo y muerte a los tres meses de la lactancia (Haenlein, 1980; Rucker y col., 2008). Los cabritos machos con un aporte bajo de Zn en la dieta muestran retraso del crecimiento, ausencia de libido y falta de desarrollo testicular y escrotal (Haenlein, 1980; Minson, 1990). Los síntomas de deficiencia en cabras son similares a los de los bovinos: paraqueratosis, salivación excesiva, rigidez articular, hinchazón de miembros, crecimiento

córneo excesivo, atrofia testicular y disminución de la libido (Haenlein, 1980; Hosnedlová y col., 2007; Rucker y col., 2008). En las cabras gestantes, el aporte adecuado de Zn en la dieta resulta deficiente durante la lactancia, indicando que durante esta etapa los requerimientos del mineral se incrementan (Haenlein, 1980; Minson, 1990; Ahmed y col., 2001). El Zn puede interferir con el metabolismo del Fe y el Cu, por lo que el aporte dietario excesivo de Zn puede provocar anemia (Haenlein, 1980).

3. Planteamiento del problema

A pesar de ser un rumiante, la cabra posee sus propias particularidades y es preciso que no se extrapolen estudios realizados en ovinos o bovinos para interpretar su fisiología. En la zona del Valle de Lerma (provincia de Salta), resulta necesario abordar estudios sobre el estatus mineral de los caprinos debido a que en esta especie existe muy poca información al respecto o se encuentra realizada en caprinos de otros lugares del mundo.

4. Hipótesis

- Los problemas relacionados con el metabolismo mineral generalmente ocurren en períodos críticos de la vida productiva de las cabras, al final de la gestación y comienzo de la lactancia.
- Las principales modificaciones durante la gestación y lactancia son debidas a variaciones en las concentraciones de Ca y P.

5. Objetivo general

Estudiar el perfil mineral de caprinos lecheros de raza Saanen, determinando las deficiencias presentes en un tambo de la zona del Valle de Lerma, en distintos períodos productivos.

6. Objetivos específicos

- Medir las concentraciones sanguíneas de Ca, P, Mg, Cu y Zn.
- Identificar los riesgos potenciales de desequilibrios minerales asociados a diferentes etapas productivas (preparto, posparto, pico de lactancia y período de seca).

7. Metodología de trabajo

- *Diseño de muestreo*

Para el ensayo se seleccionaron 20 cabras raza Saanen, del tambo caprino ubicado en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Salta. Las mismas fueron mantenidas dentro del mismo rodeo y alimentadas a base de alfalfa, con suplementación estratégica a base de grano y heno. Los animales fueron muestreados en 4 estadios productivos según la fecha probable de parto: preparto (1 a 2 semanas previas al parto), posparto (1 a 2 semanas de lactancia), pico de lactancia (60 días posparto) y período de seca (15 a 30 días de finalizada la lactancia).

- *Determinaciones minerales*

Las muestras de sangre se obtuvieron por punción de la vena yugular. Se extrajo suero libre de hemólisis por centrifugación para la evaluación del perfil mineral, determinado como la medición sérica de Ca, P, Mg, Cu y Zn. Las determinaciones de P se realizaron mediante espectrofotometría UV-visible (Perkin Elmer-Lambda25) por el método Fosfomolibdato, utilizando el kit Fosfatemia UV (Wiener Lab.) y las concentraciones del resto de los elementos se midieron por espectrofotometría de absorción atómica de llama (Perkin Elmer AAnalyst 200), según indicaciones del fabricante.

- *Análisis estadístico*

Los resultados de las mediciones séricas de los macro y microminerales fueron analizados obteniendo valores medios, las diferencias fueron determinadas mediante ANOVA y test de comparación múltiple de Tukey. Las diferencias fueron consideradas significativas con un nivel de confianza de 0,05. Todos los datos fueron analizados con el software INFO STAT (Di Rienzo et al., 2008).

8. Resultados

Los valores medios de macro y microminerales se muestran discriminados por período productivo en las Tablas 1 y 2. En todos los períodos los niveles medios de Ca, P y Zn fueron inferiores a los valores de referencia. Las diferencias estadísticas entre períodos se presentan en las Tabla 3. Los valores medios de Ca, Mg y Cu no variaron entre períodos ($P > 0,05$). Los valores medios de P fueron superiores en el período seco que en el preparto y posparto. En cuanto al Zn, los valores del período de seca fueron más bajos que en el preparto.

Tabla 1. Valores medios y desvío estándar de macrominerales séricos en un tambo de caprinos lecheros del Valle de Lerma en diferentes períodos productivos.

	Ca (mg/dl)	P (mg/dl)	Mg (mg/dl)
Preparto	7,8 ± 0,6	2,9 ± 0,5	2,5 ± 0,2
Posparto	7,4 ± 0,7	3,2 ± 0,6	2,5 ± 0,2
Pico de lactancia	7,6 ± 0,9	3,4 ± 1,2	2,5 ± 0,4
Período de Seca	7,9 ± 0,6	3,9 ± 0,7	2,4 ± 0,2
VR	8 - 12	4 - 6	1,8 - 3,5

VR: Valores de referencia (NRC, 2007).

Tabla 2. Valores medios y desvío estándar de microminerales séricos en un tambo de caprinos lecheros del Valle de Lerma en diferentes períodos productivos.

	Cu	Zn
Preparto	104,1 ± 20,6	57,5 ± 6,2
Posparto	100,7 ± 29,5	53,9 ± 9,0
Pico de lactancia	96,4 ± 35,0	52,4 ± 8,3
Período de Seca	100,5 ± 26,5	47,9 ± 9,8
VR	80 - 150	58 - 174*

VR: Valores de referencia (NRC, 2007; *Haenlein y Anke, 2011).

Tabla 3. Diferencias estadísticas entre períodos productivos para Ca, P, Mg, Cu y Zn.

Elemento	Período	Media**	n #	E.E.
Calcio (mg/dl)	Preparto	7,80 a	20	0,15
	Posparto	7,43 a	18	0,16
	Pico de lactancia	7,55 a	15	0,18
	Período de Seca	7,91 a	14	0,18
Fósforo (mg/dl)	Preparto	2,94 a	20	0,17
	Posparto	3,22 a	19	0,17
	Pico de lactancia	3,39 ab	15	0,19
	Período de Seca	3,91 b	14	0,2
Magnesio (mg/dl)	Preparto	2,52 a	20	0,05
	Posparto	2,46 a	19	0,05
	Pico de lactancia	2,46 a	15	0,06
	Período de Seca	2,36 a	14	0,06
Cobre (µg/dl)	Preparto	104,1 a	19	6,48
	Posparto	100,7 a	18	6,66
	Pico de lactancia	93,2 a	15	7,3
	Período de Seca	100,5 a	14	7,55
Zinc (µg/dl)	Preparto	57,5 a	19	1,90
	Posparto	53,9 ab	18	1,96
	Pico de lactancia	52,4 ab	15	2,14
	Período de Seca	47,9 b	14	2,22

** Valores medios con letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$). n #: número de animales por grupo y elemento, variable por pérdida de animales durante el ensayo.

9. Discusión

Los resultados de nuestro estudio muestran que no se observan variaciones significativas entre períodos en los niveles de Ca sérico (Tabla 3). Esto coincide con los hallazgos de Liesegang y col. (2006) en caprinos de raza Saanen, en Suiza. Los mismos autores resaltaron que hay factores adicionales a tener en cuenta, como la producción de leche y los partos múltiples. En Italia no encontraron diferencias significativas en el Ca plasmático entre el final de la preñez y la lactancia temprana en cabras *Red Syrian* (Celi y col. 2008b). Starke y col. (2016) realizaron investigaciones en cabras Saanen y concluyeron que el transporte gastrointestinal de Ca aumenta como adaptación durante la lactancia. Sin embargo, no pudo demostrarse si estos cambios estaban directamente ligados a la lactancia o a una ingesta incrementada de Ca durante esta etapa. Así también Wilkens y col. (2014b) destacan una adaptación más eficiente a las restricciones de Ca por un

incremento en la absorción intestinal, en comparación a ovinos y bovinos. Por otro lado, algunos autores informaron que el Ca se modifica según el período reproductivo. Brzezińska y Krawczyk (2010) observaron, en cabras Saanen en Polonia, que la concentración de Ca durante la segunda mitad de la preñez era más baja que durante la lactancia inicial y avanzada. Azab y Abdel-Maksoud (1999) midieron el Ca sanguíneo en cabras Baladi en Egipto, observando marcada disminución de su concentración durante las etapas de preparto, parto y posparto. También Akinsoyinu (1982) reportó valores bajos de Ca sérico durante la lactancia en cabras *West African Dwarf* de Nigeria. Estas diferencias en los estudios mencionados respecto de los niveles de Ca en los distintos períodos reproductivos podrían estar indicando una variación en el metabolismo del Ca en las diferentes razas de caprinos, o diferencias regionales o de metodologías diagnósticas, y deberían ser motivo de futuros estudios.

Los valores medios de Ca se mantuvieron ligeramente por debajo del valor de referencia establecido para la especie caprina, indicando una leve deficiencia de este mineral (Tabla 1). Resultados similares obtuvieron Brzezińska y Krawczyk (2010), concluyendo que las calcemias en las etapas de preñez y lactancia se encontraron por debajo del valor de referencia para la especie y que existía una deficiencia de Ca en estas etapas. En la investigación de Antunović y col., (2017), realizada en Croacia con cabras Alpina durante la lactancia, se encontró que los niveles de Ca plasmático sufrieron una disminución alrededor de la tercera semana posparto, ubicándose en el límite inferior del valor de referencia, atribuyendo este fenómeno a la alta demanda de Ca por parte de la glándula mamaria en este período. De la misma manera, Krajničakova y col. (2003) observaron en Eslovaquia, con cabras *White short-tailed* evaluadas en el posparto, valores para el Ca sérico por debajo del valor de referencia, sugiriendo que esta disminución estaba relacionada con su pasaje hacia la leche y que la misma es característica del puerperio.

Rucker y col. (2008), Brzezińska y Krawczyk (2010) y Antunović y col. (2017) emplean valores de referencia para el calcio más elevados que el referido por la NRC (2007). Estas discrepancias pueden generar dificultades de interpretación al evaluar la hipocalcemia.

Los valores de Ca por debajo del rango inferior de referencia, pero sin enfermedad clínicamente evidente, constituyen una hipocalcemia subclínica. La prevalencia de hipocalcemia subclínica en caprinos está muy poco estudiada. En bovinos, esta entidad se incrementa con la edad y número de lactancias, y aumenta la susceptibilidad a otras enfermedades (Reinhardt et al, 2011). Resulta un tópico de interés para futuros trabajos el

estudio de la incidencia de la misma y sus repercusiones en la producción y la salud de los caprinos lecheros de diferentes razas y regiones productivas.

En el P se apreciaron valores más bajos en las etapas de mayor requerimiento del mismo (preparto y lactancia), comparados con los de la etapa de seca (Tablas 1 y 3). Esto podría deberse a la pérdida de P a través de la leche, como así también a la disminución de la absorción gastrointestinal de P inorgánico durante la lactancia (Starke y col., 2016). Menores concentraciones de P sérico fueron observadas por Akinsoyinu (1982) durante la primera semana posparto. Sin embargo, en los estudios realizados por Azab y Abdel-Maksoud (1999) no encontraron diferencias significativas en las concentraciones de P entre el preparto, parto y posparto, comparadas con momentos previos a la gestación.

Los valores de P obtenidos en este trabajo se encontraron, independientemente de la etapa, siempre por debajo del valor de referencia para la especie (Tabla 1). Esto podría estar relacionado con la gran demanda de este elemento durante el preparto y lactancia, junto a un aporte disminuido del mismo. La absorción del P difiere de la del Ca ya que se efectúa por difusión pasiva y gradiente electroquímico (Suttle, 2011) y es independiente del calcitriol en ruminantes (Pfeffer y col., 2005). La secreción salival es rica en P y la mayor parte es reabsorbida en el intestino (Pfeffer y col., 2005; Meschy, 2010). Hay una correlación directa entre la concentración del P plasmático, salival y ruminal (Pfeffer y col., 2005). La concentración de P en la saliva está determinada por la fosfatemia, la cual a su vez se encuentra ligada al aporte alimentario (Meschy, 2010, Wilkens y col., 2014a). Ante un aporte dietario insuficiente ocurre la consecuente disminución de la concentración plasmática y ruminal (Pfeffer y col., 2005). Las consecuencias del aporte insuficiente citadas por Haenlein y Anke (2011) en cabras Alpina durante la preñez y lactancia incluyeron disminución del porcentaje de preñez, abortos, bajo peso al nacimiento, disminución del consumo, disminución de la producción de leche y mortalidad perinatal. Otras consecuencias son: pica, deformaciones óseas y fracturas espontáneas (Pfeffer y col., 2005; NRC, 2007; Haenlein y Anke, 2011).

Para el Mg no se apreciaron cambios significativos en los períodos estudiados y se mantuvieron dentro del rango de referencia para la especie (Tablas 1 y 3). Resultados similares fueron obtenidos por Brzezińska y Krawczyk (2010) en cabras Saanen donde no hubo diferencias significativas en Mg sérico evaluado durante la preñez avanzada, la lactancia inicial y la lactancia avanzada; encontrándose siempre dentro del rango de referencia. También Krajničáková y col. (2003) en Eslovaquia y Samardžija y col. (2011) en Croacia, en trabajos donde efectuaron mediciones durante distintas etapas del puerperio

de cabras *White short-tailed* y cabras *German fawn improved* respectivamente, hallaron valores de Mg dentro del rango de referencia, y sin diferencias significativas entre etapas. Samardžija y col. (2011) destacan también que no hubo influencia de la edad, número de partos y tamaño de la camada. Sin embargo, en un estudio llevado a cabo por Ahmed y col. (2000) con cabras Nubian en Sudan, se evaluó animales de distinta edad, número de preñez, lactancia temprana y avanzada, y alta y baja producción de leche; se obtuvo como resultado la disminución del Mg plasmático durante las etapas de gestación avanzada y primer tercio de la lactancia. Se destacó que las hembras jóvenes mostraron una disminución significativa del nivel de Mg durante las etapas mencionadas, así como también las hembras de alta producción de leche. Los factores predisponentes para la hipomagnesemia principalmente incluyen: baja disponibilidad en la dieta, altos niveles de K y/o bajos niveles de Na; asociados al incremento de la producción de leche (Brozos y col., 2011). Gran cantidad del Mg proveniente de la dieta y de los tejidos es excretado con la leche, lo cual predispone a las hembras a la hipomagnesemia (Brzezińska y Krawczyk, 2010).

En el Cu no se observaron diferencias significativas entre períodos y los valores se mantuvieron dentro del rango de referencia para la especie (Tablas 2 y 3). Vázquez-Armijo y col. (2011) estudiaron en cabras mestizas del sur de México la influencia del estado reproductivo sobre la concentración de Cu sanguíneo, y obtuvieron concentraciones dentro del rango normal para la especie. Sin embargo, observaron valores más elevados durante la lactancia. Los autores sugieren que las variaciones pueden estar sujetas al área geográfica, dieta, época del año y cambios bioquímicos y/o enzimáticos de la sangre. También Ahmed y col. (2001) en cabras Nubian de Sudán, realizaron estudios similares concluyendo que los niveles plasmáticos de Cu se incrementan significativamente en cabras adultas comparadas con jóvenes y bajan significativamente después del primer parto comparadas con hembras de segunda y tercera parición. El aporte inadecuado en la dieta genera problemas en el desarrollo y el crecimiento óseo, fracturas, desórdenes del tejido conectivo, infertilidad, mayor susceptibilidad a las enfermedades, anestro prolongado, aborto y reabsorción fetal (Smith y Akinbamjo, 2000; Minatel y Carfagnini, 2000; NRC, 2007).

Para el Zn se observa una disminución en el período seca en relación al parto (Tablas 2 y 3). A pesar de no poseer un órgano de depósito, como posee el Cu, la homeostasis del Zn es afectada por ajustes en la eficiencia de absorción intestinal y en la secreción de Zn endógeno, y además por la movilización de los depósitos tisulares (Pechin,

2012). La deficiencia subclínica de Zn en corderos disminuyó la concentración de Zn en hueso y tendió a disminuirla en hígado; deduciendo que el hueso, y probablemente el hígado, se comportan como depósitos movilizables de Zn en ovinos jóvenes (Pechin y col. 2008). En la revisión de Haenlein y Anke (2011) los autores mencionan que la deficiencia experimental de Zn en cabras causó disminución de su contenido en costillas, testículo, pelo y músculo cardíaco, mientras que el suero sanguíneo no se vio afectado. En el presente estudio los niveles medios de Zn séricos se encontraron por debajo del valor de referencia para la especie y la raza (Haenlein and Anke, 2011). Salem (2017) observó durante la lactancia una disminución significativa del Zn en suero sanguíneo en cabras Baladi de Egipto, comparado con el grupo control de cabras no lactantes. El autor sugiere que este fenómeno se debió probablemente a la alta demanda del mineral durante la preñez y a la incapacidad de recuperar los niveles normales durante la lactancia. Padya y col. (2012) determinaron en cabras Surti de la India durante preñez avanzada y lactancia temprana que no hubo diferencias significativas.

Henlein y Anke (2011) también destacan que la biovariabilidad del Zn está influenciada por otros minerales como el Ca, Cd, Ni y ácido fítico, que pueden provocar deficiencia secundaria cuando su consumo es alto. Salama y col. (2003) evaluaron, en cabras Murciano-Granadina en lactancia, los efectos de la suplementación con Zn-metionina y concluyeron que contribuye a reducir el estrés en la ubre y a mejorar la calidad de la leche al disminuir el recuento de células somáticas. En bovinos, Socha y col. (2004) indican que la aplicación de complejos de Zn con amino ácidos mejoró la eficacia en su metabolización. Se pudo observar disminución de abortos espontáneos, reducción del recuento de células somáticas, menor incidencia de mastitis, laminitis, muerte neonatal y bajo rendimiento. En otro estudio llevado a cabo por Kinal y col. (2005) en vacas lecheras, se pudo observar que los complejos orgánicos con Zn incrementaron la producción de leche y disminuyeron significativamente el recuento de células somáticas. La síntesis de queratina está asociada con el Zn, por lo que la rapidez de la reconstitución de las ubres después del ordeño está relacionada con el mismo (Kinal y col., 2005). Se requieren mayores estudios que permitan conocer la dinámica del Zn en la especie caprina, de acuerdo al tipo de producción, alimentación y zona geográfica.

10. Conclusiones

Se concluye que los minerales evaluados poseen diferente comportamiento. Los valores medios de Ca, P y Zn fueron inferiores a los rangos de referencia en todos los estadios evaluados. Por el contrario, los niveles de Mg y Cu fueron adecuados en todos los estadios. Se observaron variaciones entre períodos para el P, con mayores concentraciones séricas en el período de seca que en el pre y posparto. Por otro lado, los niveles de Zn séricos fueron inferiores en el período de seca en relación al preparto. Las concentraciones de Ca, Mg y Cu no variaron entre estadios. Estos resultados alertan sobre riesgos sanitarios o productivos asociados a las carencias de Ca, Mg y Zn en cabras lecheras del Valle de Lerma.

11. Agradecimientos

A la Ing. Agrónoma Marcela Martínez por facilitarme los animales para efectuar el ensayo en el tambo caprino de INTA Salta. Al Dr. Víctor Suarez por su asesoramiento en el procesamiento estadístico de los resultados. A la Dra. Diana Rosa por el procesamiento de las muestras.

12. Bibliografía

Ahmed MMM, Hamed TFM, Barri MES. Variation of zinc and copper concentrations in the plasma of Nubian goats according to physiological state. *Small Rumin Res.* 2001; 39:189–93.

Ahmed MMM, Siham AK, Barri MES. Macromineral profile in the plasma of Nubian goats as affected by the physiological state. *Small Rumin Res.* 2000; 38:249–54.

Akinsoyinu O. Major minerals in blood of West African dwarf goats during lactation. *J Dairy Sci.* Elsevier. 1982; 65 (5):874–7.

Antunović Z, Šperanda M, Novoselec J, Didara M, Mioč B, Klir Ž, Samac D. Blood metabolic profile and acid-base balance of dairy goats and their kids during lactation. *Vet Arch.* 2017; 87(1):43–55.

Azab ME, Abdel-Maksoud HA. Changes in some hematological and biochemical parameters during prepartum and postpartum periods in female Baladi goats. *Small Rumin Res.* 1999; 34 (1):77–85.

Blache D, Maloney SK, Revell DK. Use and limitations of alternative feed resources to sustain and improve reproductive performance in sheep and goats. *Anim Feed Sci Technol.* 2008; 147(1–3):140–57.

Brozos C, Mavrogianni VS, Fthenakis GC. Treatment and Control of Peri-Parturient Metabolic Diseases: Pregnancy Toxemia, Hypomagnesemia. *Vet Clin NA Food Anim Pract.* 2011; 27(1):105–13.

Brzezińska M, Krawczyk M. The influence of pregnancy and lactation on the magnesium and calcium concentration in goat's blood serum. *J Elementol.* 2010; 15(1):31–8.

Celi P, Di Trana A, Claps S. Effects of perinatal nutrition on lactational performance , metabolic and hormonal profiles of dairy goats and respective kids. *Small Ruminant Research.* 2008a; 79:129–36.

Celi P, Di Trana A, Quaranta A. Metabolic profile and oxidative estatus in goats during the peripartum period. *Aust J Exp Agric.* 2008b; 48:1004–8.

Clarke B. Normal Bone Anatomy and Physiology. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2008; 3:131–9.

Di Rienzo, JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2008. *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Draksler D, Núñez M, Apella MC, Agüero G, González SN. Copper deficiency in Creole goat kids. *Reproduction Nutrition Development.* 2002; 42(3):243–9.

Elfers K, Liesegang A, Wilkens MR, Breves G, Muscher-Banse AS. Dietary nitrogen and calcium modulate bone metabolism in young. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2016; 164:188–93.

Elizondo-Salazar J. Requerimientos Nutricionales De Cabras Lecheras III. Minerales Y Vitaminas. *Agron Mesoam.* 2008; 19(2):303–8.

Goswami TK, Bhar R, Jadhav SE, Joardar SN, Ram GC. Role of Dietary Zinc as a Nutritional Immunomodulator. *Asian Australasian Journal of Anim Sci.* 2005; 18(3):439–52.

Gürdoğan F, Yildiz A, Balikci E. Investigation of serum Cu, Zn, Fe and Se concentrations during pregnancy (60, 100 and 150 days) and after parturition (45 days) in single and twin pregnant sheep. *Turkish J Vet Anim Sci.* 2006; 30:61–4.

Haenlein GFW, Anke M. Mineral and trace element research in goats: A review. *Small Rumin Res.* 2011; 95:2–19.

Haenlein GFW. Mineral Nutrition of Goats. *J Dairy Sci.* 1980; 63:1729-48

Hart SP. Husbandry of Dairy Animals. Goat: Feeding Management. En: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH (eds.) *Encyclopedia of Dairy Sciences.* 2° Edición, USA, Elsevier, 2011; 785-96.

Härter CJ, Lima LD, Castagnino DS, Rivera AR, Nunes AM, Sousa SF, Liesegang A, Resende KT, Teixeira IAMA. Mineral metabolism of pregnant goats under feed restriction. *Animal Production Science.* 2017a; 57:290–300.

Härter CJ, Lima LD, Castagnino DS, Silva HO, Figueiredo FOM, St-Pierre NR, Resende KT, Teixeira IAMA . Net mineral requirements of dairy goats during pregnancy. *Animal.* 2017b; 11(9), 1513-21.

Hidiroglou M. Trace Element Deficiencies and Fertility in Ruminants. *Journal of Dairy Science.* 1979; 62(8):1195–206.

Hosnedlová B, Trávníček J, Šoch M. Current view of the significance of zinc for ruminants: a review. *Agric Trop Subtrop.* 2007;40 (2):57–64.

Kachuee R, Moeini MM, Souri M. The effect of dietary organic and inorganic selenium supplementation on serum Se, Cu, Fe and Zn estatus during the late pregnancy in Merghoz goats and their kids. *Small Ruminant Reserch.* 2013; 110:20–7.

Kinal S, Korniewicz A, Jamroz D, Zieminski R, Slupczynska M. Dietary effects of zinc, copper and manganese chelates and sulphates on dairy cows. *Journal of Food, Agriculture & Environment.* 2005; 3:168-72.

Kincaid RL. Assessment of trace mineral estatus of ruminants : A review. *Proceedings of the American Society of Animal Science.* 1999; 1–10.

Krajničáková M, Kováč G, Kostecký M, Valocký I, Maraček I, Šutiaková I, Lenhardt I. Selected clinico-biochemical parameters in the puerperal period of goats. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*. 2003; 47:177–82.

Liesegang A, Risteli J, Wanner M. The effects of first gestation and lactation on bone metabolism in dairy goats and milk sheep. *Bone*. 2006; 38:794–802.

Liesegang A. Influence of Anionic Salts on Bone Metabolism in Periparturient Dairy Goats and Sheep. *J Dairy Sci*. 2008; 91(6):2449–60.

Maynard LA, Loosli JK, Hintz Hf, Warner RG. Los elementos inorgánicos y su metabolismo. En: *Nutrición animal*. 4ª Edición. México, Ed Mc Graw Hill, 1992, p. 233-300.

Meschy F (Editions Quae) 2010. *Nutrition minérale des ruminants*. Collection Savoir faire. Disponible on line: https://books.google.com.ar/books?id=tShr4KvgFI8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acceso 25/08/2017.

Meschy F. Alimentation minerale et vitaminique des ruminants: Actualisation des connaissances. *Prod Anim*. 2007; 20(2):119–28.

Meschy F. Mineral nutrition (macro-elements): recent progress in goats. *Prod Anim*. 2002; 15(4):267–71.

Meschy F. Recent Progress in Assessment of Minerals Requirements of Goats. *Liv Prod Sci*. 2000; 64:9–14.

Minatel L, Carfagnini JC. Copper deficiency and immune response in ruminants. *Nutr Res*. 2000; 20(10):1519–29.

Minson DJ (Academic Press Inc.) 1990. *Forage in ruminant nutrition*. Disponible on line: [http://dlx.bok.org/genesis/1019000/1d97d36f120b2e49ab4b24001e8b25f0/_as/http://dlx.b-ok.org/genesis/1019000/1d97d36f120b2e49ab4b24001e8b25f0/_as/\[Dennis_J_Minson\]_Forage_in_ruminant_nutrition\(b-ok.org\).pdf](http://dlx.bok.org/genesis/1019000/1d97d36f120b2e49ab4b24001e8b25f0/_as/http://dlx.b-ok.org/genesis/1019000/1d97d36f120b2e49ab4b24001e8b25f0/_as/[Dennis_J_Minson]_Forage_in_ruminant_nutrition(b-ok.org).pdf). Acceso: 30/08/17

Müschen BYH, Petri A, Breves G, Pfeffer E. Response of lactating goats to low phosphorus intake 1. Milk yield and faecal excretion of P and Ca. *J Agricultural Sci*. 1988; 111:255–63.

NRC. National Research Council of the National Academies. Minerals. En: Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids. USA, Washington D.C., The National Academies Pres. 2007, 112-49.

Pandya U, Kumar D, Arya JS. Plasma mineral profile during gestation and post partum in sheep and goats. Indian Vet J. 2012; 89(11):106–8.

Payne JM, Dew SM, Manston R, Faulks M. The use of a metabolic profile test in dairy herds. Vet Rec. 1970; 87(6):150–8

Pechin GH, Corbellini CN y Cseh SB. Deficiencia experimental de zinc en ovinos. Efecto sobre la concentración tisular de zinc y cobre. Revista Argentina de Producción Animal 2008; 28(1): 1-112.

Pechin GH. Absorción, metabolismo y homeostasis del zinc en los animales y el hombre. Ciencia Veterinaria. 2012; 14(1):93-125.

Pfeffer E, Beede DK, Valk H. Phosphorus metabolism in ruminants and requirements of cattle. En: Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle. Reino Unido, CABI Publishing, 2005, p. 195-232.

Posada S L, Noguera R R, Bedoya O. 25 Mayo 2012: Perfil metabólico de cabras lactantes de las razas Saanen y Alpina. Livestock Research for Rural Development. 24(10). <http://www.lrrd.org/lrrd24/10/posa24182.htm>

Quintela MA, Becerra JJ, Rey C, Diaz C, Cainzos J, Rivas F, Huanca W, Prieto A, Herradón PG. Perfiles metabólicos en preparto, parto y postparto en vacas de raza rubia gallega: estudio preliminar. Recursos rurais. 2011; 7:5-14.

Reinhardt TA, Lippolis JD, McCluskey BJ, Goff JP, Horst RL. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. Vet J. 2011; 188:122–4.

Rucker RB, Fascetti AJ, Keen CL. Trace minerals. En: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (eds.) Clinical biochemistry of domestic animals. 6° Edición. California, USA, Academic press, 2008, p. 663-93.

Salama AAK, Caja G, Albanell E, Such X, Casals R, Plaixats J. Effects of dietary supplements of zinc-methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. The Journal of Dairy Research. 2003; 70:9–17.

Salem N. Effect of Lactation on Hemato-Biochemical and Minerals Constituents in Small Ruminant. *Int J Vet Sci.* 2017; 6(1):53–6.

Samardžija M, Dobranić T, Lipar M, Harapin I, Prvanović N, Grizelj J, Gregurić Gračner G, Dobranić V, Radišić B, Đuričić D. Comparison of blood serum macromineral concentrations in meat and dairy goats during puerperium. *Veterinarski Arhiv.* 2011; 81(1):1–11.

Schröder B, Breves G. Mechanisms and regulation of calcium absorption from the gastrointestinal tract in pigs and ruminants: comparative aspects with special emphasis on hypocalcemia in dairy cows. *Animal Health Research Reviews.* 2007; 7(1-2):31–41.

Schröder B, Rittmann I, Pfeffer E, Breves G. In vitro studies on calcium absorption from the gastrointestinal tract in small ruminants. *J Comp Physiol B.* 1997; 167:43–51.

Schweinzer V, Iwersen M, Drillich M, Wittek T, Tichy A, Mueller A, Krametter-Froetscher R. Macromineral and trace element supply in sheep and goats in Austria. *Veterinarni Medicina.* 2017; 62(02):62–73.

Smith OB, Akinbamijo OO. Micronutrients and reproduction in farm animals. *Anim Reprod Sci.* 2000; 60–61:549–60.

Socha M, Rapp D, Van der Meer JP. Effect of trace mineral level and source on performance of dairy cattle. *Krmiva* 46. 2004, 3: 161-64

Starke S, Reimers J, Muscher-Banse AS, Schröder B, Breves G, Wilkens MR. Gastrointestinal transport of calcium and phosphate in lactating goats. *Livest Sci.* 2016; 189:23–31.

Suttle N. Nutrients, Digestion and Absorption. Absorption of Minerals and Vitamins. En: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH (eds.) *Encyclopedia of Dairy Sciences.* 2° Edición, USA, Elsevier, 2011; 996-1002.

Trezeguet M, Manilla G, Lacchini R, Muro G, Cordiviola C, Antonini A. Junio 2008. Evolución de indicadores del metabolismo mineral de cabras en gestación y lactancia con diferentes niveles nutricionales. *Albeitar Portal Veterinario.* <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3612/articulos-rumiantes-archivo/evolucion-de-indicadores-del-metabolismo-mineral-de-cabras-en-gestacion-y-lactancia-con-diferentes-niveles-nutricionales.html>

Vázquez-Armijo JF, Rojo R, Salem AZM, López D, Tinoco JL, González A, Pescador N, Domínguez-Vara IA. Trace elements in sheep and goats reproduction: A review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011; 14:1–13.

Wilkins MR, Breves G, Schröder B. A goat is not a sheep: physiological similarities and differences observed in two ruminant species facing a challenge of calcium homeostatic mechanisms. *Animal Production Science*. 2014a; 54:1507–11.

Wilkins MR, Liesegang A, Richter J, Fraser DR, Breves G, Schröder B. Differences in peripartal plasma parameters related to calcium homeostasis of dairy sheep and goats in comparison with cows. *Journal of Dairy Research*; 2014b; 81: 325-32.