

# Metabolismo del calcio en vacas recién paridas y sus implicancias sobre la salud y producción en los rebaños lecheros

Fernando González M.  
Thomas Holmes Ch.  
Alejandra Moura V.  
Constanza Mujica G.  
fgonzalm@puc.cl  
Departamento de Ciencias Animales

**E**l calcio se requiere para el normal funcionamiento de numerosos procesos fisiológicos en el organismo, particularmente en la generación de los impulsos nerviosos y en la contracción muscular. Además, es un componente importante en la formación y desarrollo óseo y nutriente fundamental de la leche.

Es común que productores y técnicos asocien los trastornos relacionados con el metabolismo del calcio en vacas recién paridas, a un problema individual de las vacas con mayor número de partos y que se resuelve con una terapia endovenosa de reposición del calcio sanguíneo. No es fácil imaginar que detrás de este trastorno clínico ampliamente conocido pueda haber un problema que está afectando a gran parte del rebaño, ocasionando graves pérdidas económicas.

La Hipocalcemia Puerperal o Fiebre de Leche es un trastorno metabólico agudo, caracterizado por una brusca disminución del calcio sanguíneo, que afecta a vacas de razas lecheras al inicio de la lactancia, en el periparto y dentro de las 72 horas siguientes. Rara vez se presenta en vacas de menos de tres partos y está muy relacionada a altos niveles de producción de leche. Su incidencia es menor al 10% de los partos, pero puede llegar a comprometer a más del 50% de las vacas de cuatro o más lactancias.

Clínicamente los síntomas de la hipocalcemia aguda varían durante la evolución de este trastorno, pero la principal característica es la incapacidad de la vaca de permanecer en pie. En el Cuadro 1 se presenta la evolución de estos.

Esta patología se desencadena debido a que los mecanismos homeostáticos que regulan la concentración del calcio en la sangre son sobrepasados por los altos requerimientos que se producen al momento de iniciarse el proceso de parto. Entre los factores más relacionados a este

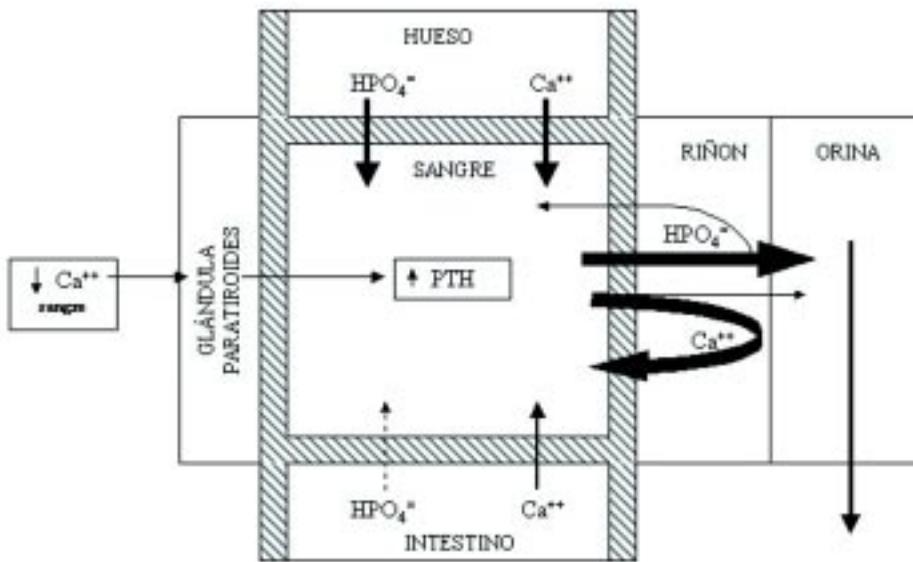
trastorno, cuatro aparecen como los más gravitantes:

- Gran demanda de calcio requerida para las contracciones de la musculatura uterina y de la prensa abdominal.
- Alta y rápida excreción de  $\text{Ca}^{++}$  en el calostro y leche. Una vaca que produce 15 litros de calostro, elimina aproximadamente 35 g de  $\text{Ca}^{++}$  en la primera ordeña, cantidad aproximadamente nueve veces mayor al calcio que se encuentra en la sangre.
- Disminución de la capacidad de absorción del  $\text{Ca}^{++}$  a nivel intestinal.
- Lenta movilización de  $\text{Ca}^{++}$  desde la matriz ósea, insuficiente para contrarrestar rápidamente la disminución brusca del  $\text{Ca}^{++}$  sanguíneo, en el periparto.

Los valores sanguíneos normales de calcio en vacas lecheras Holstein Friesian fluctúan entre 8,60 y 9,63 mg/dl en las primeras semanas postparto, de acuerdo a investigaciones realizadas en el Departamento de Ciencias Animales de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En vacas con hipocalcemia clínica estos niveles pueden disminuir a valores

**Cuadro 1**  
Evolución de los síntomas de la hipocalcemia aguda

Etapas		
1ª	2ª	3ª
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es capaz de pararse pero con dificultad</li> <li>- No intenta moverse</li> <li>- Rigidez de las extremidades posteriores</li> <li>- Tambaleo (incoordinación al caminar)</li> <li>- Expresión de alerta exagerada</li> <li>- Lengua protruida</li> <li>- Constipación</li> <li>- Temblores musculares</li> <li>- Rechinar de dientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decúbito ventral (esternal)</li> <li>- Aspecto soñoliento</li> <li>- Contracciones musculares tipo tetánicas; luego, flacidez muscular</li> <li>- Endoftalmia</li> <li>- Respuesta ocular a estímulos lenta o ausente</li> <li>- Piel y extremidades frías</li> <li>- Temperatura subnormal</li> <li>- Pulso débil con aumento de la frecuencia cardíaca (80 pulsaciones/min)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decúbito lateral</li> <li>- Meteorismo a consecuencia de la postura</li> <li>- Inconciencia (estado comatoso)</li> <li>- Pulso imperceptible con una frecuencia cardíaca aumentada (120 pulsaciones / min)</li> <li>- Mortalidad 60 –70% en los animales no tratados</li> </ul>



**Figura 1:** Acciones y regulación de la secreción de la hormona Paratiroidea (PTH)\*

\*La amplitud de la flecha indica la magnitud de la respuesta a la PTH. Las líneas punteadas indican ausencia de efecto.

cercanos a 4 mg/dl.

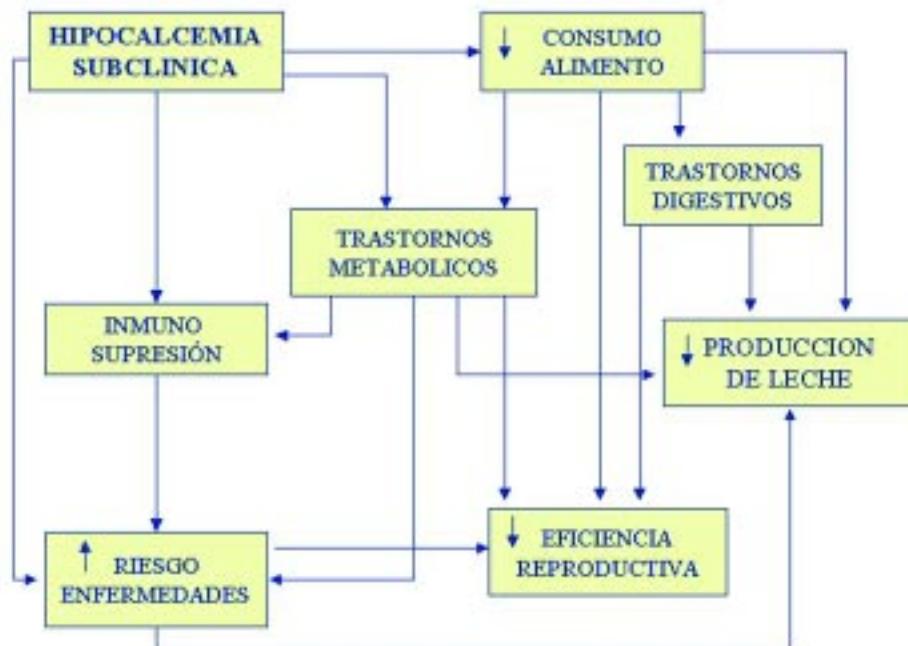
Sin embargo, en estas investigaciones se observó que una gran cantidad de vacas, independiente del número de partos, presentaron niveles de calcio sanguíneo bajo 8,6 mg/dl, sin síntomas visibles de hipocalcemia. Trabajos realizados en el extranjero señalan que un valor de 8,77 mg/dl (2,15 mmol/l) de calcio sanguíneo es el umbral bajo el cual este trastorno debe considerarse como una Hipocalcemia Subclínica. Análisis realizados, tomando este valor referencial,

en rebaños lecheros de Nueva Zelanda, mostraron una incidencia promedio de un 30%, superando en algunos predios el 50% del rebaño.

Al disminuir el calcio en la sangre, los mecanismos de homeostasis que regulan su concentración intervienen rápidamente, restituyéndolo por tres vías:

- Absorción intestinal de calcio.
- Liberación de calcio desde los huesos a la sangre.
- Reabsorción de calcio a nivel renal.

La concentración de calcio en la



**Figura 2:** Trastornos clínicos y metabólicos relacionados con hipocalcemia subclínica

sangre es controlada por las hormonas calcitroicas, Parathormona (PTH) y  $1,25(OH)_2D_3$  (vitamina  $D_3$ ), que interactúan incrementando la entrada de calcio a la sangre, junto con la hormona Calcitonina que ejerce una función antagonica a las primeras. Un descenso del calcio sanguíneo estimula a la glándula paratiroidea para aumentar la síntesis y liberación de la hormona PTH, la que actúa sobre las células de la matriz no intercambiable del hueso, liberando calcio a la sangre y a la vez induce la activación de la vitamina  $D_3$ , proceso que ocurre en el riñón. Cuando la concentración de calcio aumenta, disminuye la producción de PTH y de vitamina  $D_3$ . Esta última, si bien actúa sinérgicamente con la PTH, tiene como principal función estimular la absorción del calcio a nivel del epitelio intestinal (Figura 1).

### Patologías vinculadas a la hipocalcemia subclínica

La hipocalcemia subclínica se relaciona estrechamente con otras patologías (Figura 2), de ahí que las implicancias económicas vayan más allá de los costos de su tratamiento. La disminución de los niveles del calcio sanguíneo produce una hipomotilidad ruminal que afecta significativamente el consumo de alimento, lo que derivará en la presentación de trastornos digestivos y metabólicos (agudización del balance energético negativo, cetosis e hígado graso). Por otra parte, la menor contracción de la musculatura lisa del esfínter del pezón se reflejará en un aumento de las mastitis, al facilitarse la entrada de microorganismos patógenos a la ubre. Los problemas de distocia e infecciones uterinas son otra manifestación común de este problema.

Además, en los casos de hipocalcemia se produce un aumento de los glucocorticoides y una disminución de la secreción de insulina, lo que se refleja en una inhibición del sistema inmune y una menor capacidad de las células para captar glucosa. Esto último aumenta la movilización de grasa corporal en el parto para su utilización como energía, incrementando el riesgo de hígado graso y cetosis. Esto es particularmente grave en la

**Cuadro 2**  
Niveles de inclusión mineral recomendados en dietas preparto para vacas lecheras

Mineral	% MS*
Ca	0,60 - 0,80 (1,40)
P	0,30 - 0,40
Mg	0,20 - 0,30 (0,40)
K	0,60 - 0,80
Na	0,05 - 0,07
Cl	0,15 - 0,20 (0,80)
S	0,20 - 0,30 (0,40)

\*Porcentajes basados en un consumo promedio de materia seca de 12 Kg/vaca/día, para los 21 días preparto

( ): Niveles de inclusión cuando se suplementen dietas aniónicas

hipocalcemia subclínica, debido a que en este estado la vaca puede permanecer por un tiempo prolongado, afectándose en forma significativa la eficiencia reproductiva del rebaño y la producción de leche.

### Diagnóstico de la hipocalcemia

Por lo general, la hipocalcemia clínica en los sistemas intensivos de producción de leche no tiene una frecuencia de presentación tan alta; sin embargo, hay que tener en cuenta que la fiebre de leche es sólo la parte visible del iceberg, lo que dificulta un diagnóstico preciso de la real magnitud del problema, en que con toda seguridad los casos de hipocalcemia subclínica serán muchos. Por esta razón, los productores lecheros deben estar atentos, no sólo a la incidencia de la Fiebre de Leche en su rebaño, sino también a situaciones que permitan una detección y control a tiempo. Entre estas, las principales son:

- Aumento de los partos distócicos
- Aumento de los casos de retención de placenta y metritis
- Aumento de las mastitis en las primeras semanas de lactancia
- Bajo consumo de alimento en las primeras semanas postparto.
- Disminución de la condición corporal.

La detección de uno o más de

estos problemas indicaría que el rebaño podría estar afectado por una hipocalcemia subclínica. Frente a esta sospecha, debe analizarse la concentración del calcio sanguíneo a vacas entre los 7 y 21 días postparto, idealmente a 7 vacas. Si estos valores están bajo los 8,77 mg/dl (2,15 mmol/l), se confirmaría el diagnóstico de hipocalcemia subclínica.

La medición del pH urinario a vacas entre 7 y 21 días antes de la fecha estimada de parto, ayudaría a corroborar este diagnóstico. Si el pH está sobre 8,0, significaría que existe un alto riesgo de hipocalcemia en el período postparto. Esta es una prueba fácil y rápida, que puede realizarse en el mismo lugar, utilizando una cinta indicadora de pH.

### Prevención de la hipocalcemia

Las estrategias para prevenir la hipocalcemia se basan en activar los mecanismos de movilización del calcio óseo y apuntan a corregir primeramente los niveles de calcio, fósforo y potasio en la ración de las vacas en el período preparto.

Como primera medida se debe realizar un perfil iónico para calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre en la dieta preparto. El Laboratorio de Servicios de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la

**Cuadro 3**  
Sales aniónicas y su aporte en miliequivalentes aniónicos

Fuente	mEq aniónicos cada 100 g
Sulfato de Ca	1161
Cloruro de Ca	1360
Sulfato de Mg	811
Cloruro de amonio	1869
Sulfato de amonio	1198

Pontificia Universidad Católica de Chile realiza estos análisis en forma rutinaria.

Una dieta balanceada para vacas preparto debe presentar valores mínimos de minerales de acuerdo a los requerimientos para esta etapa. En el caso del calcio, dietas con más de 100 g/día durante el período preparto (21 días previos), están asociadas a un aumento en la presentación de fiebre de leche. Durante este período, el requerimiento de calcio para un animal de 650 kg de peso vivo, tanto para mantenimiento y gestación, es de aproximadamente 40 g/día, por lo que están plenamente cubiertos a través del transporte pasivo intestinal del calcio aportado por los ingredientes de la dieta, especialmente cuando uno de estos es alfalfa. Por otra parte, dietas preparto altas en fósforo presentan una mayor incidencia de hipocalcemia, ya que al elevarse el fósforo sérico se produce un efecto inhibitorio sobre la activación de la vitamina D<sub>3</sub> y por consiguiente se reduce la absorción de calcio.

Investigaciones recientes han demostrado que la fiebre de leche no sólo está relacionada con el contenido de calcio en la dieta, sino que también con el de potasio y azufre. El suministro de una dieta con un bajo nivel de calcio (0,5% MS) y alto nivel de potasio (2,1 % MS), significó que un 36% de los animales presentaron fiebre de leche. Además, un nivel excesivo de potasio en la dieta se traduce en signos clínicos de edema de la ubre y disminución de la biodisponibilidad de magnesio. Así también, un 60% de las vacas desarrollaron fiebre de leche con dietas bajas en azufre (0,10% MS), mientras que en dietas con altos niveles de este mineral (0,55% MS) no se detectó este problema. Es probable que un bajo aporte de azufre en la ración, indirectamente esté señalando un aporte catiónico alto.

En el Cuadro 2 se presentan los porcentajes de inclusión de minerales recomendados para dietas preparto en vacas lecheras

Si no se dispone de ingredientes que permitan mantener la concentración de estos minerales dentro de los rangos señalados y la dieta tiene un carácter fuertemente catiónico, existe

una segunda opción, cual es la suplementación de sales aniónicas.

La utilización de estas sales aniónicas se basa en su carácter acidogénico. El propósito es que a través de su consumo se produzca una acidificación metabólica leve, creándose condiciones óptimas para un adecuado balance homeostático del calcio en el organismo. Investigaciones han demostrado que en vacas preparto suplementadas con estas sales se redujo significativamente la incidencia de hipocalcemia clínica y subclínica. De estos trabajos se concluye que la presentación de este trastorno depende de la mayor concentración de cationes  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  (iones cargados positivamente con carácter básico), en relación a la concentración de aniones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  (iones cargados negativamente con carácter ácido) presentes en la dieta.

A partir de la diferencia entre los cationes y aniones expresada en miliequivalentes por kilo de materia seca (mEq/KgMS), se puede calcular el balance catión-anión dietario (BCAD) e indirectamente estimar el grado en que está afectado el equilibrio ácido-base del organismo. Considerando que  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$  determinan este equilibrio y el papel acidogénico del  $\text{SO}_4^{2-}$ , son estos los iones que se consideran en el cálculo del balance catión-anión de una dieta.

El cálculo de la BCAD se determina a través de la siguiente fórmula:

$$\text{BCAD (mEq/kg MS)}^* = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$$

\* El peso equivalente de un ión se calcula dividiendo el peso atómico por la carga eléctrica.

Generalmente las raciones para vacas preparto presentan un BCAD positivo, es decir, una mayor concentración de cationes. Sin embargo, una dieta preparto bien balanceada debería tener un BCAD negativo (aniónico), entre 50 a 150 mEq aniónicos/kg MS, lo que sólo es posible suplementando sales aniónicas. Las fuentes comúnmente utilizadas como suplementación aniónica se presentan en el Cuadro 3.

Al suministrar una dieta con un BCAD negativo, se produce la entra-

da de un exceso de aniones ( $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$ ) en el organismo. La necesidad fisiológica de mantener la electroneutralidad hace que se liberen cationes ( $\text{H}^+$ ) a la sangre para neutralizar los aniones, produciéndose una disminución del pH, lo que se traduce en una acidosis metabólica leve. Como consecuencia de lo anterior, la orina se acidifica y aumenta la excreción de calcio urinario, reduciéndose los niveles de calcio en la sangre. En respuesta, se produce un aumento de la secreción de PTH y vitamina  $\text{D}_3$ , incrementando la absorción intestinal del calcio, la movilización del calcio óseo y la reabsorción renal de calcio, lo que lleva a un aumento de la concentración de  $\text{Ca}^{++}$  en sangre (Figura 3). Por el contrario, un BCAD positivo, típico de las raciones convencionales para vacas preparto, puede predisponer a una alcalosis metabólica, inhibiendo los mecanismos homeostáticos del calcio.

En resumen, una acidificación metabólica leve como consecuencia del suministro de sales aniónicas sería ventajosa porque:

- Mejora la asimilación del calcio a través de un aumento del transporte pasivo (a nivel del rumen e intestino el pH ácido aumenta la solubilización del calcio) y del transporte activo (la PTH es activada por la acidosis).

- Aumenta la movilización de calcio óseo debido a que en condiciones ácidas aumenta la actividad de los osteoblastos, células encargadas de la hidrólisis del tejido óseo.

- Aumenta la excreción urinaria de calcio.

- Aumenta la proporción iónica ( $\text{Ca}^{++}$ ) del calcio plasmático, que es la forma en que el calcio es metabólicamente activo.

- La acción de la PTH aumenta en un estado de acidosis, porque se pierde la refractariedad a PTH que el tejido óseo y renal presentan en estados de alcalosis.

La medición del pH urinario refleja el estado ácido-base del organismo. En rebaños con problemas de hipocalcemia, el pH urinario de las vacas preparto está sobre 8,0, debido a que el organismo al estar bajo un estado de alcalosis leve, elimina bases por la orina. Este examen serviría no sólo para realizar un diagnóstico de hipocalcemia subclínica, sino también como una forma de verificar el resultado de la suplementación con sales aniónicas. Si una semana después de iniciada la suplementación se encuentran valores de pH 6.0-6.5 (levemente ácido) significaría que el tratamiento ha sido exitoso, puesto que el organismo, además de aumentar la excreción urinaria de calcio, está eliminando hi-

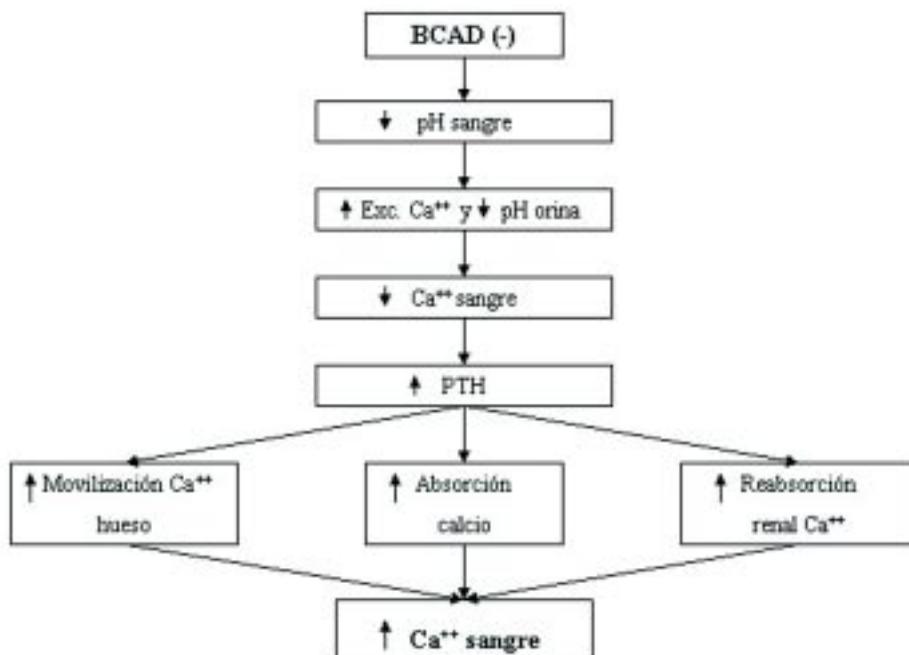


Figura 3: Efecto del BCAD sobre la concentración de  $\text{Ca}^{++}$  en sangre

**Cuadro 4**

Composición mineral de la dieta preparto, factor de conversión desde porcentaje de materia seca a miliequivalentes por kilo de materia seca (mEq/Kg MS) y aporte iónico total en mEq

Nutriente	Contenido (% MS)	Factor de Conversión	Aporte iónico total (mEq)
Cloro (Cl)	1,43	282	403,26
Sodio (Na)	0,38	435	165,30
Fósforo (P)	0,36	969	-
Potasio (K)	2,56	256	655,36
Calcio (Ca)	1,26	499	-
Magnesio (Mg)	0,23	822	-
Azufre (S)	0,38	624	237,12

BCAD\*:(Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>)-(Cl<sup>-</sup> + S<sup>=</sup>)= (165,30+655,36)-(403,26+237,12)= **+180,28 mEq/kg MS**

\*Fuente: Goff, J.P. 1992 Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf. Cornell Univ., Ithaca, NY.

drogeniones (ácidos) por la orina. Si el pH desciende más allá de estos valores, probablemente existe un exceso de aniones en la dieta, lo cual debe corregirse rápidamente.

### Cálculo de la suplementación de sales aniónicas

Para estos efectos se tomó como base la ración de las vacas preparto en la Unidad Lechera de la Estación Experimental de Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Los ingredientes de la dieta fueron ensilaje de ballica, ensilaje de maíz, heno de alfalfa, maíz grano y afrecho de soya, que aportó 1,54 Mcal de Energía Neta de Lactancia (EN<sub>l</sub>)/Kg, 13,74% de Proteína Cruda (PC) y 35,33% de Fibra Detergente Neutro (FDN), base materia seca. A esta dieta se le realizó un perfil iónico en el Laboratorio de Servicios de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Cuadro 4). Los resultados mostraron que las concentraciones de calcio, potasio, sodio, y cloro superaron los niveles máximos señalados en el Cuadro 2, lo que podría ser un primer indicador de posibles trastornos en el metabolismo del calcio. No obstante presentar esta dieta un BCAD positivo (catiónico), esto no se reflejó en un aumento de la incidencia de hipocalcemia clínica en el rebaño, manteniéndose bajo los promedios históricos de 4%. Sin embargo, la concentración del calcio sanguíneo en 14 vacas, entre los 7 y 21 días postparto, fue de 8,16 mg/dl (2mmol/l),

lo que indicó que el rebaño lechero estaba en una condición de hipocalcemia subclínica. Más aún, un 57% de las vacas (8/14) presentó valores bajo 8,77 mg/dl, lo cual enfatiza el hecho de que este trastorno es un problema del rebaño.

La composición de la dieta preparto resultó ser la fórmula más ajustada a los requerimientos nutricionales y de menor costo, además de no presentar un BCAD tan elevado. Por lo tanto, más que realizar cambios en la formulación de la ración, se optó por ajustar el balance catión-anión, suplementando sales aniónicas. Para tal efecto se elaboró una mezcla que aportó 250 mEq aniónicos/kg MS, de manera de llevar la BCAD a -69,72 mEq aniónicos /kg MS, la cual fue suministrada durante las tres últimas semanas antes del parto. Una semana después de iniciado el suministro de estas sales, el pH urinario en un grupo de 14 vacas preparto presentó valores de 6,4 + 0,17, lo que indicó el resultado exitoso de este manejo. En estas mismas vacas la concentración de Ca<sup>++</sup>, entre los 7 y 21 días postparto, presentó un valor promedio de 9,43 + 0,48. Ninguna de estas vacas hizo una hipocalcemia clínica y sólo tres (21,4%) presentaron valores de Ca sanguíneo bajo 8,77 mg/dl.

### Consideraciones finales

Al momento del parto, se producen adaptaciones metabólicas importantes en la vaca lechera y uno de estos ajustes tiene que ver con los mecanismos homeostáticos que regulan la concentración sanguínea del Ca<sup>++</sup>. La falla de estos mecanismos se mani-

fiesta por una disminución de la concentración del Ca<sup>++</sup> sanguíneo que se traduce en un cuadro clínico de hipocalcemia que se caracteriza por la imposibilidad de la vaca de mantenerse en pie y la muerte si no se realiza un tratamiento oportuno de restitución del calcio sérico. Sin embargo, más preocupante que la forma clínica de este trastorno, es la alta incidencia de hipocalcemia subclínica, que no presenta síntomas visibles, que está asociada a muchas otras patologías y que termina por afectar considerablemente la salud y la productividad del rebaño.

La prevención de este trastorno se basa en el manejo del BCAD, ya sea modificando los ingredientes de la ración y sus cantidades y/o suplementando sales aniónicas. Algunas indicaciones para el uso de sales aniónicas deben ser tomadas en cuenta para evitar problemas anexos:

- La suplementación con sales aniónicas no debe sobrepasar de 300 mEq/Kg. MS/día, ya que consumos superiores podrían provocar un grado de acidosis metabólica severo, además de afectar significativamente el consumo.
- No usar sales aniónicas si el consumo de calcio es bajo. Siempre que se suplementen sales aniónicas, debe aumentarse la concentración de calcio en la dieta.
- Las sales aniónicas no deben utilizarse en vaquillas preñadas, ya que su consumo puede inducir artificialmente este problema.
- Las sales aniónicas son muy poco palatables por su sabor amargo, por lo tanto precisan de un manejo cuidadoso para asegurar su consumo. Deben suministrarse en una dosificación exacta y homogéneamente mezcladas con el resto de los ingredientes de la ración.

El impacto económico de la hipocalcemia subclínica es difícil de cuantificar por las implicancias que tiene, especialmente por su asociación a otras patologías, sobre la salud y producción del rebaño. Por lo tanto, es necesario adoptar medidas como las que se proponen en este artículo, para detectar este problema en su etapa más temprana y evitar las complicaciones que de ella derivan. **FAF**