

Estudio retrospectivo de la prevalencia de desbalances minerales en grupos de vacas lecheras en el sur de Chile

Prevalence of mineral imbalances in groups of dairy cows in the south of Chile: a retrospective study

C Wagemann^a, F Wittwer^b, R Chihuailaf^c, M Noro^{b,d*}

^aEscuela de Graduados, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

^bInstituto de Ciencias Clínicas Veterinarias, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

^cEscuela de Medicina Veterinaria, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.

^dUniversidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS, Brasil.

SUMMARY

The aim of this study was to describe and compare the frequency of mineral imbalances in groups of prepartum and lactating dairy cows in the south of Chile. The blood concentrations of calcium, inorganic phosphate, magnesium, sodium, potassium, copper and zinc, calcium:inorganic phosphate ratio and blood activity of the enzyme glutathione peroxidase, which indicates the selenium status, were analysed. The values were obtained from 3,216 metabolic profiles performed to groups of cows of Chilean dairy herds between 1986 and 2011. Each profile consisted of a group of 5 or more cows and according to their physiological condition and date in which the profiles were performed they were classified in categories (prepartum or lactating), periods (1986-2002 or 2003-2011) and seasons (summer, autumn, winter or spring). The means of the parameters in both categories were within the reference intervals used by the laboratory, with differences associated to period, category and season. The most common mineral imbalances were caused by deficiency of an element. From 1986 to 2002, hypomagnesemia and hyponatremia were the most frequent macromineral disorders in prepartum and lactating categories, respectively, while between 2003-2011 the frequency of hyponatremia and hyperphosphatemia increased in both categories. The most common trace mineral imbalance in both categories was deficiency of selenium. The results indicate that dairy herds of the south of Chile have metabolic and nutritional imbalances of minerals, mostly deficiencies, with variations associated to the physiological condition of the group and season that show an increase in recent years.

Key words: mineral imbalances, dairy cows, macromineral, trace minerals.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue describir y comparar la presentación de desbalances minerales en grupos de vacas parto y en lactación de rebaños lecheros del sur de Chile. Se analizaron las concentraciones de calcio, fosfato inorgánico, magnesio, sodio, potasio, cobre y zinc, razón calcio:fosfato inorgánico y actividad de la enzima glutatión peroxidasa, indicativa del estatus de selenio, obtenidas de 3.216 perfiles metabólicos realizados en muestras sanguíneas de grupos de vacas. Cada perfil estaba conformado por un grupo de 5 o más vacas y, de acuerdo a la fecha en que fueron procesados y estado fisiológico de los individuos, se clasificaron en períodos (1986-2002 o 2003-2011), estación del año (verano, otoño, invierno o primavera) y categorías (parto o lactación). Las medias de los parámetros en ambas categorías se encontraron dentro de los intervalos de referencia utilizados por el laboratorio, con diferencias según período, categoría y estación. Los desbalances provocados por la carencia de un elemento se presentaron con mayor frecuencia. La hipomagnesemia e hiponatremia fueron los desbalances de macroelementos más observados en 1986-2002 en las categorías parto y lactación, respectivamente; mientras que la hiponatremia e hiperfosfatemia aumentaron en ambas categorías en 2003-2011. La carencia de selenio fue el desbalance de microelementos más frecuente en ambas categorías. Los resultados indicaron que los rebaños lecheros del sur de Chile presentan desbalances metabólicos nutricionales de minerales, principalmente carencias, con variaciones asociadas al estado fisiológico de los grupos y estación del año y cuya presentación se ha incrementado en los últimos años.

Palabras clave: desbalances minerales, vacas lecheras, macroelementos, microelementos.

INTRODUCCIÓN

Diversos minerales han sido identificados como nutrientes esenciales para los bovinos, participando en el metabolismo animal y como constituyentes estructurales

de moléculas y tejidos. Por este motivo, proporcionar una cantidad adecuada de estos elementos en la dieta es fundamental para conservar la salud y maximizar la productividad de las vacas lecheras (NRC 2001, Wittwer 2007). Los minerales se clasifican en macro y microelementos, dependiendo de sus concentraciones en el organismo y los requerimientos de los animales. Los macroelementos esenciales para las vacas lecheras son el calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre,

Aceptado: 04.12.2013.

* Campus Uruguaiana, BR 472, Km 592, PO Box 118, ZIP: 97501-970, Uruguaiana-RS, Brasil; mirelanoro@gmail.com

siendo los desbalances en sus concentraciones sanguíneas asociados con la presentación de diversos trastornos metabólicos (NRC 2001, Goff 2006), mientras que dentro de los microelementos claves se encuentran el cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, selenio, yodo y zinc (NRC 2001, Andrieu 2008, Rucker y col 2008).

En las últimas décadas, la intensificación de las prácticas agropecuarias y la selección genética del ganado ha incrementado sostenidamente la producción láctea por animal, mejorando la competitividad de la explotación lechera. Sin embargo, esto ha conducido a un aumento en la presentación de alteraciones metabólicas, asociado a los mayores niveles productivos disociados de un aporte nutricional adecuado (Wittwer 2007, Mulligan y Doherty 2008). Por otro lado, la mayoría de los sistemas productivos lecheros en Chile se encuentran ubicados en el sur del país, especialmente entre las regiones de La Araucanía y de Los Lagos, donde las praderas son la principal fuente de alimento del ganado (Balocchi y col 2002, Teuber y col 2007). En relación con este aspecto, se debe considerar que la disponibilidad y composición nutritiva de este recurso forrajero no es constante a lo largo del año (Fulkerson y Donaghy 2001, Anrique y col 2008). Es así como las variaciones en el contenido de minerales en los pastos predisponen a la presentación de desbalances (Soder y Stout 2003).

Los desbalances de minerales ocupan un lugar importante dentro de los factores que limitan la productividad de las vacas lecheras. Estas alteraciones son originadas fundamentalmente por un desequilibrio entre la cantidad del elemento que ingresa al organismo y es absorbida, circula en la sangre y es depositada en los compartimientos u órganos de reserva y la que egresa por conceptos de mantenimiento y producción (Wittwer 2007, Mulligan y Doherty 2008). En estas circunstancias, sus concentraciones se alejan de los límites fisiológicos y se desarrollan alteraciones bioquímicas que culminan en trastornos estructurales (Wittwer 2007). Los cuadros carenciales son los desbalances minerales que se presentan con mayor frecuencia y constituyen un tema de preocupación asociado al bienestar animal y rentabilidad de la industria lechera (Khan y col 2004). Sin embargo, su impacto en los sistemas productivos muchas veces está subestimado, ya que en la mayoría de los casos tienen una presentación subclínica, por lo que su efecto sobre la salud y los niveles productivos es difícil de percibir, pudiendo confundirse con otras alteraciones que comúnmente afectan a los animales (Contreras y col 1990, Khan y col 2004).

El correcto y oportuno diagnóstico de los desbalances minerales constituye una de las bases de la medicina preventiva en los rebaños lecheros (Wittwer 2007). Por este motivo, la determinación de la concentración sanguínea de los macro y microelementos, o actividad sanguínea de ciertos parámetros indicadores del balance mineral, se realiza con frecuencia mediante perfiles metabólicos (Herdt y col 2000, Van Saun 2010). En Chile, la utilización de

estos exámenes en vacas lecheras se describe desde 1980 (Wittwer y Contreras 1980). A partir de esa fecha, numerosos estudios (Wittwer y col 1987, Wittwer y col 1988, Contreras y col 1990, Contreras y col 1996, Ceballos y col 1998, Scandolo y col 2004, Céspedes 2011) se han desarrollado con el objeto de evaluar el estado metabólico nutricional de los rebaños lecheros en el sur del país e identificar los trastornos que afectan clínica o subclínicamente a los animales. Pese a que la presencia de desbalances minerales ha sido descrita en vacas lecheras en Chile, observándose diferencias según la categoría animal, estación del año y ubicación geográfica de los rebaños, no se ha analizado la modificación que su presentación ha tenido en el sur del país hasta el 2011. En este contexto el objetivo del estudio fue determinar y comparar la presentación, modificación en el tiempo y variación estacional de desbalances de calcio, fósforo, razón calcio:fósforo inorgánico, magnesio, sodio, potasio, cobre, zinc y selenio diagnosticados en perfiles metabólicos realizados a grupos de vacas parto y en lactación provenientes de rebaños lecheros ubicados en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos durante el período 1986 al 2011.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 3.216 perfiles metabólicos realizados a grupos de vacas lecheras entre enero de 1986 y julio de 2011. Los perfiles fueron procesados en el Laboratorio de Patología Clínica Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile, a partir de muestras sanguíneas remitidas para el control del balance metabólico nutricional o determinación de desbalances metabólicos en los rebaños lecheros.

Se analizaron las medias de las concentraciones de calcio (Ca), fósforo inorgánico (Pi), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cobre (Cu) y zinc (Zn), razón Ca:Pi (Ca:Pi) y actividad de la enzima glutatión peroxidasa (GPx; EC 1.11.1.9), indicativa del estatus de selenio (Se) en el organismo, obtenidas en los perfiles. Las concentraciones plasmáticas de los macro y microelementos se determinaron entre 1986 y 2011, mientras que la actividad sanguínea de la enzima GPx se analizó desde 1997. Las técnicas y equipos utilizados para la determinación de los parámetros sanguíneos se indican en el cuadro 1.

SELECCIÓN DE LOS PERFILES METABÓLICOS

Se utilizaron aquellos perfiles que estaban constituidos por un grupo de 5 o más vacas, habitualmente 7, provenientes de rebaños lecheros ubicados en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (38°44' a 41°28' LS y 72°35' a 72°56' LO), Chile, y que contaban con información acerca de la fecha de ejecución de los exámenes y categoría del grupo (parto o lactación). Se consideró que un perfil pertenecía a la categoría lactación cuando el grupo de vacas que lo conformaba se encontraba en inicio

Cuadro 1. Técnicas analíticas y equipos utilizados para la determinación de las concentraciones de Ca, Pi, Mg, Na, K, Cu y Zn y actividad de GPx en muestras sanguíneas entre 1986 y 2011.

Analytical techniques and equipment used for the determination of Ca, Pi, Mg, Na, K, Cu and Zn concentrations and GPx activity in blood samples between 1986 and 2011.

Parámetro	Técnica analítica	Período	Equipo
Ca	EAA*, 422,7 nm	01/1986-12/1998	EAA Perkin-Elmer 403
Mg	EAA*, 285,2 nm	01/1999-05/2007	EAA Perkin-Elmer 2380
Cu	EAA*, 324,5 nm	06/2007-07/2011	EAA Thermo Electron Corporation®, S Serie
Zn	EAA*, 213,9 nm		
Na	Fotometría de llama, 589 nm		
K	Fotometría de llama, 766,5 nm		
Pi	Molibdato, fotométrico, UV, 630 nm, ANSA	01/1986-12/1998	Fotómetro Hitachi®, 4020
GPx	Cinético según Paglia y Valentine, UV 340 nm, art RS 506, Randox	01/1999-04/2008	Autoanalizador Roche®, Cobas Mira Plus
		05/2008-07/2011	Autoanalizador Wiener lab®, Metrolab 2300
		01/1997-12/1998	Fotómetro Hitachi®, 4020
		01/1999-04/2008	Autoanalizador Roche®, Cobas Mira Plus
		05/2008-07/2011	Autoanalizador Wiener lab®, Metrolab 2300

EAA* = espectrofotometría de absorción atómica.

de lactación (30-100 días en lactación), lactación media (101-200 días en lactación) o fin de lactación (más de 200 días en lactación), mientras que en la categoría parto se incluyeron aquellos perfiles compuestos por grupos de vacas en los 2 últimos meses de gestación. Los grupos de vacas incluidos en el estudio eran de diferentes edades y los perfiles metabólicos provenientes de grupos de vacas en parto o parto inmediato, así como los de vaquillas no fueron seleccionados para su análisis.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Los perfiles metabólicos se agruparon en dos períodos, 1986-2002 (n = 1.802; parto = 561 y lactación = 1.241) o 2003-2011 (n = 1.414; parto = 380 y lactación = 1.034), según el año en que fueron analizados y considerando el manejo de los registros en el laboratorio. La media de la calcemia, fosfatemia, magnesemia, natremia, kalemia, cupremia, zinquemia, razón Ca:Pi y actividad sanguínea de GPx de cada grupo fue ingresado a Excel, Microsoft Office 2007, considerando el período, categoría del grupo y estación del año en que se efectuaron los análisis (verano, otoño, invierno o primavera).

La presentación de desbalances de macro y microelementos se estableció a base de los intervalos de referencia utilizados por el laboratorio (Wittwer 2012, Wagemann y col 2014), considerándose que cuando en un grupo la media de los parámetros sanguíneos analizados se encontraba bajo o sobre los intervalos de referencia el resultado del perfil indicaba una alteración en el estado metabólico nutricional del grupo de vacas. Los desbalances minerales evaluados y los puntos de corte utilizados para su determinación se indican en el cuadro 2.

Las concentraciones de los elementos, razón Ca:Pi, actividad de la GPx y frecuencia de presentación de desbalances se analizaron para las categorías parto y lactación en ambos períodos, mientras que su estacionalidad se evaluó a partir de los datos de los grupos de vacas en lactación en el período 2003-2011.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados con el software IBM SPSS v.19 para Windows (SPSS Inc, Chicago IL, USA). Las concentraciones de Ca, Pi, Mg, Na, K, Cu y Zn, razón Ca:Pi y actividad de GPx se expresaron como media (\bar{x}) y desviación estándar (DE). La normalidad de los datos se determinó con la prueba de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con la prueba de Levene. Las diferencias entre períodos, categorías y estaciones se evaluaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA), modelo $X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$, donde X_{ij} = variable dependiente, μ = media general, α_i = efecto producido por el i -ésimo nivel, ε_{ij} = error experimental. En los casos en que se observaron diferencias significativas entre estaciones se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar las diferencias entre medias. Los datos que no presentaron una distribución normal o fueron heterocedásticos se analizaron por medio de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Por otro lado, la frecuencia de presentación de desbalances se expresó como porcentaje de grupos de vacas parto y en lactación con valores bajo y sobre los intervalos de referencia. Las diferencias entre períodos, categorías y estaciones se determinaron mediante una prueba de Chi-cuadrado. Se aceptó como diferencia significativa $P < 0,05$ para todas

Cuadro 2. Intervalos de referencia (IR) de constituyentes sanguíneos en vacas lecheras y puntos de corte utilizados para la determinación de los desbalances minerales.

Reference intervals (IR) of blood constituents in dairy cows and cut off points used for the determination of mineral imbalances.

Parámetro	Unidad	IR (LIR-LSR)	Desbalance	Punto de corte
Ca	mmol/L	2,0-2,6	Hipocalcemia	< 2,0
			Hipercalcemia	> 2,6
Pi	mmol/L	1,1-2,3	Hipofosfatemia	< 1,1
			Hiperfosfatemia	> 2,3
Ca:Pi	-	1,0-1,6	Ca:Pi disminuida	< 1,0
			Ca:Pi elevada	> 1,6
Mg	mmol/L	0,65-1,14	Hipomagnesemia	< 0,65
			Hipermagnesemia	> 1,14
Na	mmol/L	134-154	Hiponatremia	< 134
			Hipernatremia	> 154
K	mmol/L	3,9-5,9	Hipokalemia	< 3,9
			Hiperkalemia	> 5,9
Cu	μmol/L	10-22	Hipocupremia	< 10
			Hipercupremia	> 22
Zn	μmol/L	8-24	Hipozinquemia	< 8
			Hiperzinquemia	> 24
GPx	U/g Hb	>130*	Carencia de Se	≤ 130

LIR: límite inferior de referencia; LSR: límite superior de referencia. Lab. Patol. Clín. Vet., UACH, Wittwer, 2012. * límite inferior de referencia.

las pruebas, mientras que las tendencias se determinaron a base de $P \geq 0,05$ y $P < 0,1$.

RESULTADOS

DESBALANCES SEGÚN PERÍODOS Y CATEGORÍAS

El análisis de 3.216 perfiles metabólicos, realizados a grupos de vacas parto y en lactación entre enero de 1986 y julio de 2011, indicó variaciones en la media de los parámetros y en la frecuencia de presentación de desbalances para los macroelementos (cuadros 3 y 4) y microelementos (cuadros 5 y 6) según categorías y períodos.

MACROELEMENTOS

Calcio. En el período 2003-2011 se observó, respecto de 1986-2002, una disminución en la media de la calcemia y un incremento en la frecuencia de presentación de hipocalcemia en las categorías parto y lactación ($P < 0,05$; cuadros 3 y 4). La calcemia fue menor en la categoría lactación que en la parto en 1986-2002 ($P < 0,05$; cuadro 3), mientras que el porcentaje de grupos con calcemias fuera del intervalo de referencia fue similar en ambas categorías en los períodos analizados ($P > 0,05$; cuadro 4).

Fosfato inorgánico. En el período 2003-2011 la media de la fosfatemia y frecuencia de presentación de hiperfosfatemia aumentó en ambas categorías ($P < 0,05$; cuadros 3 y

4), en tanto que el porcentaje de grupos con hipofosfatemia se redujo en la categoría lactación ($P < 0,05$; cuadro 4), con relación a 1986-2002. La categoría parto presentó en ambos períodos una mayor fosfatemia y porcentaje de grupos con hiperfosfatemia, en relación con la categoría lactación ($P < 0,05$; cuadros 3 y 4).

Ca:Pi. En las categorías parto y lactación se observó en 2003-2011 una disminución en la media de la razón Ca:Pi y en el porcentaje de grupos con valores sobre el límite superior de referencia, así como un aumento en la frecuencia de presentación de valores disminuidos ($P < 0,05$; cuadros 3 y 4) respecto del primer período. Por otro lado, la media de la razón Ca:Pi y el porcentaje de grupos con valores fuera del intervalo de referencia fue similar en las categorías parto y lactación en ambos períodos ($P > 0,05$; cuadros 3 y 4).

Magnesio. La media de la magnesemia disminuyó en ambas categorías en el período 2003-2011 respecto de 1986-2002 ($P < 0,05$; cuadro 3), mientras que la frecuencia de presentación de hipomagnesemia aumentó y la de hipermagnesemia se redujo únicamente en la categoría lactación ($P < 0,05$; cuadro 4). Por otro lado, se observó una menor magnesemia y un mayor porcentaje de grupos con hipomagnesemia en la categoría parto que en lactación en 1986-2002 ($P < 0,05$) y 2003-2011 ($P < 0,1$), así como una mayor presentación de hipermagnesemia en la categoría parto en el período 2003-2011 ($P < 0,05$; cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Concentraciones de macroelementos ($\bar{x} \pm DE$; mmol/L) y razón Ca:Pi ($\bar{x} \pm DE$) en perfiles metabólicos realizados en muestras de sangre de grupos de vacas preparto y en lactación en los períodos 1986-2002 y 2003-2011.

Macrominerals concentrations ($\bar{x} \pm SD$, mmol/L) and Ca:Pi value ($\bar{x} \pm SD$) in metabolic profiles performed on blood samples obtained from groups of prepartum and lactating groups of cows from 1986 to 2002 and 2003 to 2011.

Parámetro	Categoría	Período	N	$\bar{x} \pm DE$	Valor P	
					período*	categoría**
Ca	Preparto	1986-2002	471	2,37 \pm 0,14	0,000	0,002
		2003-2011	270	2,29 \pm 0,18		
	Lactación	1986-2002	1041	2,35 \pm 0,14	0,000	0,132
		2003-2011	766	2,27 \pm 0,17		
Pi	Preparto	1986-2002	543	1,80 \pm 0,34	0,000	0,000
		2003-2011	271	2,09 \pm 0,38		
	Lactación	1986-2002	1205	1,74 \pm 0,32	0,000	0,005
		2003-2011	782	2,01 \pm 0,38		
Ca:Pi	Preparto	1986-2002	463	1,39 \pm 0,30	0,000	0,189
		2003-2011	267	1,15 \pm 0,33		
	Lactación	1986-2002	1011	1,41 \pm 0,28	0,000	0,099
		2003-2011	761	1,21 \pm 0,54		
Mg	Preparto	1986-2002	535	0,83 \pm 0,15	0,002	0,000
		2003-2011	274	0,80 \pm 0,15		
	Lactación	1986-2002	1198	0,87 \pm 0,13	0,000	0,080
		2003-2011	786	0,82 \pm 0,13		
Na	Preparto	1986-2002	165	141 \pm 4,2	0,029	0,686
		2003-2011	47	140 \pm 5,4		
	Lactación	1986-2002	467	141 \pm 4,5	0,000	0,115
		2003-2011	170	138 \pm 6,1		
K	Preparto	1986-2002	172	4,87 \pm 0,44	0,082	0,799
		2003-2011	45	5,04 \pm 0,94		
	Lactación	1986-2002	465	4,88 \pm 0,46	0,000	0,004
		2003-2011	184	4,68 \pm 0,69		

Intervalos de referencia = Ca: 2,0-2,6 mmol/L; Pi: 1,1-2,3 mmol/L; Ca:Pi: 1,0-1,6; Mg: 0,65-1,14 mmol/L; Na: 134-154 mmol/L; K: 3,9-5,9 mmol/L. Lab. Patol. Clín. Vet., UACH, Wittwer, 2012.* diferencias entre períodos en cada categoría: preparto o lactación. ** diferencias entre categorías en cada período: 1986-2002 ó 2003-2011.

Sodio. La media de la natremia disminuyó ($P < 0,05$; cuadro 3) y el porcentaje de grupos con hiponatremia aumentó ($P < 0,05$; cuadro 4) en las categorías preparto y lactación en el período 2003-2011, en comparación con 1986-2002. En ambas categorías la media de la natremia y frecuencia de presentación de hiponatremia fue similar en 1986-2002 y 2003-2011 ($P > 0,05$; cuadros 3 y 4).

Potasio. En 2003-2011 se observó, respecto del primer período, una disminución de la kalemia en los grupos en lactación ($P < 0,05$) y una tendencia a su incremento en los grupos preparto ($P < 0,1$; cuadro 3). Además, aumentó la frecuencia de presentación de hiperkalemia en la categoría preparto ($P < 0,05$) y de hipokalemia en ambas categorías ($P < 0,05$; cuadro 4). Por otro lado, la categoría preparto presentó una mayor kalemia ($P < 0,05$; cuadro 3), así como una tendencia a un mayor porcentaje de grupos con hiperkalemia ($P < 0,1$; cuadro 4), en comparación con la categoría lactación en 2003-2011.

MICROELEMENTOS

Cobre. La media de la cupremia disminuyó en el período 2003-2011, respecto de 1986-2002, en las categorías preparto y lactación ($P < 0,05$; cuadro 5). Sin embargo, la frecuencia de presentación de desbalances de Cu se mantuvo igual entre los períodos ($P > 0,05$; cuadro 6). Además, se observó una menor cupremia y un mayor porcentaje de grupos con hipocupremia en la categoría preparto que en la categoría lactación en 2003-2011 ($P < 0,05$; cuadros 5 y 6).

Zinc. En el período 2003-2011 la media de la zinquemia disminuyó, con relación a 1986-2002, en la categoría lactación ($P < 0,05$; cuadro 5). En tanto que el porcentaje de grupos de vacas preparto y en lactación con valores bajo o sobre el intervalo de referencia se mantuvo igual en los dos períodos ($P > 0,05$; cuadro 6). La zinquemia fue menor en la categoría lactación que en la preparto en 2003-2011 ($P < 0,05$; cuadro 5), si bien el porcentaje de grupos con

Cuadro 4. Porcentaje de grupos de vacas parto y en lactación con valores de macroelementos bajo el límite inferior de referencia (LIR) y sobre el límite superior de referencia (LSR) en perfiles metabólicos realizados en los periodos 1986-2002 y 2003-2011.

Percentage of parturient and lactating groups of cows with macrominerals values below the lower reference limit (LIR) and above the upper reference limit (LSR) in metabolic profiles performed from 1986 to 2002 and 2003 to 2011.

Parámetro	Categoría	Período	Bajo LIR (%)	Valor P		Sobre LSR (%)	Valor P	
				período*	categoría**		período*	categoría**
Ca	Parto	1986-2002	0,2	0,001	0,505	5,3	0,770	0,135
		2003-2011	3,3		0,962	4,8		0,992
	Lactación	1986-2002	0,4	0,000		3,7	0,214	
		2003-2011	3,4			4,8		
Pi	Parto	1986-2002	1,3	0,560	0,416	6,8	0,000	0,008
		2003-2011	1,1		0,181	25,5		0,003
	Lactación	1986-2002	1,8	0,003		3,9	0,000	
		2003-2011	0,4			17,3		
Ca:Pi	Parto	1986-2002	3,5	0,000	0,774	20,3	0,000	0,353
		2003-2011	25,8		0,560	4,5		0,247
	Lactación	1986-2002	3,8	0,000		22,5	0,000	
		2003-2011	20,2			6,4		
Mg	Parto	1986-2002	9,0	0,222	0,000	2,1	0,823	0,943
		2003-2011	11,7		0,092	1,8		0,005
	Lactación	1986-2002	3,6	0,000		2,0	0,000	
		2003-2011	8,3			0,1		
Na	Parto	1986-2002	3,0	0,000	0,359	0	-	-
		2003-2011	17,0		0,268	0		-
	Lactación	1986-2002	4,7	0,000		0	-	
		2003-2011	24,7			0		
K	Parto	1986-2002	0	0,042	-	1,7	0,035	0,535
		2003-2011	4,4		0,629	8,9		0,077
	Lactación	1986-2002	0	0,000		1,5	0,302	
		2003-2011	4,9			2,7		

Intervalos de referencia= Ca: 2,0-2,6 mmol/L; Pi: 1,1-2,3 mmol/L; Ca:Pi: 1,0-1,6; Mg: 0,65-1,14 mmol/L; Na: 134-154 mmol/L; K: 3,9-5,9 mmol/L. Lab. Patol. Clín. Vet., UACH, Wittwer, 2012.* diferencias entre periodos en cada categoría: parto o lactación. ** diferencias entre categorías en cada periodo: 1986-2002 ó 2003-2011.

desbalances de Zn fue similar en ambas categorías en los periodos evaluados ($P > 0,05$; cuadro 6).

GPx. La media de la actividad sanguínea de la GPx se mantuvo igual en ambas categorías entre los periodos evaluados ($P > 0,05$; cuadro 5), mientras que el porcentaje de grupos de vacas en lactación con una baja actividad de GPx se redujo en 2003-2011 ($P < 0,05$; cuadro 6). La categoría parto presentó en ambos periodos la menor actividad de esta enzima y el mayor porcentaje de grupos con valores bajo el límite inferior de referencia, en comparación con la categoría lactación ($P < 0,05$; cuadros 5 y 6).

ESTACIONALIDAD DE LOS DESBALANCES

El análisis de 1.034 perfiles metabólicos realizados a grupos de vacas en lactación entre enero de 2003 y julio de 2011 indicó variaciones en la media de los parámetros

y en la frecuencia de presentación de desbalances entre estaciones (cuadros 7 y 8).

Macroelementos. Se observó una menor fosfatemia en primavera, natremia en invierno, kalemia en otoño y magnesemia en invierno y primavera ($P < 0,05$), mientras que las calcemias y razón Ca:Pi fueron similares durante todas las estaciones ($P > 0,05$; cuadro 7).

En relación con los desbalances de los macroelementos se determinó que la frecuencia de presentación de hiperfosfatemia fue mayor en verano ($P < 0,05$) y superior a la de hipofosfatemia en todas las estaciones. El porcentaje de grupos con razón Ca:Pi bajo el límite inferior de referencia fue mayor en verano y otoño, mientras que en primavera aumentaron los grupos con una razón elevada ($P < 0,05$). La hipomagnesemia afectó a los grupos de vacas en lactación principalmente en invierno ($P < 0,05$), observándose además en esta estación una tendencia a un incremento en la frecuencia de presentación de hiponatremia ($P < 0,1$). Por

Cuadro 5. Concentraciones de Cu y Zn ($\bar{x} \pm DE$; $\mu\text{mol/L}$) y actividad de GPx ($\bar{x} \pm DE$; U/g Hb) en perfiles metabólicos realizados en muestras de sangre de grupos de vacas preparto y en lactación en los períodos 1986-2002 y 2003-2011.

Cu and Zn concentrations ($\bar{x} \pm SD$, $\mu\text{mol/L}$) and GPx activity ($\bar{x} \pm SD$, U/g Hb) in metabolic profiles performed on blood samples obtained from prepartum and lactating groups of cows from 1986 to 2002 and 2003 to 2011.

Parámetro	Categoría	Período	N	$\bar{x} \pm DE$	Valor P	
					período*	categoría**
Cu	Preparto	1986-2002	67	13,5 \pm 3,2	0,000	0,107
		2003-2011	200	11,9 \pm 2,9		
	Lactación	1986-2002	162	14,3 \pm 3,4	0,000	0,000
		2003-2011	609	13,3 \pm 2,7		
Zn	Preparto	1986-2002	71	15,3 \pm 4,8	0,207	0,723
		2003-2011	196	14,5 \pm 4,6		
	Lactación	1986-2002	165	15,1 \pm 3,9	0,000	0,000
		2003-2011	600	13,3 \pm 4,1		
GPx	Preparto	1986-2002	125	226 \pm 149	0,786	0,041
		2003-2011	274	230 \pm 138		
	Lactación	1986-2002	262	261 \pm 157	0,496	0,000
		2003-2011	785	268 \pm 159		

Intervalos de referencia= Cu: 10-22 $\mu\text{mol/L}$; Zn: 8-24 $\mu\text{mol/L}$; GPx: >130 U/g Hb. Lab. Patol. Clín. Vet., UACH, Wittwer, 2012.* diferencias entre períodos en cada categoría: preparto o lactación. ** diferencias entre categorías en cada período: 1986-2002 o 2003-2011.

Cuadro 6. Porcentaje de grupos de vacas preparto y en lactación con valores de Cu, Zn y GPx bajo el límite inferior de referencia (LIR) y sobre el límite superior de referencia (LSR) en perfiles metabólicos realizados en los períodos 1986-2002 y 2003-2011.

Percentage of prepartum and lactating group of cows with Cu, Zn and GPx values below the lower reference limit (LIR) and above the upper reference limit (LSR) in metabolic profiles performed from 1986 to 2002 and 2003 to 2011.

Parámetro	Categoría	Período	Bajo LIR (%)	Valor P		Sobre LSR (%)	Valor P	
				período*	categoría**		período*	categoría**
Cu	Preparto	1986-2002	13,4	0,387	0,206	1,5	0,440	0,648
		2003-2011	18,0					
	Lactación	1986-2002	8,0	0,841	1,2	0,283	0,283	0,283
		2003-2011	7,6					
Zn	Preparto	1986-2002	1,4	0,599	0,651	1,4	0,495	0,416
		2003-2011	2,0					
	Lactación	1986-2002	1,8	0,203	3,0	0,194	0,194	0,194
		2003-2011	3,5					
GPx	Preparto	1986-2002	35,2	0,153	0,041	-	-	-
		2003-2011	28,1					
	Lactación	1986-2002	25,2	0,021	-	-	-	-
		2003-2011	18,6					

Intervalos de referencia = Cu: 10-22 $\mu\text{mol/L}$; Zn: 8-24 $\mu\text{mol/L}$; GPx: >130 U/g Hb. Lab. Patol. Clín. Vet., UACH, Wittwer, 2012. * diferencias entre períodos en cada categoría: preparto o lactación. ** diferencias entre categorías en cada período: 1986-2002 ó 2003-2011.

el contrario, el porcentaje de grupos con concentraciones de Ca y K fuera de los límites de referencia fue similar durante todas las estaciones ($P > 0,05$; cuadro 7).

Microelementos. La menor zinquemia y mayor porcentaje de grupos con hipozinquemia se observó en primavera ($P < 0,05$; cuadro 8). La cupremia y actividad sanguínea de GPx fueron inferiores en invierno ($P < 0,05$), sin embargo la frecuencia de presentación de hipocupremia y carencia de Se fue similar entre estaciones ($P > 0,05$; cuadro 8).

DISCUSIÓN

La media de las concentraciones de los macro y microelementos y actividad sanguínea de la GPx, en las categorías preparto y lactación en los períodos 1986-2002 y 2003-2011, se encontró dentro de los intervalos de referencia utilizados por el laboratorio (Wittwer 2012) y los establecidos por Wagemann y col (2014). Sin embargo, en ambos períodos y categorías de animales, así como en

Cuadro 7. Concentraciones de macroelementos ($\bar{x} \pm DE$; mmol/L), valor Ca:Pi ($\bar{x} \pm DE$) y porcentaje de grupos con valores bajo el límite inferior de referencia (LIR) y sobre el límite superior de referencia (LSR), según estación del año, en perfiles metabólicos realizados en muestras de sangre de grupos de vacas en lactación en el período 2003-2011.

Macrominerals concentrations ($\bar{x} \pm SD$, mmol/L), Ca:Pi value ($\bar{x} \pm SD$) and percentage of groups with values below the lower reference limit (LIR) and above the upper reference limit (LSR), according to season, in metabolic profiles performed on blood samples obtained from groups of lactating cows between 2003 and 2011.

Parámetro	Estación	N	$\bar{x} \pm DE$	Valor P	Bajo LIR (%)	Valor P Bajo LIR	Sobre LSR (%)	Valor P Sobre LSR
Ca	Verano	116	2,29 \pm 0,16	0,598	3,5	0,726	4,3	0,664
	Otoño	235	2,26 \pm 0,17		2,6		3,8	
	Invierno	242	2,28 \pm 0,17		3,3		6,2	
	Primavera	173	2,28 \pm 0,18		4,6		4,6	
Pi	Verano	119	2,06 \pm 0,46 ^a	0,000	0,8	0,310	26,9	0,000
	Otoño	238	2,06 \pm 0,40 ^a		0,8		21,4	
	Invierno	246	2,01 \pm 0,32 ^a		–		13,4	
	Primavera	179	1,90 \pm 0,34 ^b		–		10,6	
Ca:Pi	Verano	114	1,18 \pm 0,29	0,291	25,4	0,015	7,0	0,000
	Otoño	234	1,22 \pm 0,89		25,2		2,6	
	Invierno	241	1,17 \pm 0,21		14,9		3,7	
	Primavera	172	1,27 \pm 0,31		17,4		15,1	
Mg	Verano	121	0,87 \pm 0,13 ^a	0,000	4,1	0,000	0,8	0,138
	Otoño	239	0,84 \pm 0,11 ^a		3,4		–	
	Invierno	248	0,79 \pm 0,15 ^b		14,5		–	
	Primavera	178	0,77 \pm 0,12 ^b		9,0		–	
Na	Verano	23	140 \pm 4,7 ^a	0,029	4,4	0,056	–	–
	Otoño	51	138 \pm 6,4 ^{ab}		23,5		–	
	Invierno	40	136 \pm 5,4 ^b		35,0		–	
	Primavera	56	139 \pm 6,3 ^{ab}		26,8		–	
K	Verano	23	4,85 \pm 0,59 ^{ab}	0,016	–	0,211	4,4	0,652
	Otoño	43	4,42 \pm 0,45 ^b		7,0		–	
	Invierno	59	4,83 \pm 0,95 ^a		8,5		3,4	
	Primavera	59	4,65 \pm 0,47 ^{ab}		1,7		3,4	

Intervalos de referencia = Ca: 2,0-2,6 mmol/L; Pi: 1,1-2,3 mmol/L; Ca:Pi: 1,0-1,6; Mg: 0,65-1,14 mmol/L; Na: 134-154 mmol/L; K: 3,9-5,9 mmol/L. Lab. Patol. Clín. Vet., UACH, Wittwer, 2012. ^{a, b, ab} indican diferencias ($P < 0,05$) entre estaciones.

las distintas estaciones del año, se observaron grupos de vacas con valores bajo o sobre los límites de referencia. Pese al mayor conocimiento acerca de las enfermedades de la producción y metabolismo de los elementos inorgánicos, los desbalances minerales continúan siendo un problema frecuente en los rebaños lecheros en el sur de Chile. El incremento en su frecuencia de presentación en el período 2003-2011, respecto de 1986-2002, puede atribuirse en gran medida a la intensificación de las prácticas agropecuarias (Wittwer 2007, Mulligan y Doherty 2008). El desarrollo productivo de las praderas, mediante la fertilización e incorporación de especies y cultivos de mayor potencial productivo y calidad nutricional, se ha reflejado en un incremento sostenido en la producción de leche (Teuber y col 2007). Del mismo modo, la selección genética del ganado lechero, con el objeto de aumentar la producción láctea, ha conducido a que las exigencias metabólicas de las vacas sean mayores (Wittwer 2007,

Mulligan y Doherty 2008). Sin embargo, la disponibilidad y calidad nutricional de la pradera es insuficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales (Anrique y col 2008). El contenido mineral de los forrajes se ve afectado por diversos factores, como especie forrajera, estado fenológico, condiciones climáticas y estacionales, tipo de suelo, fertilización y presencia de elementos antagonistas (Soder y Stout 2003, Khan y col 2004, Abd El Ghany y Tórtora-Pérez 2010), mientras que su disponibilidad biológica depende de la fuente mineral e interacciones entre los distintos elementos que componen la dieta, estos pueden limitar su absorción y predisponer a desbalances, a pesar de que su contenido en el suelo y forrajes sea apropiado (Herdt y col 2000, Khan y col 2004, Andrieu 2008).

En general, los cuadros provocados por la carencia de un elemento afectaron a los grupos de vacas con mayor frecuencia que aquellos debido a su exceso, siendo la

Cuadro 8. Concentraciones de Cu y Zn ($\bar{x} \pm DE$; $\mu\text{mol/L}$), actividad de GPx ($\bar{x} \pm DE$; U/g Hb) y porcentaje de grupos con valores bajo el límite inferior de referencia (LIR) y sobre el límite superior de referencia (LSR), según estación del año, en perfiles metabólicos realizados en muestras de sangre de grupos de vacas en lactación en el período 2003-2011.

Cu and Zn concentrations ($\bar{x} \pm SD$, $\mu\text{mol/L}$), GPx activity ($\bar{x} \pm SD$, U/g Hb) and percentage of groups with values below the lower reference limit (LIR) and above the upper reference limit (LSR), according to season, in metabolic profiles performed on blood samples obtained from groups of lactating cows between 2003 and 2011.

Parámetro	Estación	n	$\bar{x} \pm DE$	Valor P	Bajo LIR (%)	Valor P Bajo LIR	Sobre LSR (%)	Valor P Sobre LSR
Cu	Verano	91	13,1 \pm 2,93 ^{ab}	0,004	5,5	0,261	2,2	0,071
	Otoño	189	13,8 \pm 2,96 ^a		5,3		0,5	
	Invierno	196	12,8 \pm 2,52 ^b		10,2		–	
	Primavera	133	13,3 \pm 2,45 ^{ab}		8,3		–	
Zn	Verano	90	14,2 \pm 3,12 ^a	0,005	–	0,012	–	0,595
	Otoño	187	13,7 \pm 4,98 ^a		2,1		2,1	
	Invierno	192	13,2 \pm 3,78 ^{ab}		3,7		1,6	
	Primavera	131	12,3 \pm 3,64 ^b		7,6		1,5	
GPx	Verano	121	294 \pm 177 ^a	0,018	16,6	0,530	–	–
	Otoño	242	284 \pm 168 ^{ab}		16,9		–	
	Invierno	241	248 \pm 155 ^b		21,6		–	
	Primavera	181	259 \pm 139 ^{ab}		18,2		–	

Intervalos de referencia= Cu: 10-22 $\mu\text{mol/L}$; Zn: 8-24 $\mu\text{mol/L}$; GPx: >130 U/g Hb. Lab. Patol. Clín., UACH, Wittwer, 2012. ^{a, b} indican diferencias ($P < 0,05$) entre estaciones.

hiponatremia el cuadro carencial de macroelementos más observado en el período 2003-2011 y aumentando su presentación en relación con el primer período. Esto se debería al bajo contenido de Na en los forrajes empleados en la ración (NRC 2001) y a una insuficiente suplementación, con relación a los mayores egresos producto del incremento en la producción láctea. Considerando que la hiponatremia podría estar limitando la productividad de los rebaños es importante corregir esta situación, por lo que la suplementación de las vacas lecheras con Na es fundamental. Si bien la hiponatremia afectó en forma similar a ambas categorías, la suplementación debería realizarse durante la lactación, ya que la adición de cationes en la ración de las vacas preparto incrementa la diferencia catión-anión de la dieta (DCAD) y predispone a hipocalcemia (McNeill y col 2002, Goff 2008).

La carencia de Se, establecida a base de una baja actividad sanguínea de GPx, ha sido reportada por varios autores en los rebaños lecheros del sur de Chile, asociándola a un insuficiente contenido de Se en los forrajes y a una inadecuada suplementación (Ceballos y col 1998, Wittwer y col 2002, Céspedes 2011). En el presente estudio la carencia de Se fue el desbalance de microelementos más frecuentes en ambas categorías, principalmente en la preparto, similar a lo descrito por Scandolo y col (2004). La concentración sanguínea de este elemento presenta una alta correlación con la actividad sanguínea de GPx (Ceballos y col 1999, Abd El Ghany y Tórtora-Pérez 2010) y es altamente dependiente del consumo de Se (Herdt y col 2000, Rucker y col 2008). Por lo tanto, la reducción en la presentación de este desbalance en la categoría lactación

en 2003-2011 se atribuiría a un mayor aporte de Se en la dieta, asociado al uso de mezclas minerales o suplementos energéticos con un mayor porcentaje del mineral en él. Sin embargo, el porcentaje de grupos afectados continúa siendo alto, en especial si se tiene en cuenta el impacto que la carencia de Se ejerce en la productividad y salud de los animales. Debido a que la actividad sanguínea de GPx refleja el balance nutricional de Se en los 2 o 3 meses previos al análisis (Ceballos y col 1998, Herdt y col 2000), la menor actividad y el mayor porcentaje de grupos preparto con carencia de Se indicarían un menor consumo de este elemento al final de la lactación o inicio del período seco.

En el caso del fosfato inorgánico, la frecuencia de presentación de hiperfosfatemia fue superior a la de hipofosfatemia en ambos períodos. El incremento en la media de la fosfatemia y porcentaje de grupos preparto y en lactación con hiperfosfatemia en 2003-2011 podría atribuirse al uso de suplementos con elevado contenido de fósforo (P), asociado a la preocupación de los productores por mejorar la salud y fertilidad de las vacas (Kebreab y col 2008). La suplementación con cantidades de P superiores a los requerimientos de las vacas conduciría a su vez a una mayor excreción de este elemento por medio de las heces y a un aumento en su contenido en el suelo, el que posteriormente estaría disponible para ser absorbido por el forraje (Soder y Stout 2003). La hiperfosfatemia afecta la salud de las vacas lecheras al asociarse con la presentación de hipocalcemia (Goff 2008, Sepúlveda y col 2011^a). Es así como la disminución en la media de la calcemia y el aumento en el porcentaje de grupos preparto y en lactación

con hipocalcemia en el segundo período podría asociarse con el incremento en la fosfatemia (Sepúlveda y col 2011^b). Por otro lado, la mayor frecuencia de presentación de razón Ca:Pi bajo el límite inferior de referencia en ambas categorías en 2003-2011, respecto de 1986-2002, podría asociarse al incremento en la fosfatemia y en el porcentaje de grupos con hiperfosfatemia observados en ese período, ello coincide con lo descrito por Barboza y col (2009). La hiperfosfatemia tiene además un impacto económico, debido al costo que representa la suplementación con P (NRC 2001), y ambiental, producto de la contaminación y eutroficación de las aguas como resultado de la mayor excreción de P (Satter y col 2002). Por lo tanto, considerando los resultados obtenidos, sería apropiado ajustar la cantidad de P suministrada a los animales de acuerdo con sus requerimientos y al contenido de P en la dieta.

Entre categorías se observó que la hipomagnesemia, hipocupremia y carencia de Se fueron más frecuentes en los grupos parto, esto se debería a diferencias en la ración de estas vacas respecto de las en lactación y a un menor uso de estrategias de suplementación. Por el contrario, pese a que la zinquemia fue menor en la categoría lactación que parto en el período 2003-2011, lo que podría atribuirse a mayores egresos producto de un aumento en la producción láctea, la presentación de hipozinquemia fue similar en ambas categorías y afectó a un bajo porcentaje de grupos. Por otro lado, el incremento en el porcentaje de grupos parto con hiperkalemia en el período 2003-2011 se asociaría a la excesiva fertilización de la pradera con K, ya que las plantas son capaces de asimilar este elemento en cantidades superiores a las requeridas para su crecimiento (Soder y Stout 2003, Canseco y col 2007). El K es un catión, es así que la hiperkalemia provoca una alcalosis metabólica leve, lo que altera la configuración del receptor de la paratormona (PTH) y consecuentemente la reabsorción ósea de Ca, así como su absorción intestinal, esta última en dependencia de la Vitamina D₃. Estos factores predisponen a la presentación de hipocalcemia (Goff 2008, Bhanugopan y col 2010). Por otro lado, el exceso de K en la dieta reduce la absorción de Mg en la pared ruminal, constituyendo un factor de riesgo para la hipomagnesemia (Scandolo y col 2007, Sepúlveda y col 2011^c). Basados en los antecedentes citados anteriormente, es fundamental que las vacas parto consuman una cantidad de K que no sobrepase sus requerimientos y que mantenga un DCAD adecuado (McNeill y col 2002, Goff 2008, Bhanugopan y col 2010).

Finalmente, la media de los parámetros en la categoría lactación presentó, en casi todos los casos, diferencias según la estación. Esto puede atribuirse a variaciones estacionales en la alimentación de los rebaños lecheros, producto de cambios en la disponibilidad y calidad de la pradera, así como al empleo de forrajes conservados, cultivos suplementarios y/o concentrados en la ración (Balocchi y col 2002, Anrique y col 2008). En el caso de los desbalances de macroelementos, el porcentaje de grupos con hiperfosfatemia

fue mayor en verano y menor en primavera, a diferencia de lo descrito en estudios previos en donde se observó una alta presentación de hiperfosfatemia en primavera (Wittwer y col 1987) y que tendría mayor relación con la estacionalidad de estos trastornos en el primer período analizado en este estudio. Por otro lado, la hipomagnesemia fue más frecuente en invierno, igual que lo señalado por Wittwer y col (1987), lo que se debería a un insuficiente aporte de Mg en la dieta producto de la baja disponibilidad de la pradera y a una inadecuada suplementación, así como también a la presencia de factores que reducen su absorción, entre los que se encuentran el exceso de amonio, deficiencia de energía y alteración en la proporción Na:K ruminal (Wittwer y col 1987, Contreras y col 1996). Es así como la mayor presentación de hipomagnesemia en invierno podría asociarse a la menor natremia observada en los grupos de vacas en esta estación. Sin embargo, estos resultados no coinciden con lo reportado en otros estudios, en donde la hipomagnesemia fue más frecuente en primavera (Scandolo y col 2004). En relación con los microelementos, la menor cupremia y actividad de GPx se presentó en invierno, ello indicaría en el último caso un menor consumo de Se en otoño, sin ocasionar variaciones en el porcentaje de grupos con valores bajo el límite inferior de referencia entre estaciones. Por el contrario, en primavera se observó la menor zinquemia y mayor presentación de hipozinquemia, a diferencia de lo descrito por Céspedes (2011), en donde a pesar que la zinquemia fue menor en primavera el porcentaje de grupos de vacas con hipozinquemia en otoño y primavera fue similar.

A partir de los resultados se concluyó que la presentación de desbalances minerales en grupos de vacas lecheras en el sur de Chile aumentó en el período 2003-2011 respecto del período 1986-2002, afectando con mayor frecuencia a la categoría parto y observándose en todas las estaciones del año. La información obtenida en este estudio permitiría orientar las estrategias de prevención de los desbalances minerales a grupos de vacas y estaciones del año, contribuyendo a mejorar el bienestar de los rebaños y optimizar la productividad y rentabilidad de los sistemas productivos lecheros. Sin embargo, se debe considerar que al ser un estudio retrospectivo, en el que se analizaron los registros de los perfiles metabólicos existentes en el laboratorio, no se contó con información acerca de la historia y manejo nutricional de los rebaños, lo que sería una de las limitantes del estudio. Por otro lado, sería interesante estudiar el contenido mineral de los forrajes comúnmente utilizados en la ración de las vacas lecheras en el sur de Chile, así como las interacciones entre los distintos elementos que componen la dieta, con el objeto de complementar los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de la tecnóloga médica Helga Böhmwald y al Laboratorio de Patología Clínica Veterinaria, Facultad de Ciencias

Veterinarias de la Universidad Austral de Chile, por haber facilitado la información de los perfiles metabólicos analizados en este estudio. Al Consorcio Lechero por financiar el proyecto FIA-CS-C-2004-1-P-M2P6, y a ANASAC por financiar la beca de Magíster de C. Wagemann.

REFERENCIAS

- Abd El Ghany H, JL Tórtora-Pérez. 2010. The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Rumin Res* 89, 185-192.
- Andrieu S. 2008. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *Vet J* 176, 77-83.
- Anrique R, R Fuschslocher, S Iraira, R Saldaña. 2008. *Composición de alimentos para el ganado bovino*. Imprenta América, Valdivia, Chile.
- Balocchi O, R Pulido, J Fernández. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agric Téc* 62, 87-98.
- Barboza C, H Böhmwald, F Wittwer, PA Contreras, R Chihuailaf, M Noro. 2009. Razón Ca:Pi en sangre de vacas de rebaños lecheros en Chile: valores de perfiles metabólicos realizados entre 1986-2009. *Resúmenes XI Jornadas Chilenas de Buiatría*, Osorno, Chile, Pp 104-105.
- Bhanugopan MS, WJ Fulkerson, DR Fraser, M Hyde, DM McNeill. 2010. Carryover effects of potassium supplementation on calcium homeostasis in dairy cows at parturition. *J Dairy Sci* 93, 2119-2129.
- Canseco C, A Abarzúa, J Parga, N Teuber, O Balocchi, J Lopetegui, V Anwandter, R Demanet. 2007. Calidad nutritiva de las praderas. En: Teuber N, Balocchi O, Parga J (eds). *Manejo del Pastoreo*. Imprenta América, Osorno, Chile, Pp 51-67.
- Ceballos A, F Wittwer, PA Contreras, H Böhmwald. 1998. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en rebaños lecheros a pastoreo: variación según edad y época del año. *Arch Med Vet* 30, 13-22.
- Ceballos A, F Wittwer, PA Contreras, A Quiroz, H Böhmwald. 1999. Actividad de glutatión peroxidasa en bovinos lecheros a pastoreo correlacionada con la concentración sanguínea y plasmática de selenio. *Pesq Agropec Bras* 34, 2331-2338.
- Céspedes JA. 2011. Presentación de alteraciones metabólico-nutricionales en rebaños lecheros pastoriles de cinco macrozonas en el sur de Chile. *Tesis de Magíster*, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Contreras PA, F Wittwer, H Böhmwald. 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.
- Contreras PA, L Valenzuela, F Wittwer, H Böhmwald. 1996. Desbalances metabólico-nutricionales más frecuentes en rebaños de pequeños productores de leche, Valdivia-Chile. *Arch Med Vet* 28, 39-50.
- Fulkerson WJ, DJ Donaghy. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence-key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Aust J Exp Agric* 41, 261-275.
- Goff J. 2006. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Anim Feed Sci Technol* 126, 237-257.
- Goff JP. 2008. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet J* 176, 50-57.
- Herdt TH, W Rumbeih, WE Braselton. 2000. The use of blood analyses to evaluate mineral status in livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 16, 423-444.
- Kebreab E, NE Odongo, BW McBride, MD Hanigan, J France. 2008. Phosphorus utilization and environmental and economic implications of reducing phosphorus pollution from Ontario dairy cows. *J Dairy Sci* 91, 241-246.
- Khan ZI, A Hussain, M Ashraf, MY Ashraf, M Yousaf, M Akhtar, A Maqbool. 2004. A review on mineral imbalances in grazing livestock and usefulness of soil, dietary components, animal tissues and fluid analysis in the assessment of these imbalances. *J Anim Vet Adv* 3, 394-412.
- McNeill DM, JR Roche, BP McLachlan, CR Stockdale. 2002. Nutritional strategies for the prevention of hypocalcaemia at calving for dairy cows in pasture-based systems. *Aust J Agric Res* 53, 755-770.
- Mulligan FJ, ML Doherty. 2008. Production diseases of the transition cow. *Vet J* 176, 3-9.
- NRC. 2001. Minerals. In: NRC (eds). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. National Academy Press, Washington DC, USA, Pp 105-161.
- Rucker RB, AJ Fascetti, CL Keen. 2008. Trace Minerals. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (eds). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6th ed. Elsevier, San Diego, USA, Pp 663-693.
- Satter LD, TJ Klopfenstein, GE Erickson. 2002. The role of nutrition in reducing nutrient output from ruminants. *J Anim Sci* 80, 143-156.
- Scandolo D, M Noro, H Böhmwald, P Contreras, F Wittwer. 2004. Análisis descriptivo de perfiles metabólicos de minerales realizados a rebaños lecheros en el sur de Chile entre 1986 a 2003. *Resúmenes del XXIX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal*, Villarrica, Chile, 205-206.
- Scandolo D, M Noro, H Böhmwald, PA Contreras, F Wittwer. 2007. Variación diurna del pH y de las concentraciones de magnesio y potasio del fluido ruminal en vacas lecheras a pastoreo. *Arch Med Vet* 39, 141-146.
- Sepúlveda P, C Wagemann, F Wittwer, H Böhmwald, M Noro. 2011^a. Factores de riesgo y predictores de hipocalcemia subclínica en vacas lecheras: análisis de perfiles metabólicos. *Resúmenes del X Congreso Chileno de Buiatría*, Osorno, Chile, 109-110.
- Sepúlveda P, F Wittwer, H Böhmwald, M Noro. 2011^b. Relación entre la hiperfosfatemia y la hipocalcemia subclínica en vacas lecheras. *Rev Arg Prod Anim* 31, 39.
- Sepúlveda P, F Wittwer, H Böhmwald, RG Pulido, M Noro. 2011^c. pH ruminal y balance metabólico de Mg en vacas lecheras en pastoreo suplementadas con óxido de magnesio. *Arch Med Vet* 43, 241-250.
- Soder KJ, WL Stout. 2003. Effect of soil type and fertilization level on mineral concentration of pasture: potential relationships to ruminant performance and health. *J Anim Sci* 81, 1603-1610.
- Teuber N, J Parga, O Balocchi, V Anwandter, C Canseco, A Abarzúa, R Demanet, J Lopetegui. 2007. Introducción. En: Teuber N, Balocchi O, Parga J (eds). *Manejo del Pastoreo*. Imprenta América, Osorno, Chile, Pp 5-7.
- Van Saun RJ. 2010. Indicators of dairy cow transition risks: metabolic profiling revisited. In: Wittwer F, Chihuailaf R, Contreras H, Gallo C, Kruze J, Lanuza F, Letelier C, Monti G, Noro M (eds). *Updates on Ruminant Production and Medicine*. Andros Impresores, Santiago, Chile, Pp 65-77.
- Wagemann C, H Böhmwald, R Chihuailaf, F Wittwer, M Noro. 2014. Intervalos de referencia en parámetros sanguíneos indicadores del balance mineral para grupos de vacas lecheras en el sur de Chile. *Arch Med Vet* 46, 121-125.
- Wittwer F, P Contreras. 1980. Consideraciones sobre el empleo de los perfiles metabólicos en ganado lechero. *Arch Med Vet* 12, 180-188.
- Wittwer F, H Böhmwald, PA Contreras, J Filosa. 1987. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos obtenidos en rebaños lecheros en Chile. *Arch Med Vet* 19, 35-45.
- Wittwer F, P Contreras, H Böhmwald, R Anrique, R Fuschslocher. 1988. Concentraciones de zinc y cobre en forrajes y suero sanguíneo de 40 predios lecheros de la X Región-Chile. *Arch Med Vet* 20, 118-125.
- Wittwer F, P Araneda, A Ceballos, PA Contreras, M Andaur, H Böhmwald. 2002. Actividad de glutatión peroxidasa (GSH-Px) en sangre de bovinos a pastoreo de la IX Región, Chile y su relación con la concentración de selenio en el forraje. *Arch Med Vet* 34, 49-57.
- Wittwer F. 2007. Diagnóstico y control de carencias minerales en bovinos. *Seminario Internacional de Nutrición y Alimentación Animal UNISARC*, Risaralda, Colombia.
- Wittwer F. 2012. *Patología Clínica Veterinaria*. Imprenta América, Valdivia, Chile.