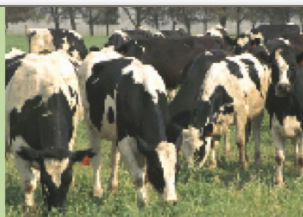


BALANCE ANIÓNICO-CATIÓNICO EN EL PREPARTO DE LA VACA LECHERA



Mattioli¹⁻², G.A.; Rosa¹, D.E.;
Picco¹, S.J.; Fazio¹, L.E.;
Murray¹, R. y Romero², JR.

¹ Laboratorio de Nutrición Mineral.

² CEDIVE. Facultad de Ciencias Veterinarias.

Universidad Nacional de La Plata. mattioli@fcv.unlp.edu.ar

1. Introducción

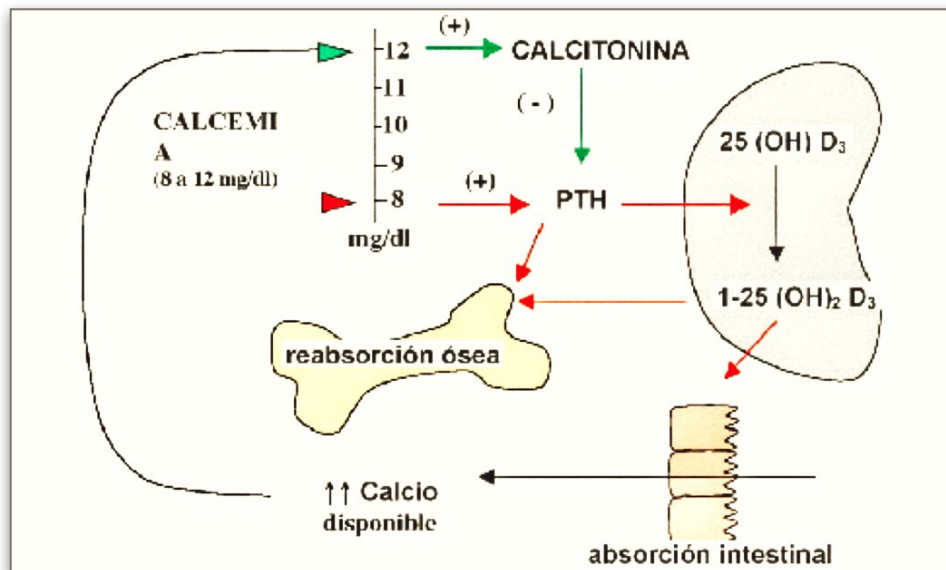
La vaca lechera con elevada producción se ve forzada a realizar ajustes metabólicos importantes al momento del parto. Cuando estos fallan sobrevienen enfermedades como la paresia puerperal (PP) o «Fiebre de la leche».

La PP es un síndrome que se presenta dentro de las 48 horas del parto, especialmente en vacas de alta producción y con varios partos. Los animales presentan incoordinación e inestabilidad al caminar, caen y permanecen en decúbito esternal, en ocasiones con la cabeza orientada hacia su flanco (autoauscultación), el animal se muestra apático, con los músculos flácidos y si no son tratados pasan a un estado comatoso en decúbito lateral y mueren. La temperatura corporal tiende a descender, salvo en la primera etapa por el esfuerzo muscular por no caerse, por lo cual la denominación de «Fiebre de la leche» sería incorrecta.

La causa de la PP es una deficiencia aguda de calcio (Ca) provocada por la brusca pérdida de este elemento hacia el calostro al momento del parto. La vaca puede afrontar esta exigencia aumentando la captación intestinal del Ca o bien movilizando el Ca desde el hueso. Ambos mecanismos son eficientes, y de hecho mantienen el aporte de Ca hacia la leche en pleno pico de lactancia, pero poseen una gran limitante: son lentos para comenzar a funcionar. Ambos mecanismos poseen un período de latencia entre el estímulo, que es la disminución de la calcemia, y la respuesta que es el restablecimiento de la calcemia por captación del Ca desde el intestino o desde el hueso (FIGURA 1). Esta latencia es el tiempo necesario para que la caída de la calcemia es timule a la glándula paratiroidea para que secrete parathormona (PTH), la cual vía sanguínea llega al riñón para estimular la formación de vitamina D activa, y recién ambas podrán actuar sobre el intestino, donde aumentan expresión de los transportadores de Ca y sobre el hueso donde activan macrófagos especializados llamados osteoclastos que «disuelven» el hueso y liberan sus minerales a la sangre. La PTH también ayuda al

balance de Ca disminuyendo las pérdidas por orina. Este período de latencia explica porqué los casos de PP

Figura 1: Mecanismos homeostáticos de regulación de la calcemia.



se presentan fundamentalmente dentro de las 24 horas del parto; ya que los animales que logran permanecer parados las primeras 48 horas posparto ya tendrán las vías intestinal y ósea funcionando y habrán salvado el problema (Underwood and Suttle, 1999).

La alternativa terapéutica para evitar la PP es mantener activos estos mecanismos de compensación, vale decir lograr bajar la calcemia antes del parto y no en ese mismo momento. Este fundamento dio origen a la idea de aportar poco Ca en la dieta para preparar todo bien, desequilibrar la relación Ca:P en la dieta elevando al segundo para originar con el exceso de P una carencia relativa de Ca que estimule la movilización ósea. Estas técnicas sin embargo han tenido resultados variables, en ocasiones muy poco exitosos. Posiblemente esto se deba por un lado a que reducir el aporte de Ca por la dieta puede ser difícil por las concentraciones normales de Ca en los alimentos disponibles, y además al ajustarse el aporte de Ca se modificó el aporte de otros elementos, como el potasio (K), que actualmente se consideran tanto o más importantes que la concentración de calcio en el desencadenamiento de la PP. Por otro lado aumentando el aporte de P en la dieta por encima de 80 gramos diarios comienza a inhibirse la activación renal de vitamina D, bloqueando la recuperación de la calcemia y así el propio fundamento de la técnica. También se han desarrollado terapias hormonales usando vitamina D o PTH que pueden dar buenos resultados, pero poseen como limitante que deben ajustarse con precisión al día del parto (Horst et al., 1997).

Otra alternativa que se ha generalizado es el consumo de sales aniónicas en el preparado, las cuales cambian el balance catiónico - aniónico de la dieta, causando una acidosis metabólica moderada que favorece la resistencia a la PP.

El objetivo de este trabajo es comprender el fundamento del empleo de sales aniónicas y su utilidad en la prevención de la PP. Previamente se revisan algunos conceptos básicos que facilitarán la comprensión del tema.

2. Conceptos básicos en el fundamento del empleo de dietas aniónicas

¿Qué son los aniones y cationes?

Todos los elementos, como el sodio (Na), el cloro (Cl), el potasio (K), etc., se encuentran en la naturaleza en estado electro-neutro, ya que poseen igual cantidad de cargas positivas, aportadas por los protones del núcleo, y de cargas negativas aportadas por los electrones que giran a su alrededor. La cantidad de protones o electrones es propia de cada elemento y se utilizan para ordenar los elementos en forma creciente en la tabla periódica. Cuando los elementos reaccionan entre si siempre conservan sus cargas positivas en el núcleo, pero los electrones se estabilizan completando su órbita externa con dos u ocho electrones, tomando la configuración electrónica del gas noble más próximo en la Tabla Periódica. Por ejemplo el cloro que posee 17 electrones, colocará dos de ellos en el primer orbital, ocho en el segundo y los siete que le quedan en el tercer orbital, o sea que para estabilizarse tomará otro electrón del medio. Al hacerlo queda con 18 electrones, uno más que el número de protones de su núcleo, por lo cual el elemento queda con una carga negativa, de allí que se exprese como Cl^- . Algo similar ocurre con el sodio que posee 11 electrones, y los ordena colocando dos en el primer orbital, ocho en el segundo y sólo uno en el tercero. Para estabilizarse cede un electrón y queda con una carga positiva de más, por lo cual se lo cita como Na^+ . Cuando los elementos ordenan sus orbitales y adquieren cargas se denominan iones, y a su vez si captan electrones y adquieren carga negativa se denominan aniones, mientras que aquellos que ceden electrones para estabilizarse y adquieren cargas positivas se denominan cationes. La posibilidad de que los iones tomen o cedan electrones existen sólo cuando están disueltos en soluciones acuosas, donde pueden ceder o tomar electrones de otros átomos. Cuando no están disueltos, estos elementos deben lograr el equilibrio asociándose entre si, de modo que un anión que busca captar electrones se combina con un catión que busca cederlos y forman así las sales, como ocurriría por ejemplo con el cloruro de sodio (NaCl - Figura 2). Cuando el catión es bivalente (dos cargas positivas) como el Mg^{+2} por ejemplo, formará una sal con un anión bivalente como un sulfato (SO_4^{2-}) o bien con dos aniones monovalentes como dos cloruros (Cl^-), pero siempre se neutralizarán. Cuando estas sales se disuelven en el organismo toman nuevamente carga eléctrica. Para expresar la cantidad de cargas eléctricas que aporta un elemento en una solución se emplea una unidad llamada miliequivalente por litro, que representa un número determinado de cargas igual a 6 por 10²⁰ cargas eléctricas. Así un miliequivalente de Na^+ , de Mg^{+2} , o de cualquier otro catión indica que por litro de solución existen 6 por 10²⁰ cargas eléctricas positivas, mientras que un miliequivalente de Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} o de cualquier otro anión indica que por litro de solución existen 6 por 10²⁰ cargas eléctricas negativas aportada por ese elemento.

¿Cómo es el equilibrio entre aniones y cationes en el organismo? Principio de electroneutralidad

El organismo contiene más del 50 % de agua, la cual se encuentra dividida en tres compartimientos hídricos: el intracelular, que es el más abundante (60-70 %) y el extracelular, llamado también medio interno, y que incluye al líquido intravascular o plasmático (25 %) y al líquido intersticial (75%), que baña las células. En los tres compartimientos la cantidad de cargas positivas y negativas es igual, vale decir que existen en cada uno igual cantidad de miliequivalentes de cationes que de aniones FIGURA 3. Este principio, llamado de electroneutralidad, se mantiene siempre, de modo que si a un compartimiento ingresa un miliequivalente de un ión, otro miliequivalente de igual carga debe eliminarse para mantener el equilibrio.

¿De qué modo el equilibrio eléctrico afecta al pH?

El pH es un parámetro fisiológico que permite evaluar el estado ácido-base del organismo. El valor de pH indica la concentración de hidrogeniones (H^+), pero expresada como el logaritmo negativo de su concentración ($-\log [H^+]$), de modo de convertir unidades muy pequeñas y variables en un rango lineal que

FIGURA 2. Estabilización de átomos de sodio y cloro mediante la formación de sales o de iones en solución acuosa.

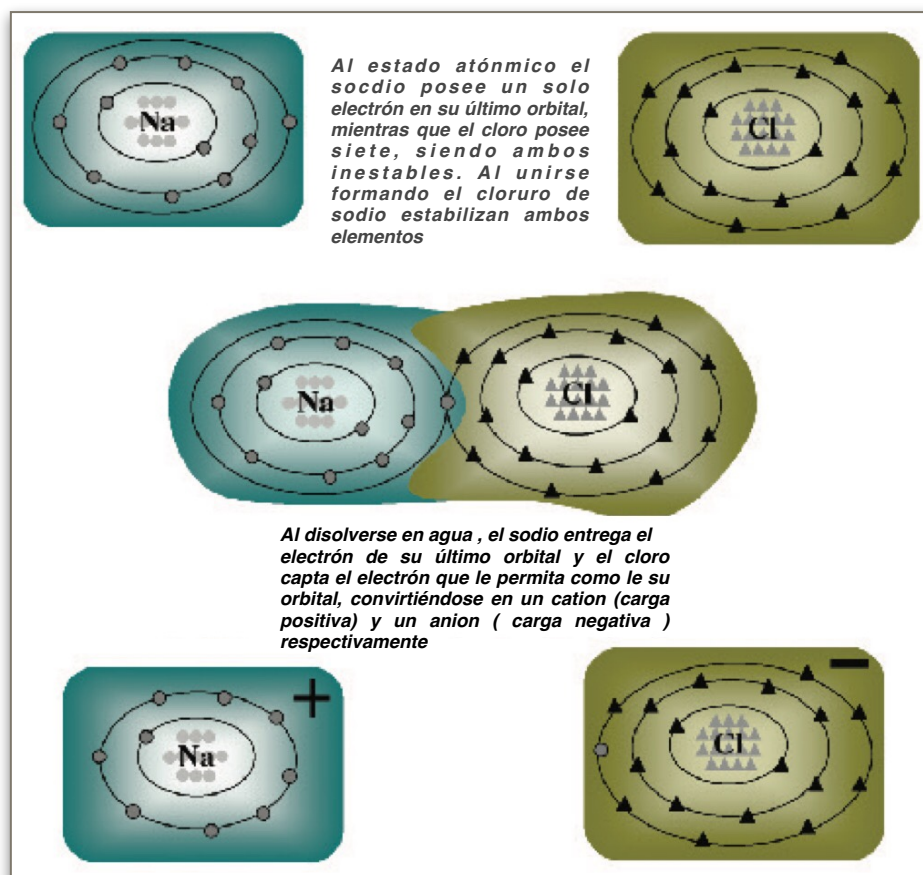
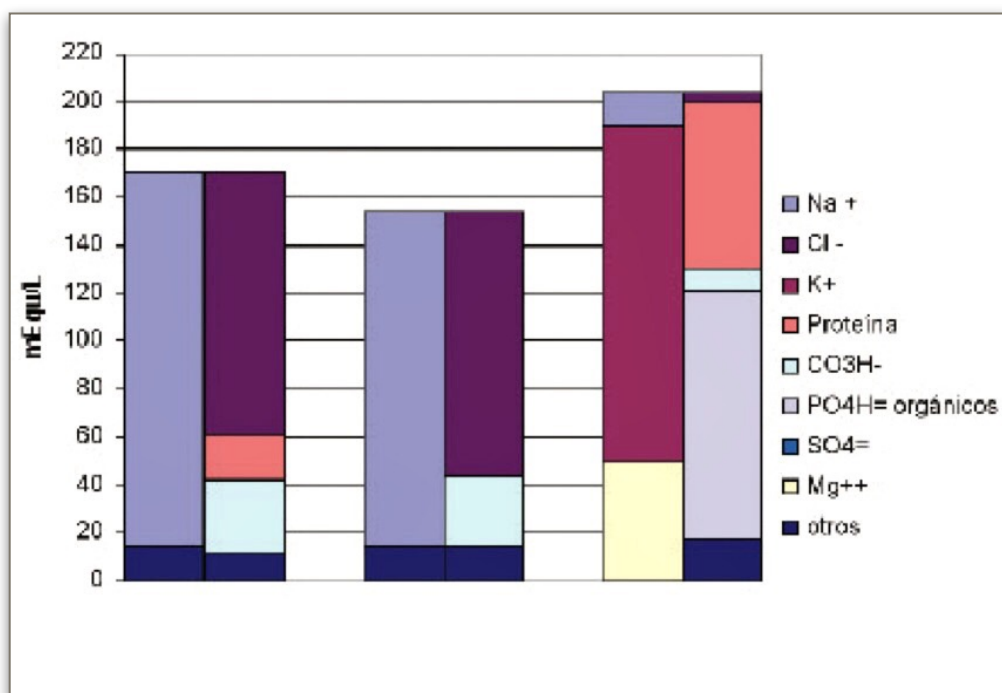


FIGURA 3. Distribución de cargas eléctricas en los compartimientos hídricos del organismo.



va de 1 (máxima concentración de H^+) a 14 (mínima concentración de H^+). El pH en el medio interno es mantenido alrededor de 7,40 y cuando disminuye se habla de acidosis, que implica una acumulación excesiva de H^+ . Según las escuelas más clásicas el pH de una solución se mantenía constante gracias a amortiguadores o buffers, los cuales son simplemente sustancias capaces de captar o ceder H^+ manteniendo su concentración normal. En la década del 80 el médico Canadiense Peter Stewart propone que la concentración de H^+ es apenas una consecuencia en el ajuste de otros factores primarios, entre los que incluye la diferencia de iones fuertes. Los iones fuertes son aquellos que ejercen mayor importancia eléctrica en el medio, como el sodio, el potasio y el cloro. Según el autor al ingresar cationes fuertes, como el sodio y el potasio, el medio interno mantiene la electroneutralidad desplazando otros cationes como el H^+ , causando alcalosis. Por el contrario, un ingreso de aniones fuertes ocasiona un aumento compensatorio de cationes débiles como los H^+ , causando acidosis.

3. Empleo de dietas aniónicas en el preparto de vacas lecheras

Fundamento

Cuando los animales consumen dietas que aportan más aniones que cationes absorbibles sufren una acidosis metabólica compensada, con aumento de la calcemia y disminución en la incidencia de paresia puerperal.

Los mecanismos por los cuales se generan estos efectos no son totalmente claros. Originalmente se sostenía que la alcalosis provocada por el exceso de cationes en la dieta generaba refractariedad en los tejidos periféricos a la PTH (Goff and Horst, 1997). Actualmente se sabe que las dietas aniónicas aumentan la absorción

intestinal de calcio y si bien también aumentan las pérdidas por orina, éstas serían importantes sólo cuando los animales poseen valores normales de calcemia, pero descenderían a cero cuando la calcemia baja a los valores de riesgo de paresia puerperal (Schonewille et al., 1999). Otro concepto original sostiene que el aumento de la calcemia es debido a una mayor movilización de calcio desde el hueso. Esta posibilidad resulta probable porque la mayor absorción intestinal justifica sólo hasta el 60 % del aumento de la calcemia (Schonewille et al., 1999), además estudios in vitro demuestran que la movilización ósea aumenta 9 veces cuando disminuye en 0,25 unidades el pH del medio de cultivo (Arnett, 2003). Además, varios trabajos demostraron que los animales que reciben las dietas aniónicas poseen mayores concentraciones plasmáticas de hidroxiprolina, la cual es considerada un indicador de movilización ósea (Goff and Horst, 1997). Sin embargo, otros autores no encuentran el aumento de hidroxiprolina (Joyce et al., 1997; Moore et al., 2000) y justifican los resultados anteriores aclarando que la hidroxiprolina podría también aumentar por las rupturas del colágeno uterino en el parto (Roche et al., 2003). Una posibilidad que compatibiliza ambas alternativas sostiene que el aporte de calcio por el hueso ocurre no sólo por aumento de la remoción sino fundamentalmente por disminución de la neoformación ósea (Moore et al., 2000). Finalmente otros de los efectos de la acidosis sería una mayor disociación del calcio unido a las proteínas plasmáticas, con el consiguiente aumento de la fracción iónica o libre del calcio del 40 al 45 %, la cual representa la forma activa del calcio plasmático (NRC, 2001).

Cálculos de la diferencia catiónica-aniónica dietaria (DCAD)

La DCAD se determina por la diferencia entre los principales cationes y aniones absorbibles expresados en miliequivalentes. Entre los primeros se tiene en cuenta al Na^+ , K^+ , Mg^{+2} y Ca^{+2} , y entre los aniones al Cl^- , SO_4^{4-} y fosfatos (HPO_4^{2-}).

Existen varias alternativas, pero en términos generales se emplean dos fórmulas para calcular la DCAD, una más simple $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{-2})$ y otra ampliada $(0,15 \text{ Ca}^{+2} + 0,15 \text{ Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,25 \text{ S}^{-2} + 0,25 \text{ P}^{-3})$. Como puede observarse algunos elementos están acompañados por un número, el cual es un coeficiente de absorción, que expresa la cantidad del elemento que es absorbido, mientras que aquellos elementos que no están corregidos por ningún factor (Na , K y Cl) se considera que son absorbidos por completo. Se considera que la dieta posee una adecuada DCAD cuando la primera fórmula da alrededor de -50 mEq/Kg y la segunda entre 200 y 300 mEq/Kg, siempre expresado como materia seca (MS).

Correcciones del DCAD

Cuando la DCAD es elevada pueden emplearse sales aniónicas para reducirla. Las sales aniónicas son aquellas cuyo anión se absorbe más que su catión a nivel intestinal, ayudando a generar acidosis. Las principales sales aniónicas con las cuales se suplementa la dieta incluyen a los cloruros de calcio (CaCl_2) y de

amonio (NH_4Cl) y a los sulfatos de calcio (CaSO_4), de magnesio (MgSO_4) y de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

El uso de sales aniónicas posee también limitantes. En términos generales estas sales tienen un gusto demasiado salado y no poseen buena palatabilidad. En este sentido los sulfatos son más palatables pero poseen mucho menor efecto acidificante que los cloruros.

Cuando se suplementa la dieta con cloruros debe tenerse en cuenta que su concentración final no supere el 0,6 % de la materia seca. El exceso de cloruros disminuye el consumo de materia seca por el animal, efecto que puede comenzar con concentraciones del 0,5 % y se hacen bien evidentes al llegar al 0,8% (Goff and Horst, 1998).

Cuando se suplementa con sulfatos se recomienda que la concentración de azufre en la dieta no supere el 0,4 %, ya que en exceso los sulfatos causan encefalomalacia y por otra parte poseen poco efecto acidificante (Goff and Horst, 1998).

Se han informado disminuciones en el consumo de materia seca con DCAD de -150 meq/kg (medidas como $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$), desaconsejando su uso en vaquillonas (Moore et al., 2000). Otros autores registraron la disminución de consumo con DCAD de sólo -64 y -40 meq/kg, y sugirieron que este problema podría ser una consecuencia de la acidosis en el animal más que un problema de palatabilidad (Vagnoni and Oetzel, 1998).

Sin lugar a dudas los dos minerales a considerar en la dieta para evitar la alcalosis son el sodio y especialmente el potasio. El potasio aumenta la incidencia de PP cuando supera el 2 %, y es comúnmente el adversario a neutralizar en la fórmula de la DCAD. Esto se debe a que las concentraciones de potasio en los forrajes son muy altas, complicando el panorama en sistemas pastoriles como el local. Los forrajes poseen concentraciones de K dentro de un amplio rango que va desde 1 a 6 %, siendo algo mayor en leguminosas que en gramíneas (Underwood and Suttle, 1999).

El sodio posee la ventaja de ser menor abundante en los alimentos comúnmente empleados en sistemas pastoriles, pero es el otro catión a evitar cuando se suplementa una sal. En concentraciones del 1,3 % aumenta la incidencia de PP (Goff and Horst, 1997).

Una ventaja que brindan las sales aniónicas es la alternativa de elevar el aporte preparatorio de calcio sin aumentar la incidencia de PP. La cantidad de calcio en la dieta fue un punto de máxima atención cuando se intentaba disminuir la incidencia de PP dando un alimento con tan poco calcio que generara una movilización ósea previa al parto. Sin embargo, los resultados experimentales con esta técnica no han sido claros. En trabajos donde se bajó el aporte de calcio a 40 gr diarios no se obtuvieron resultados, y sin embargo sí se lograron buenos resultados aumentando la concentración de calcio hasta el 0,5 % en la dieta preparatoria, siempre y cuando el

balance catiónico-aniónico se mantuviera controlado. Otros autores van mas allá recomendando entre el 1 y el 2 % de Ca, obteniendo buenos resultados con dietas que aportaban 180 gr diarios de calcio, siempre y cuando se aporte como cloruro, de modo que este anión se absorba aún más que el propio calcio y no se altere el pH interno. Si en cambio se emplea el Ca como carbonato de calcio (CaCO_3), debido a que el carbonato no se absorbe, sólo ingresa el calcio provocando un potente efecto alcalinizante del medio interno. Investigadores con amplia experiencia en el tema recomiendan dietas con 1 a 1,2 % de calcio, como CaCl_2 (Goff and Horst, 1997). Si la tendencia ahora es recomendar un buen aporte de Ca en el preparto, surge la pregunta de cómo se obtuvieron buenos resultados en algunos trabajos que proponían todo lo contrario. Posiblemente en estos casos haya tenido mucho que ver que se dejaron de usar alimentos como la alfalfa, que además de ser rica en calcio lo era especialmente en K^+ , con lo cual evitaron la alcalosis que este provoca.

Actualmente se tiende a aumentar también el aporte de magnesio en la dieta preparto. Goff y Horst (1998) recomiendan un 0,4 % en la dieta y son la referencia para las sugerencias de la NRC (2001). Se recomienda el empleo de cloruro de Mg por la ventaja de aportar Mg y ser simultáneamente una sal acidificante.

Control de eficacia de las dietas aniónicas

Para evaluar el efecto de las sales aniónicas sobre los animales pueden medirse varios parámetros indicativos de la acidosis metabólica. Entre ellos figuran el pH, las concentraciones de bicarbonato, el exceso de bases, la brecha aniónica y la presión parcial de CO_2 en el plasma. Sin embargo, sin duda la medición más práctica es la del pH urinario, que refleja el estado ácido-base del organismo, así como el efecto de las sales aniónicas y el riesgo de paresia puerperal. En términos generales se asume que si las sales están actuando correctamente el pH debe descender de 7, con rangos óptimos propuestos de 5,5 a 6,2 (Horst et al., 1997), de 5,5 a 6,5 (Pennsylvania State University, 1999) o de 6,2 a 6,8 (NRC, 2001). Goff y Horst (1998) proponen los siguientes rangos:

- si el pH urinario es mayor de 8, las sales no están dando resultado.
- si el pH urinario se ubica entre 6 y 6,5 en vacas Holstein o entre 5,8 y 6,2 en vacas Jersey, puede esperarse un adecuado efecto protector de las sales.
- si el pH urinario es menor de 5,5 puede existir un exceso de sales aniónicas con el consiguiente riesgo de disminuir el consumo de alimento.

Finalmente es recomendable recordar que el empleo de sales aniónicas es una herramienta que resulta útil sólo si es usada adecuadamente, vale decir si existe un buen diagnóstico de la situación y un adecuado control de sus efectos.

Bibliografía citada

Y Fuente.

http://www.fcv.unlp.edu.ar/images/stories/sec_posgrado/nutricion/DCAD.pdf



MÁS ARTÍCULOS