

Niveles plasmáticos de calcio, magnesio y fósforo en rodeos lecheros del Valle de Lerma, Salta, Argentina

MARTÍNEZ, G.M.¹; MICHELOUD, J.F.²; SUÁREZ, V.H.²; ROSA, D.E.³; VENTURA, M.V.³; ORTEGA, A.¹; SÁNCHEZ, C.⁴; MATTIOLI, G.A.³

RESUMEN

La cuenca lechera del Valle de Lerma representa una de las economías regionales más relevantes para la provincia de Salta. Si bien es conocida la importancia que tienen macrominerales como calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) sobre la producción y la salud de los rodeos lecheros, se desconoce la prevalencia de sus desequilibrios. Con el propósito de conocer estos datos se muestrearon 584 vacas de 4 tambos del Valle de Lerma, en 4 oportunidades y a intervalos de 3 a 4 meses entre sí. En cada visita se sangraron por punción yugular entre 9 y 10 animales de cada categoría: parto, vaca fresca, 2.º tercio de lactancia y 3.º tercio de lactancia. Se determinaron los valores de Ca y Mg sérico por espectrofotometría de absorción atómica y P por espectrofotometría UV-visible. Para los análisis estadísticos los valores de referencia para considerar hipocalcemia clínica y subclínica fueron <5,5 y de 5,5 a <8,5 mg/dl respectivamente. Para el caso del magnesio se consideró hipomagnesémicos los valores inferiores a 1,8 mg/dl. Los valores de referencia para hipofosfatemia, e hiperfosfatemia fueron de <4 y >6,18 mg/dl respectivamente. Las asociaciones entre variables fueron analizadas mediante correlación lineal (Pearson) y regresión lineal simple, además de analizar la probabilidad de ocurrencia de hipocalcemia mediante odds ratio. Las diferencias entre variables y periodos de lactancia se examinaron mediante los análisis de varianza y test de Tukey y de chi cuadrado usando el test de Fisher. La media del Ca sérico fue de 8,85 mg/dl, sin hallarse diferencias entre periodos de lactancia. La prevalencia media de hipocalcemia fue del 46,2% en todos los periodos productivos. La media del Mg sérico fue de 2,26%, con una prevalencia de hipomagnesemia del 10,6% y una mayor proporción de vacas hipomagnesémicas al parto. Los animales con hipomagnesemia presentaron una probabilidad 3,5 veces mayores de sufrir hipocalcemia respecto a aquellos con valores normales. La prevalencia de animales con valores anormales de P fue elevada (48,3%), y si bien no se asociaron con los niveles de hipocalcemia, demostraron que el excesivo aporte dietario representa un riesgo sanitario y también medioambiental. En virtud a los resultados obtenidos en el presente trabajo se advierte de los riesgos potenciales de desequilibrios de Ca, Mg y P en los rodeos lecheros del Valle de Lerma.

Palabras clave: desbalance, minerales, vacas lecheras.

ABSTRACT

The dairy production of the Lerma Valley is one of the most relevant regional economies of the province of Salta. In order to know imbalances prevalence of calcium (Ca), phosphorus (P) and magnesium (Mg), 584 dairy cows of 4 farms of basin Lerma Valley were sampled in 4 opportunities. At each visit were bled from the

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta, RN 68 km 172 (4403) Cerrillos, Salta. Correo electrónico: martinez.gabriela@inta.gob.ar

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de investigación animal para el Chaco Semiárido, Área de Salud Animal.

³Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Veterinaria.

⁴Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales.

jugular vein of 9/10 animals in each category: prepartum, fresh cow, 2nd and 3rd third of lactation. Values Ca and Mg serum were obtained by atomic absorption spectrophotometry and P values by UV-visible spectrophotometry. Associations between variables were analyzed using linear correlation and linear regression, in addition to analyzing the probability of occurrence of hypocalcemia by odds ratio. Differences between variables and moment of lactation were examined by analysis of variance and Tukey's test and Chi square using Fisher's test. The mean serum Ca was 8.85 mg / dl, with no differences found all over the periods. The average prevalence of hypocalcemia was 46.2% in all production periods. The mean serum Mg was 2.26%, with a prevalence of 10.6% hypomagnesemia. Animals with hypomagnesemic had a 3.5 times greater chance of having hypocalcemia compared to those with normal values. The prevalence of animals with abnormal values of P was high (48.3%), without association with hypocalcemia levels. Pursuant to the results obtained in this study are warned of the potential risks of imbalances Ca, Mg and P in the dairy herds Lerma Valley.

Keywords: imbalance, minerals, dairy cows.

INTRODUCCIÓN

La producción lechera en la cuenca del Valle de Lerma representa una de las economías regionales más relevantes para la provincia de Salta. La producción media diaria es de 21,5±5,3 l/vaca, con producción promedio por tambor de 4900 l/día; y con rodeos promedio de 208±105 animales en ordeño (Suárez y Martínez, 2015a). El sistema de producción predominante es de tipo pastoril, basado en pasturas templadas con altas tasas de suplementación y animales de elevado valor genético, similares a otras cuencas lecheras de Argentina.

Se conoce la importancia que tienen los macrominerales como calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) sobre la producción y la salud de los rodeos lecheros (Goff y Horst, 2003). Los desbalances minerales constituyen un tema de preocupación asociado al bienestar animal y a la rentabilidad de la industria lechera. Sin embargo, su impacto en los sistemas productivos por lo general pasa desapercibido, ya que en la mayoría de los casos tienen una presentación subclínica, afectando la salud y los niveles productivos, pudiendo confundirse con otras alteraciones (Contreras *et al.*, 1990). Los ejes metabólico-nutricionales que controlan los niveles de Ca, P y Mg parecen ser los más comprometidos durante las primeras etapas posparto, y cada vez existen más evidencias sobre la estrecha relación entre los sistemas endócrinos que controlan el metabolismo y aquellos que regulan el sistema inmunológico (Elsasser, 1992).

El diagnóstico de los desbalances de macrominerales constituye una de las bases de la medicina preventiva en los rodeos lecheros (Wittwer, 2007). De este modo la medición de los niveles de Ca, P, y Mg sérico resulta ser una herramienta útil para monitorear estos desequilibrios (Herdt *et al.*, 2000). A nivel nacional algunos trabajos ponen de manifiesto la importancia de estos desbalances minerales para el sector lechero (CLAVES, 2009). El informe CLAVES identifica dentro de las causas de mortandad más importante en los primeros noventa días posparto la asociación entre hipocalcemia e hipomagnesemia. A su vez, además de resultar las enfermedades diagnosticadas con mayor

frecuencia explican alrededor del 10,5% de las muertes durante este periodo. Por una parte dicho informe destaca que aquellos animales adultos que sufren un episodio de desbalance mineral, sea de Ca o Mg durante los primeros 3 meses de lactancia, presentan una disminución a lo largo de este periodo de 166 litros de leche. Por otra parte además de las pérdidas de producción lácteas es importante poner de manifiesto lo oneroso de los tratamientos, es decir, insumos y horas hombre que conllevan este tipo de patologías (CLAVES, 2009).

Si bien los trabajos de relevamiento sérico resultan esenciales en el diagnóstico de los desbalances minerales en el sistema lechero, no existen antecedentes para la Cuenca del Valle del Lerma (Salta) en este sentido. El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis descriptivo y comparativo de los niveles séricos de Ca, P y Mg, evaluando la prevalencia de sus desbalances y su asociación entre sí y con las etapas productivas en rodeos lecheros de la cuenca salteña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 4 tambos comerciales de la cuenca lechera del Valle de Lerma en Salta. En todos los establecimientos la alimentación fue de tipo pastoril, siendo la base forrajera pasturas templadas (praderas polifíticas) con altas tasas de suplementación tanto energética como proteica, lo que es representativo de la región (Suárez y Martínez, 2015a). Las prácticas de manejo tanto nutricionales como sanitarias, como así también el biotipo lechero empleado fueron similares en los cuatro establecimientos y la producción promedio fue de 7979 l de leche/vaca/lactancia con extremos de 7176 y 8472 litros. Cada establecimiento fue muestreado 4 veces a intervalos de 3 a 4 meses entre sí (primavera 2013, verano de 2014, otoño 2014 y primavera 2014). En cada muestreo se seleccionaron al azar 36 a 40 vacas de 4 periodos productivos (9 a 10 por periodo) que fueron: Preparto, aproximadamente 21 días antes de la fecha probable de parto; Lactancia temprana o Vaca Fresca, durante los primeros 30 días de lactancia; Lactancia media,

entre 90 y 120 días en leche y Lactancia tardía, entre 200-305 días. La totalidad de las muestras correspondieron a vacas de más de 2 partos.

Determinación de Ca, Mg y P en suero

Las muestras de sangre se obtuvieron por punción yugular. Se extrajo suero libre de hemólisis por centrifugación para la determinación de Ca, P y Mg. Las concentraciones de Ca y Mg se midieron por espectrofotometría de absorción atómica de llama (Perkin Elmer AAnalyst 200), previa dilución en LaCl (0,1 N), y las determinaciones de P se realizaron mediante espectrofotometría UV-visible (Perkin Elmer-Lambda25), según indicaciones del fabricante.

Análisis estadísticos

Para los análisis estadísticos los valores de referencia para considerar hipocalcemia clínica y subclínica fueron <5,5 y de 5,5 a <8,5 mg/dl respectivamente (McDowell, 2002; Goff, 2006; Chapinal *et al.*, 2012). Para el caso del Mg se consideró hipomagnesemia a los valores inferiores a 1,8 mg/dl (McDowell, 2002). Los valores de referencia para hipofosfatemia e hiperfosfatemia fueron <4 y >6,18 mg/dl respectivamente (Goff, 2006).

Las relaciones entre variables de los valores séricos fueron analizadas usando correlación lineal (Pearson) y regresión lineal simple, además de analizar la probabilidad de ocurrencia de hipocalcemia mediante odds ratio. Las diferencias entre variables y periodos de lactancia se examinaron mediante los análisis de varianza y test de Tukey y de chi cuadrado usando el test de Fisher. Para los análisis indicados se utilizó el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentraciones séricas de Ca los diferentes periodos productivos

La hipocalcemia clínica se asocia a valores de hipocalcemia severa, inferiores a 5,5 mg/dl, mientras que la forma subclínica se asocia a valores de hipocalcemia moderada, de entre 5,5 a 8,0 mg/dl (McDowell, 2002; Goff, 2006).

En este estudio los valores promedio de Ca se ubicaron por dentro de los rangos normales de referencia y no mostraron diferencias significativas entre periodos productivos, aunque en todos ellos se halló un porcentaje elevado de vacas con hipocalcemia (tabla 1). Se cita que la hipocalcemia es más frecuente en el periparto, es decir, 4 semanas antes y 4 después del parto (Shank *et al.*, 1981; Curtis *et al.*, 1983; Stevenson y Lean, 1998). En el presente trabajo esta diferencia no llegó a ser significativa, pero el valor promedio más bajo y el mayor porcentaje de valores con hipocalcemia (53%) se observaron durante el preparto. En el posparto el 46% presentó hipocalcemia, lo cual es grave considerando que valores inferiores a 8,4-8,6 mg/dl durante los primeros días posparto se asocian con mayores concentraciones plasmáticas de ácidos grasos no esterificados y de β -hidroxibutirato, con aumentos de metritis y del intervalo parto concepción, y con menor producción de leche (Chapinal *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2012).

Se identificaron 13 animales con hipocalcemia severa (2,22%), inferior al 5% reportada por otros autores para rodeos con alimentación de base pastoril (Roche, 2003; Goff, 2006). Sin embargo, los presentes resultados coinciden con declaraciones de los tamberos del Valle de Lerma, quienes afirman padecer un $2,8 \pm 1,4\%$ de vacas caídas presumiblemente debido a hipocalcemia (Suárez *et al.*, 2015). Sánchez y Saborío Montero (2014), en un relevamiento en vacas Holstein en sistemas pastoriles, obtuvieron una prevalencia general de hipocalcemia de 57% (n=86), donde el 6,6% fueron casos clínicos y el 50% subclínicos; prevalencia similar al 46% de hipocalcemias observadas en el presente trabajo.

La importancia de la prevención de la hipocalcemia al parto se basa en sus consecuencias. Trabajos de Curtis *et al.* (1985) y Gröhn *et al.* (1990) indican que cada vaca que padece un caso de hipocalcemia al parto presenta 7,2 veces más posibilidades de tener un parto distócico, 5,7 veces más posibilidades de padecer retención de placenta y 5,4 veces más posibilidades de manifestar casos clínicos de mastitis durante los primeros 90 días en leche, a la vez que aumenta la posibilidad de episodios de metritis, desplazamiento del abomaso y cetosis. Una causa de hipocalcemias al parto es la elevada concentración de potasio en el alimento, lo cual genera alcalosis metabólica (Rérat

Periodo	n	Media (mg/dl)	D.E.	Hipocalcémicas (%)
Preparto	135	8,55 a	1,94	53
Vaca Fresca (hasta 30 días posparto)	155	8,82 a	1,94	46
2.º tercio lactancia	140	8,96 a	1,94	46
3.º tercio lactancia	154	9,06 a	1,89	41

Tabla 1. Valores de calcio sérico por periodo de lactancia.

D.E.: Desvío Estándar.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Periodo	n	Media (mg/dl)	D.E.	Hipomagnesémicas (%)
Preparto	135	2,17 a	0,4	14,8 a
Vaca Fresca	155	2,30 b	0,5	9,0 b
2.º tercio lactancia	140	2,29 b	0,4	10,0 b
3.º tercio lactancia	154	2,27 ab	0,4	9,1 b

Tabla 2. Valores de magnesio sérico por periodo de lactancia.

D.E.: Desvío Estándar.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

et al., 2009). Considerando que la producción de leche en el Valle de Lerma es de base pastoril, la corrección del balance aniónico-catiónico de la dieta surge como una alternativa válida a explorar en la zona (DeGaris y Lean, 2008; Grünberg *et al.*, 2011).

Concentraciones séricas de Mg en los diferentes periodos productivos

Los valores promedio de magnesemia se mantuvieron dentro del rango de normalidad, aunque fueron significativamente más bajos durante el parto (tabla 2). Goff (1998) ha reportado que por lo general la hipomagnesemia se puede presentar al inicio de la lactancia, aunque también puede ocurrir al final de la gestación, en animales que pastorean forrajes de rápido crecimiento con concentraciones altas de potasio y nitrógeno y niveles bajos de Mg y sodio; situación que coincide con la alimentación tipo a lo largo de la lactancia de los rodeos del Valle (Suárez y Martínez, 2015b).

La hipomagnesemia en los rodeos lecheros puede resultar esporádica y de incidencia variable, llegando a afectar hasta el 20% de las vacas en pastoreo, con una mortalidad del 2 al 3% (Goff, 1998). Frecuentemente esta afección es subclínica en los rodeos lecheros (Goff, 2006). En esta situación la hipomagnesemia reduce la sensibilidad de los tejidos a la hormona paratiroidea e interfiere con la homeostasis del calcio, generando hipocalcemia secundaria (Goff, 2006; Lean *et al.*, 2006).

Concentraciones séricas de P en los diferentes periodos productivos

En la tabla 3 se presentan los valores de P discriminados por estadios productivos y los porcentajes de animales con valores por encima y por debajo del rango de normalidad.

Si bien el porcentaje de animales hiper e hipofosfatémicos no se diferenció por estadio productivo, el valor medio de P parto fue significativamente más alto que en la vaca fresca (tabla 3). Este descenso podría deberse al P que se elimina del organismo por leche, el cual es independiente de su concentración en plasma (Grünberg, 2008). A este factor se suman los mayores niveles de PTH en el posparto inmediato, lo cual aumenta las pérdidas de P por saliva y orina (Goff, 2000).

La elevada cantidad de animales fuera del rango normal estarían indicando irregularidades en el aporte dietario de P, siendo su principal determinante, más allá del nivel productivo o el aporte de forraje en la dieta (Wu, 2005). Cuando el aporte de P por la dieta no es adecuado se reduce el consumo de materia seca durante el periodo seco y baja la producción lechera posparto (Valk y Sebek, 1999). Cuando el aporte es excesivo aumenta la pérdida fecal y urinaria, representando un factor de contaminación ambiental (Wu, 2005).

Relación entre la magnesemia y la calcemia

Cuando se excluyen los animales en rangos de magnesemia resulta que las vacas con hipomagnesemia presen-

Periodo	n	Media (mg/dl)	D.E.	Hipofosfatémicas (%)	Hiperfosfatémicas (%)
Preparto	97	5,67 b	1,6	18 a	36 a
Vaca Fresca (hasta 30 días posparto)	110	5,01 a	1,2	22 a	19 a
2.º tercio lactancia	102	5,36 ab	1,6	28 a	32 a
3.º tercio lactancia	110	5,31 ab	1,5	22 a	29 a

Tabla 3. Valores de fósforo sérico por periodo de lactancia.

D.E.: Desvío Estándar.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Rango	Media (mg/dl)	n	D. E.
Hipomagnesemia (<1,80 mg/dl)	7,98 a	62	2,36
Normomagnesemia (≥1,80 mg/dl)	9,17 b	522	2,28

Tabla 4. Concentración media de calcio sérico en relación con los rangos de magnesemia.

D.E.: Desvío Estándar.

tan a su vez valores inferiores de calcemia ($p < 0,0001$; tabla 4). Como se explicara anteriormente, la reducción de los niveles de magnesio en la sangre comprometen la homeostasis del calcio haciendo que los tejidos blanco pierdan sensibilidad para la PTH y la vitamina D activa (Reinhardt *et al.*, 1988).

Al evaluar la asociación correspondiente entre el nivel de magnesio y calcio séricos se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,3 y la determinación del Ca sérico a partir del Mg sérico como variable regresiva resultó significativa y de tipo lineal ($\text{Ca mg/dl} = 5,42 + 1,6x [\text{Mg mg/dl}]$; $r^2: 0,09$; $p < 0,0001$).

Trabajos más recientes proponen elevar el rango inferior de calcemia a 8,4 mg/dl en vacas de alto mérito genético y productividad (Chapinal *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2012). Aplicando este valor a la ecuación anterior, el límite inferior de normomagnesemia debería elevarse a 1,87 mg/dl, al menos en sistemas lecheros de este tipo.

Si bien la deficiencia de Mg no resultaría ser la patología más relevante, aquellos animales con hipomagnesemia presentaron una probabilidad 3,5 mayor de sufrir hipocalcemia respecto a aquellos con valores normales (odds ratio: 3,53 LI 95% 1,98 LS 95% 6,29). Por un lado, al ordenar los datos en una tabla de contingencia, se observa que solo el 7,7% de los animales presentaron una deficiencia conjunta de hipomagnesemia con hipocalcemia (tabla 5). Esto lleva a pensar que los casos de hipocalcemia observados se deberían fundamentalmente a aspectos biológicos propios de la homeostasis del Ca y no secundarios a la carencia del Mg, coincidiendo además con informes previos (Sánchez *et al.*, 2014). Por otro lado, esta distribución podría interpretarse en función de que la hipomagnesemia sería responsable de la hipocalcemia, por lo cual el 73% de las vacas con hipomagnesemia presentan hipocalcemia secundaria a la carencia de Mg, mientras que de los animales que presentan hipocalcemia, posiblemente como consecuencia primaria de su estado fisiológico, solo el 5% presentaba hipomagnesemia. La relación causal sigue siendo que la hipomagnesemia genera una hipocalcemia secundaria, pero no a la inversa, en coincidencia con trabajos anteriores (Goff, 2006; Lean *et al.*, 2006).

Relación entre los valores de fósforo sérico y la calcemia

No se hallaron relaciones significativas entre aquellos animales que presentaron hiperfosfatemia (Chi 0,03; $p < 0,85$) o hipofosfatemia (Chi 0,9; $p < 0,35$) y a su vez hi-

	Hipo Mg	Normo Mg	Total
HipoCa	45	225	270
Normo Ca	17	297	314
Total	62	522	584

Tabla 5. Tabla de contingencia que ubica el número de vacas con o sin hipocalcemia en función de padecer o no hipomagnesemia (Chi 19,72; $p < 0,0001$).

pocalcemia. Sin embargo, la hipocalcemia puede estar asociada a ambas. La mayoría de los casos de hipocalcemia clínica (paresia puerperal) se encuentran asociados a hipofosfatemias, de modo que la corrección con Ca parenteral genera la recuperación espontánea del P, mientras que cuando esto no ocurre, la hipofosfatemia persistente en una causa frecuente del síndrome de vaca caída (Grünberg, 2008). Las hiperfosfatemias debidas al exceso de P en el parto conducen a hipocalcemias secundarias en el posparto. Con aportes 0,21; 0,31 y 0,44% P en el parto de vacas lecheras en ningún caso se alteró el metabolismo óseo ni los niveles de PTH o vit. D (Peterson *et al.*, 2005). Sin embargo, en este trabajo se observó que los animales con mayor aporte de P presentaron las menores calcemias durante el posparto, sugiriendo un efecto de interferencia. Este ocurriría cuando la dieta aporta exceso de P (>50 g/día) en el parto de vacas lecheras, inhibiendo la activación renal de vit. D y predisponiendo a la paresia puerperal (Schonewille *et al.*, 1999). NRC (2001) sugiere una relación no inferior 1:1 y no superior 7:1 siempre y cuando el consumo de fósforo se ajuste a los requerimientos de los animales. Valores por encima o por debajo de estos límites se asocian a una mayor incidencia de hipocalcemia.

CONCLUSIONES

Al estudiar las prevalencias de hipocalcemia, hipomagnesemia y de los desbalances del P en los rodeos del Valle de Lerma, se destaca la elevada prevalencia de hipocalcemia, de 46,2% promedio en todos los periodos de lactancia. En cuanto a la prevalencia de hipomagnesemia, que resultó del 10,6% fue más elevada durante el parto que en el resto de las categorías. También se halló una alta proporción de vacas (48,3%) con desbalances en la concentración de P, siendo más frecuentes las hiperfosfatemias que las hipofosfatemias.

Es importante destacar que la deficiencia de magnesio parece tener un rol muy importante en la aparición de hipocalcemias posparto, ya el 73% de las vacas con hipomagnesemia presentan hipocalcemia, indicando que estas tuvieron una probabilidad 3,5 veces mayor de sufrir hipocalcemia respecto a aquellas con valores normales de Mg. Aunque se halló un porcentaje elevado de animales con niveles de P fuera del rango normal, no se observaron asociaciones entre este mineral con los de incidencia de hipocalcemia.

En virtud a los resultados obtenidos en el presente trabajo se sugiere corregir el aporte de minerales en las dietas de los rodeos lecheros del Valle de Lerma con un énfasis particular en evitar las hipocalcemias, especialmente secundarias a bajos aportes de Mg, así como los excesos de P en la dieta, a fin de minimizar los riesgos sanitarios y ambientales que conllevan.

BIBLIOGRAFÍA

- CHAPINAL, N.; LEBLANC, M.; CARSON, K.; LESLIE, S.; GODDEN, M.; CAPEL, J.; SANTOS, M.; OVERTON, N.; DUFFIELD, T. 2012. Herd-level association of serum metabolites in the transition period with disease, milk production, and early lactation reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 95,5676-5682.
- CLAVES. 2009. Organización y Análisis de un Sistema de Registros de Enfermedades del Periparto en Vacas Lecheras: su Incidencia e Impacto Económico sobre las Empresas. (Disponible: <http://www.infortambo.com/admin/upload/arch/Claves%201%20reporte%20final.pdf> verificado: 02 de agosto de 2017).
- CONTRERAS, P.A.; WITTEWER, F.; BÖHMWALD, H. 1990. Concentraciones de calcio, fósforo y magnesio en suero sanguíneo de bovinos de leche en 40 predios lecheros de la X Región, Chile. *Arch. Med. Vet.* 22, 185-189.
- CURTIS, C.R.; ERB, H.N.; SNIFFEN, G.J.; SMITH, R.D.; POWERS P.A.; SMITH, M.C.; WHITE, M.E.; HILLMAN, R.B.; PEARSON, E.J. 1983. Association of parturient hypocalcemia with periparturient disorders in Hols. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 183(5), 559-61.
- CURTIS, C.R.; ERB, H.N.; SNIFFEN, C.J.; SMITH, R.D.; KRONFELD, D.S. 1985. Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 68(9), 2347-60.
- DEGARIS, P.J.; LEAN, I.J. 2008. Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles. *Vet. J.* 176(1), 58-69.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- ELSASSER, T.H. 1992. The impact of production disease stress on the character of growth and productivity of food producing animal. *Proc. 8th. Int. Conf. on Prod. Diseases in Farm Animals, University of Berne, Suiza.* 1-15 pp.
- GOFF, J.P.; HORST, R.L. 2003. Milk fever control in the United States. *Acta Vet Scand Suppl.* 97, 145-147.
- GOFF, J.P. 1998. Ruminant hypomagnesemic tetanies. *Current Veterinary Therap: Food Animal Practice.* 4th Ed. Edited by Jimmy L. Howard. W.B. Saunders. Philadelphia, Pa. EUA. 1-9 pp.
- GOFF, J.P. 2000. Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 13, 619-639.
- GOFF, J.P. 2006. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milkfever and other periparturient mineral disorders. *Animal Feed Science and Technology* 126, 237-257.
- GRÖHN, Y.T.; ERB, H.N.; MCCULLOCH, C.E.; SALONIEMI, H.S. 1990. Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle: Associations among host characteristics, disease and production. *Prev. Vet. Med.* 8, 25-39.
- GRÜNBERG, W.; DONKIN, S.S.; CONSTABLE, P.D. 2011. Periparturient effects of feeding a low dietary cation-anion difference diet on acid-base, calcium, and phosphorus homeostasis and on intravenous glucose tolerance test in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94(2), 727-745.
- GRÜNBERG, W. 2008. Phosphorus Homeostasis in Dairy Cattle: Some Answers, More Questions. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 29-35.
- HERDT, T.H.; RUMBEIHA, W.; BRASELTON, W.E. 2000. The use of blood analyses to evaluate mineral status in livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 16(3), 423-444.
- LEAN, I.J.; DEGARIS, P.J.; MCNEIL, D.M.; BLOCK, E. 2006. Hypocalcemia in dairy cows: meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *J. Dairy Sci.* 89(2), 669-684.
- MCDOWELL, L.R. 2002. Recent advances in mineral and vitamins on nutrition of lactating cows. *Pakistan Journal of Nutrition* 1(1), 8-19.
- MARTINEZ, N.; RISCO, C.; LIMA, F.; BISINOTTO, R.; GRECO, L.; RIBEIRO, E.; GALVAO, K.; SANTOS, J. 2012. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *J. Dairy Sci.* 95, 7158-7172.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, 2001. National Academy Press. Washington, D. C., EUA.
- OETZEL, G.R. 2002. Milk Fever. *Encyclopedia Dairy Science.* Vol 2. Editorial Academic Press. Biblioteca de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 824-830 pp.
- REINHARDT, T.A.; HORST, R.L.; GOFF, J.P. 1988. Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 4, 331.
- RÉRAT, M.; PHILIPP, A.; HESS, H.D.; LIESEGANG, A. 2009. Effect of different potassium levels in hay on acid-base status and mineral balance in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92(12), 6123-6133.
- ROCHE, J.R. 2003. The incidence and control of hipocalcemia in pasture-based systems. *Acta Vet. Scand.* 97, 141-144.
- SÁNCHEZ, J.M.; SABORÍO-MONTERO, A. 2014. Hipocalcemia e Hipomagnesemia en un hato de vacas Holstein, Jersey y Guernsey en pastoreo. *Agronomía Costarricense* 38(2), 55-65.
- SCHONEWILLE, J.T.; VAN, A.T.; KLOOSTER, T.; WOURTESE, H.; BEYNEN, A.C. 1999. Hypocalcemia induced by intravenous administration of disodium ethylenediaminetetraacetate and its effects on excretion of calcium in urine of cows fed a high chloride diet. *J. Dairy Sci.* 82, 1317-1324.
- SHANK, R.D.; FREEMAN, A.E.; DICKINSON, F.N. 1981. Postpartum distribution of costs and disorders of health. *J. Dairy Sci.* 64, 683-688.
- STEVENSON, M.A.; LEAN, I.J. 1998. Descriptive epidemiological study on culling and deaths in eight dairy herds. *Australian Veterinary Journal* 76, 482-488.
- SUÁREZ, V.H.; MARTÍNEZ, G.M. 2015a. Caracterización de los sistemas productivos de leche del Valle de Lerma, Salta. *Revista Argentina de Producción Animal* 35(1), 109.
- SUÁREZ, V.H.; MICHELOUD, J.F.; MARTINEZ, G.M.; BERTONI, E.A.; NEUMANN, R.D. 2015. Presencia de enfermedades y problemas sanitarios en los tambos del Valle de Lerma, Salta. *Revista Argentina de Producción Animal* 35(1), 75.
- SUÁREZ, V.; MARTÍNEZ, G.M. 2015b. Características y Problemáticas Productivas - Sanitarias de la Lechería del Valle de Lerma (Salta). Ed INTA. 66 p.
- VALK, H.; SEBEK, L.B. 1999. Influence of long-term feeding of limited amounts of phosphorus on dry matter intake, milk production, and body weight of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82(10), 2157-2163.
- WITTEWER, F. 2007. Diagnóstico y control de carencias minerales en bovinos. *Seminario Internacional de Nutrición y Alimentación Animal UNISARC, Risaralda, Colombia.*
- WU, Z. 2005. Utilization of phosphorus in lactating cows fed varying amounts of phosphorus and sources of fiber. *J. Dairy Sci.* 88(8), 2850-2859.