

Sector Lechero

Cálculo de Requerimientos de Minerales para Bovinos Lecheros

ALEJANDRO CEBALLOS MÁRQUEZ.

Departamento de Salud Animal

Universidad de Caldas

A.A. 275

Manizales, Colombia

e-mail: aleceballos@cumanday.ucaldas.edu.co



Requerimientos de minerales

Sector Lechero

Resumen

Los minerales son elementos inorgánicos necesarios para el desarrollo de diversas funciones en el organismo. Estos elementos no pueden ser sintetizados por lo que se requiere administrarlos en la dieta del animal para satisfacer el requerimiento y poder obtener el máximo rendimiento productivo. El balance de los minerales en la ración parte del conocimiento de los requerimientos para los mismos según la edad y el estado productivo del animal.

En la primera parte de esta serie de artículos sobre minerales, se presentan los datos más recientes sobre la forma para calcular los requerimientos de macrominerales para vacas lecheras; asimismo, se dan algunas indicaciones sobre las concentraciones para calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio que debe tener la dieta según el estado productivo de la vaca.

Summary

Minerals are inorganic elements necessary for the development of different organic functions. These elements cannot be synthesized but must be given in the animal diet to satisfy the animals needs in order to obtain maximum productive efficiency. Ration mineral balance is based on the animals needs in order to obtain maximum productive efficiency. Ration mineral balance is based on the knowledge of requirements according to age and productive stage of the animal.

In the first part of this series of articles on minerals, recent data for dairy cow macromineral requirement calculations are presented. Also, some instructions on calcium, phosphorus, magnesium, potassium and sodium concentrations in the diet according to the cow's productive stage.





1. Macrominerales

1. Macrominerales

Introducción

Todos los tejidos contienen en diferentes cantidades y proporciones elementos inorgánicos necesarios para el desarrollo de diversas funciones en el organismo; estos elementos se conocen como minerales, identificándose algunos como esenciales para vivir (Underwood, 1981; McDowell, 1992). Todos los minerales de importancia biológica deben ser considerados como esenciales e insustituibles, ya que no pueden ser sintetizados en el organismo ni ser reemplazados entre sí (Stehr, 1988).

Los minerales cumplen básicamente tres funciones en el organismo: 1) Hacen parte de la estructura de los tejidos y diferentes órganos, 2) son componentes de la estructura de fluidos corporales y tisulares en forma de electrolitos y 3) son catalistas en sistemas enzimáticos y hormonales (Underwood, 1981; McDowell, 1992).

Por lo anterior, es importante conocer cuál es el requerimiento de minerales en las diferentes especies animales y balancear adecuadamente la ración para entregarles la cantidad suficiente y necesaria de los elementos que requieren para mantenerse y producir. Además, la desnutrición mineral ha sido aceptada como una de las principales causas de la baja productividad en los países tropicales, no siendo Colombia un país ajeno a ello (McDowell y col., 1997). No debe dejarse de lado que, al menos, un 5% del peso de un animal está constituido por minerales.

Conocer el requerimiento mineral en la ración para vacas lecheras conlleva a la formulación adecuada de la ración evitando posibles desequilibrios por déficit o exceso de ellos, los que causan una serie de enfermedades y patologías que van en desmedro de la producción lechera (McCullough, 1986; McDowell, 1992).

El objeto de esta revisión es describir algunas de las ecuaciones utilizadas para conocer el requerimiento de minerales para bovinos lecheros; así mismo, se presenta la concentración requerida de estos minerales en la ración para vacas lecheras, con lo que se alcanzaría el aporte diario en cantidad suficiente.





Requerimientos de Minerales

Los minerales esenciales han sido clasificados en macro y microminerales en virtud de su necesidad dietética y distribución en el organismo. Hasta ahora se han identificado 26 minerales (Cuadro 1) que son requeridos por alguna especie animal. Los macrominerales generalmente se necesitan en concentraciones superiores a 100 ppm en la ración y su concentración en los tejidos es igualmente elevada (NRC, 1989; McDowell, 1992).

Conocer cuál es el requerimiento de minerales tiene por objeto calcular el consumo necesario del elemento para mantener la salud y el máximo rendimiento productivo del animal. No obstante, se debe tener precaución, ya que el valor calculado es sólo un estimativo o una aproximación pudiéndose presentar variaciones según la edad, sexo y nivel productivo, ente otros (Grace, 1989). Para estimar el requerimiento mineral el Agricultural Research Council (1980)

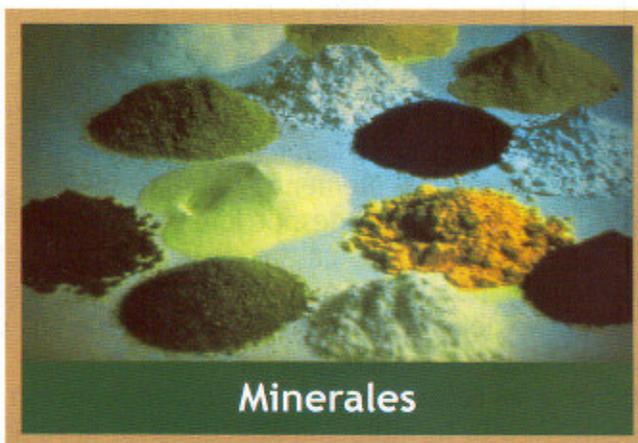
ha desarrollado un modelo factorial cuantitativo basado en los estudios de metabolismo y cinética de minerales (Figura 1). En este modelo se consideran la cantidad neta requerida para el almacenamiento y la secreción del mineral durante el crecimiento, la gestación y la lactancia, así como la pérdida endógena en diferentes secreciones orgánicas.

El requerimiento bruto en la ración se obtiene dividiendo éste por un factor que representa la cantidad del mineral que es absorbida (ARC, 1980). Este coeficiente varía con la edad, siendo generalmente más alto en animales en crecimiento que

en adultos (Grace, 1989). El cálculo del requerimiento de macrominerales, tanto neto como bruto, se describe utilizando este modelo factorial.

Antes de entrar a considerar las necesidades de minerales, se debe tener

presente que una primera fuente de ellos es el forraje, en especial en los países tropicales, y que están en constante circulación dada la interacción suelo-planta-animal. En el forraje hay diversos factores (Figura 2) que pueden modificar el contenido de minerales, pudiendo





Cuadro 1. Minerales esenciales para la vida

MACROMINERALES	MICROMINERALES
Calcio (Ca)	Arsénico (As)
Fósforo (P)	Boro (B)
Magnesio (Mg)	Cadmio (Cd)
Potasio (K)	Cobalto (Co)
Sodio (Na)	Cobre (Cu)
Azufre (S)	Cromo (Cr)
Cloro (Cl)	Estaño (Sn)
	Flúor (F)
	Hierro (Fe)
	Iodo (I)
	Litio (Li)
	Manganeso (Mn)
	Molibdeno (Mo)
	Níquel (Ni)
	Plomo (Pb)
	Selenio (Se)
	Silicio (Si)
	Vanadio (V)
	Zinc (Zn)

Tomado de: Underwood, 1981; McDowell, 1992; McDowell y col., 1997



Figura 1. Modelo factorial para la estimación de requerimientos de minerales en bovinos lecheros. Adaptado de: ARC, 1980

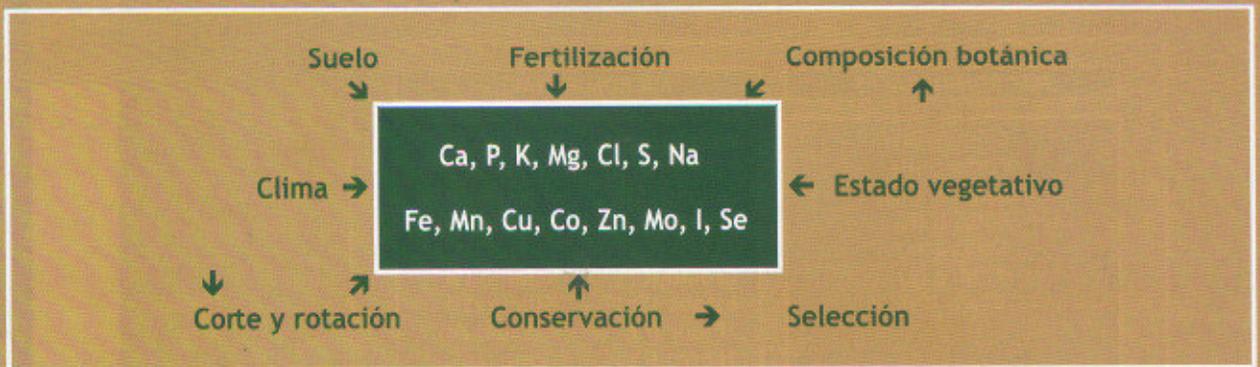


Figura 2. Factores que interfieren en la composición mineral de los forrajes. Tomado de: Stehr, 1988.

producir deficiencias o excesos en determinadas ocasiones. En Colombia se ha encontrado una elevada frecuencia de forrajes que no poseen concentraciones adecuadas para rumiantes en cuanto a calcio, fósforo, sodio y magnesio (McDowell, 1992; McDowell y col., 1997).

Con un conocimiento adecuado de la composición mineral del suelo y del forraje, sumado al cálculo acertado del requerimiento según el estado productivo del animal, se puede entrar a corregir los desequilibrios en la alimentación mediante el uso de sales mineralizadas.

Macrominerales

Este grupo corresponde a los minerales requeridos en concentraciones superiores a 100ppm en la ración pudiendo alcanzar desde 0,2 a 1,0% base seca, y cuya concentración orgánica es elevada. Se consideran: el calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio.

Calcio

El Ca es el principal componente mineral de la estructura ósea y dentaria donde se encuentra el 98% del total de Ca orgánico, el 2% restante se encuentra en las células y fluidos extracelulares. El Ca es requerido para el desarrollo de diversas funciones orgánicas, entre las



que se cuenta la transmisión nerviosa, la excitabilidad muscular, la coagulación sanguínea y la activación de diferentes enzimas. Aproximadamente un 50% del Ca sanguíneo se encuentra unido a la albúmina y el resto está disponible (soluble) para ser utilizado por el organismo (NRC, 1989; McDowell, 1992).

La concentración de Ca en el organismo está mantenida dentro de límites muy estrechos dado un eficiente mecanismo de control hormonal (Ceballos, 1997).

Mecanismos en los cuales participan las hormonas paratiroidea (PTH), calcitonina y vitamina D3 (Payne, 1989). Bajo circunstancias normales estas hormonas controlan la absorción, movilización, excreción y utilización del Ca en el organismo para contrarrestar elevaciones o bajas repentinas en la calcemia.

El requerimiento de Ca en la ración varía según la relación requerimiento: ingestión (R/I) del mineral, la

concentración energética de la dieta, el estado fisiológico, el peso y la producción de leche de la vaca (ARC, 1980; NRC, 1989; AFRC, 1991).

El requerimiento de Ca para mantenimiento, crecimiento, gestación y lactancia se puede calcular empleando las ecuaciones descritas por el AFRC (1991), se considera un coeficiente de absorción de 0,68, valor que puede estar cercano a 0,95 en animales en lactancia. Las ecuaciones son las siguientes:

1. Mantenimiento:

$$Ca \text{ (g/d)} = -0,74 + 0,0079P + 0,66MS$$

2. Crecimiento:

$$Ca \text{ (g/d)} = \frac{[-0,74 + 0,0079P + 0,66MS] + GP [9,83A^{0,22}P^{-0,22}]}{0,68}$$

3. Gestación (NRC, 1989):

$$Ca \text{ (g/d)} = \frac{0,0154P + 0,0078F}{0,68}$$



Vaca caída por deficiencia de calcio o magnesio.



Animal tomando orín, posible deficiencia de sodio.



4. Lactancia:

$$\text{Ca (g/d)} = \frac{[-0,74 + 0,0079P + 0,66MS] + [PL \times 1,20]}{0,68}$$

Donde:

- P: Peso del animal (kg).
MS: Consumo de materia seca (kg/día).
A: Peso final (kg).
GP: Ganancia diaria de peso (kg/día).
F: Ganancia de peso del feto (g/día).
PL: Producción de leche (kg/día).

Fósforo

Aproximadamente un 86% del P en el organismo se encuentra en el hueso y en los dientes, el resto forma parte de los tejidos blandos. El P cumple diversas funciones, entre otras participa en el metabolismo energético, forma parte de los sistemas tampón, es componente de nucleoproteínas, participa en el transporte de fosfolípidos y varios nutrientes son absorbidos en forma fosforilada (Payne, 1989). El P igualmente se encuentra regulado metabólicamente por acción hormonal.

El coeficiente de absorción del P empleado en las ecuaciones descritas es 0,58, el que puede variar por factores como la cantidad de Ca o P consumidos en la ración, relación Ca:P, digestibilidad, pH, edad, presencia de

otros minerales (hierro, aluminio, manganeso, potasio, magnesio) y consumo de grasas (NRC, 1989; Ternouth, 1997). En animales menores de un año el coeficiente llega a ser 0,78 (Grace, 1989).

El requerimiento de P varía con la relación entre la energía metabolizable y la energía bruta de la ración, las ecuaciones para calcular el requerimiento diario de P han sido descritas por el AFRC (1991):

1. Mantenimiento:

$$P(\text{g/d}) = 1,6[-0,06 + 0,693MS]$$

Si la relación energía metabolizable:energía bruta es mayor a 0,7 la constante 1,6 se reemplaza por 1,0.

2. Crecimiento:

$$P(\text{g/d}) = \frac{1,6[-0,06 + 0,693MS] + GP[0,2 + 4,635A^{0,22}P^{-0,22}]}{0,58}$$

Si la relación energía metabolizable:energía bruta es mayor a 0,7, la constante 1,6 se reemplaza por 1,0 y la constante 0,58 se reemplaza por 0,70.

3. Gestación (NRC, 1989):

$$P(\text{g/d}) = \frac{0,0143P + 0,047F}{0,58}$$



4. Lactancia:

$$P(g/d) = \frac{1,6[-0,06 + 0,693MS] + [PL \times 0,90]}{0,58}$$

Relación Calcio Fósforo

Si la relación energía metabolizable:energía bruta es mayor a 0,7, la constante 1,6 se reemplaza por 1,0 y la constante 0,58 se reemplaza por 0,70.

Tanto el Ca como el P están presentes en el organismo en forma de hidroxapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ donde la relación Ca:P es 1,67:1 (Ternouth, 1997). Por lo anterior, la relación entre ambos elementos debe tratar de mantenerse similar y también para evitar problemas con la absorción de estos minerales, cabe señalar que una dieta con una alta concentración de Ca puede producir una baja absorción de P (Grace, 1989). En diferentes tejidos y fluidos del organismo se presentan relaciones Ca:P diferentes, así mientras en el hueso la relación es cercana a 2:1, en la leche

Recientemente Ternouth y col. (1996) han señalado que el requerimiento de P para bovinos en pastoreo puede ser hasta un 50% menor que lo reportado por el AFRC (1991).





Requerimientos de mineral

Sector Lechero

puede ser 1:1 y en la saliva hay una mayor concentración de P porque el rumiante está en condiciones de reciclarlo a través de este fluido (Payne, 1989).

La relación Ca:P es un factor determinante para lograr la óptima utilización de estos minerales en la ración; una relación adecuada entre estos dos elementos fluctúa entre 1 - 3:1 (ARC, 1980; Stehr, 1988; NRC, 1989). No obstante, recientemente el AFRC (1991) ha señalado que la relación entre estos minerales no reviste mayor importancia, y la formulación de cada uno en la dieta debe hacerse por separado, lo que se había señalado

previamente por el NRC (1989) donde no se recomienda una relación Ca:P determinada sino balancear cada uno según el requerimiento. La relación se debe considerar cuando se sospeche de deficiencias de P, ya que como se había señalado anteriormente, el exceso de Ca en la ración podría exacerbar un déficit de P.

Grace (1989) señala que la relación entre estos dos elementos no debiera sobrepasar 2:1 y asegurar un nivel adecuado de vitamina D, la que es responsable del proceso de absorción de ambos minerales.





Magnesio

El Mg se encuentra distribuido en un 70% en el esqueleto, un 29% en los tejidos blandos y un 1% circulando en los fluidos corporales. El Mg que se encuentra en el hueso no es fácilmente aprovechable frente a los casos de bajas repentinas de este mineral. La reserva inmediata disponible es tan sólo de 2g y los canales de regulación no funcionan con la misma eficiencia que para el metabolismo del Ca o P (Payne, 1989). Hasta el presente no se ha comprobado la existencia de un mecanismo hormonal que regule el metabolismo de Mg similar al descrito para Ca y P; no obstante, algunas hormonas como la PTH, los corticoides, la adrenalina y las tiroideas pueden producir algunos efectos sobre la homeostasis del Mg. El Mg es un elemento vital para el organismo, participa en la activación de unas 300 enzimas, incluyendo las que están relacionadas con la transferencia de fosfato en el metabolismo energético; asimismo, participa en la permeabilidad celular y en la excitabilidad neuromuscular (Contreras, 1982).

El coeficiente de absorción del Mg presenta una alta variación debida principalmente a la edad y al tipo de dieta que reciben los animales, se ha encontrado en terneros lactantes una absorción de Mg que puede alcanzar hasta 0,70, para ir disminuyendo hasta 0,30 en terneros de levante (NRC, 1989).

En vacas mantenidas a pastoreo la absorción varía entre 0,12 y 0,37 (ARC, 1980).

Es preciso señalar que la absorción de Mg puede verse alterada cuando la concentración de minerales como el K y el Na es alta (Grace, 1989).

Con respecto a la necesidad diaria de Mg para mantenimiento, se ha señalado que la excreción fecal endógena de Mg en rumiantes alcanza a 3,0mg/kg/día (ARC, 1980), mientras que el NRC (1989) ha reportado un requerimiento entre 2,0 y 2,5g de Mg por día en vacas lactantes, a lo que debe agregarse 0,12 g/día/kg de leche producida; por otra parte, se ha indicado que el requerimiento diario de Mg por cada kilo de leche producido puede alcanzar a 0,14 g (Underwood, 1981).

En consideración a los requerimientos anteriores, la ecuación para determinar el requerimiento diario de Mg para mantenimiento es:

$$\text{Mg(g/d)} = \frac{0,003\text{P}}{0,17}$$

Al valor obtenido, se le adicionan 0,77g de Mg por kilo leche producida (considerando un coeficiente de absorción de 0,17) para conocer la necesidad durante la lactancia (ARC, 1980). Para ganancia de peso se suman 0,02g por cada kilo de aumento diario y para la gestación se agregan 0,29g al requerimiento para mantenimiento (García, 1992).



Potasio

El K interviene en diferentes funciones en el organismo; entre otras, está relacionado con el mantenimiento del equilibrio ácido-base y el balance osmótico, junto con el cloro y el Na conforman los principales electrolitos del organismo, participa en el balance iónico del cuerpo y ayuda a mantener constante el gradiente de concentración de la bomba Na-K (McDowell, 1992).

Existen diferentes factores que han dificultado el cálculo del requerimiento de K en bovinos; así, se ha reportado que el intercambio permanente de K entre el tracto gastrointestinal y el resto del organismo, la regulación endocrina del mineral y la baja correlación ($r = 0,36$; $P < 0,01$) entre la pérdida endógena y el K consumido impiden el desarrollo de

estudios nutricionales para conocer la necesidad real de este mineral en bovinos lecheros (ARC, 1980).

La pérdida fecal se ha estimado en $2,6 \pm 0,1$ g de K por kilo de materia seca consumida, mientras que la pérdida en la orina es de 37,5mg/kg de peso corporal (ARC, 1980). En bovinos la necesidad diaria para mantenimiento se ha estimado en 0,08g/kg de peso vivo, con una absorción aproximada del 50% (García, 1992). Durante la lactancia, McDowell (1992) señala que la vaca lechera es un organismo más exigente en cuanto al aporte de K, ya que la leche contiene una concentración mayor de este mineral (0,15%) que de Ca (0,11%) o P (0,08%).

García (1992) reporta las ecuaciones para calcular los requerimientos diarios de potasio según el estado productivo del animal:





1. **Mantenimiento:**

$$K(g/d) = \frac{0,08P}{0,50}$$

2. **Crecimiento:**

$$K(g/d) = \frac{3,90GP}{0,50}$$

3. **Gestación:**

$$K(g/d) = \frac{0,20}{0,50}$$

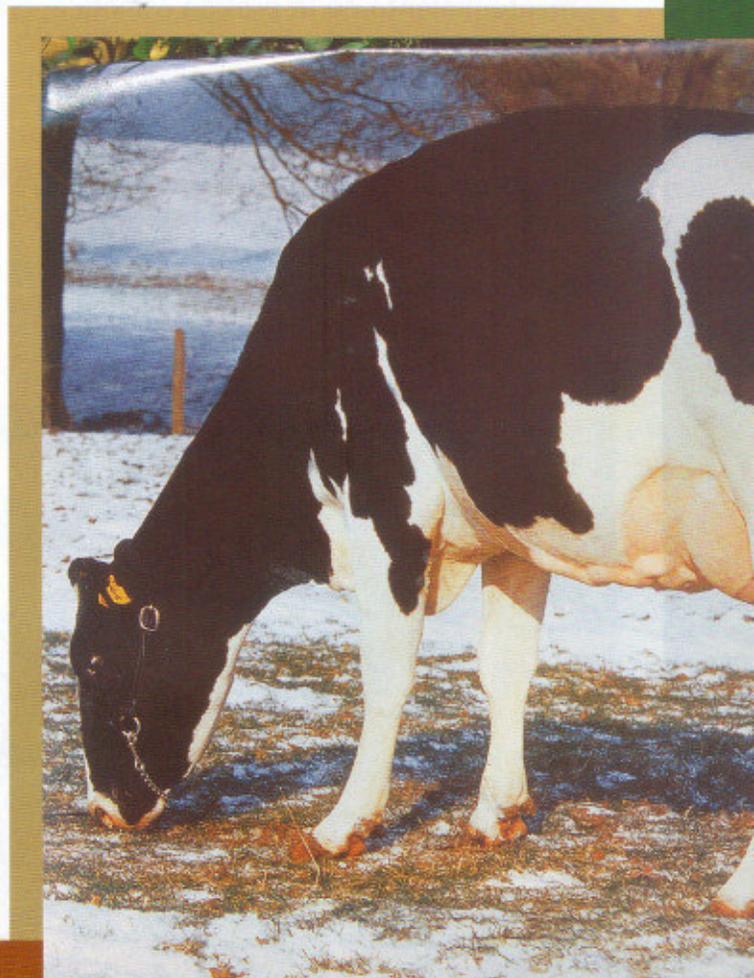
4. **Lactancia:**

$$K(g/d) = \frac{0,138PL}{0,50}$$

En los últimos años, las fertilizaciones con cantidades excesivas de K han llevado a la acumulación de este mineral en los forrajes, encontrándose algunas veces valores tan elevados como un 5,0% de K en base seca en análisis de forrajes en Colombia. En países como Nueva Zelandia se ha encontrado que una concentración de K entre 2 y 6 g/kilo de materia seca es suficiente para satisfacer el requerimiento comparado con un contenido en los forrajes que puede llegar a 40g de K/kilo de materia seca (Grace, 1989).

Se ha señalado que el exceso de K puede producir antagonismo con otros minerales como el Ca y el Mg, lo que acarrea la presentación de enfermedades metabólicas al inicio de

la lactancia como fiebre de leche, tetania hipomagnesémica y síndrome de la vaca caída (Jarrett, 1994; Ceballos, 1997). Una de las alternativas que se ha empleado para la prevención de los daños potenciales que pueda provocar un exceso de K en la ración es la dilución, práctica que consiste en la utilización de forrajes con una concentración de K más baja; además, se debe conocer bien las características del suelo para saber cuál es el fertilizante más adecuado a emplear.



Por carencia de minerales, los animales incieren tierra



El exceso de K en el forraje también produce una disminución en la concentración de Na impidiendo que el animal pueda satisfacer el requerimiento de este mineral, lo que reviste un riesgo especial en vacas al inicio de la lactancia (Grace, 1989).

también se presentan algunos inconvenientes similares a los presentados con el K. En el tracto gastrointestinal hay un intercambio de Na entre el contenido intestinal y el organismo animal; sin embargo, la correlación entre la pérdida fecal endógena y el consumo de Na es alta (ARC, 1980). La pérdida fecal endógena de Na se ha estimado con la ecuación:

Sodio

El Na cumple funciones similares a las del K en el fluido intersticial y en el plasma, es decir interviene en el mantenimiento de la presión osmótica, regula el equilibrio ácido-base y junto con el cloro y el K regulan a nivel celular el metabolismo del agua, captación de nutrientes y transmisión de impulsos nerviosos, entre otras funciones (McDowell, 1992).

$$\text{Na (g/d)} = 0,086\text{Na}^* + 2,88$$

Donde, Na* corresponde al total de Na (g) consumido diariamente en la ración.

Para calcular el requerimiento de Na

La pérdida de Na en la orina es relativamente baja dado que el riñón posee un eficiente mecanismo para conservar el mineral, se asume que la pérdida urinaria de Na es de 0,02 g/kg de peso corporal (ARC, 1980). En resumen, el requerimiento de



Mezcla de minerales, evita carencia de los mismos.



Na (mg/kg de peso/día) para mantenimiento en bovinos lecheros se obtiene con la ecuación:

$$\text{Na (mg/kg peso/d)} = 5,8 + 0,6$$

Donde, los valores 5,8 y 0,6 están expresados en mg. Al requerimiento anterior se le debe sumar lo necesario para la producción de leche, se estima que se requieren 0,63 g de Na/kg de leche producida (NRC, 1989).

Discusión

Los minerales cumplen diversas funciones en el organismo, muchas de las cuales son de vital importancia; además, son elementos que el cuerpo no está en condiciones de sintetizar, lo que hace necesaria su inclusión en la dieta para cualquier organismo vivo. Cabe señalar que la dieta es incapaz de satisfacer en un 100% el requerimiento

Cuadro 2. Rango de referencia para la concentración plasmática de minerales en rebaños lecheros e interpretación de su desbalance en el organismo*.

MINERAL	UNIDAD	RANGO	INTERPRETACIÓN	
			Aumento	Disminución
Calcio**	mmol/L	2,00 - 2,60	Aporte excesivo, deshidratación, hiperparatiroidismo.	Hipovitaminosis D, aumento del P, hipoalbuminemia, hipomagnesemia.
Fósforo	mmol/L	1,10 - 2,30	Aumento del aporte, hipervitaminosis D, disminución del Ca.	Déficit nutricional, aumento del Ca, hipovitaminosis D.
Magnesio	mmol/L	0,65 - 1,14	Deshidratación, hipocalcemia.	Aporte deficitario, presencia de quelantes (Ca), exceso de K, exceso proteína, déficit energético.
Potasio	mmol/L	3,90 - 5,90	Aumento en el aporte.	Aporte insuficiente, aumento de la concentración de urea en la ración.
Sodio	mmol/L	134 - 154	Exceso en el consumo, reducción del suministro de agua, deshidratación.	Disminución del aporte nutricional.

*Adaptado de: Underwood, 1981; Contreras y col., 1990; Graham, 1991; McDowell, 1992

**Está bajo control hormonal.



de minerales en el animal, el que no debe olvidarse es altamente dependiente del nivel productivo, haciendo entonces necesario el uso de sales mineralizadas formuladas según las características de cada región y las necesidades del tipo de animal a alimentar.

El diagnóstico de los desórdenes en la nutrición mineral se pueden establecer mediante la evaluación de los signos clínicos que presentan los animales afectados, la realización de análisis bioquímicos tanto en sangre como en otros tejidos y análisis mineral de forrajes y alimentos, lo que ha arrojado resultados con diferente grado de certeza.

El método más confiable es la suplementación con minerales específicos; sin embargo, este método es costoso y requiere tiempo. En el Cuadro 2 se presenta el rango de referencia para la concentración sanguínea de los minerales descritos y algunas claves para la interpretación de su alteración, lo que puede servir como orientación frente a la sospecha de desórdenes en la nutrición mineral.

En consideración a lo anterior, es necesario conocer dónde está ubicado el predio, cuáles son las características propias de la composición mineral del suelo y de los forrajes para esa zona y cuáles son las condiciones fisiológicas de los animales a suplementar, porque

sólo así se podrá entrar a balancear la sal de acuerdo con los minerales que efectivamente están en un desequilibrio. Debe tenerse presente que la sal mineralizada fuera de ser una alternativa de suplementación, constituye también una forma de corregir las alteraciones minerales de la ración.

En muchos casos en lugar de corregirse un desorden de minerales se puede pasar a un exceso de algunos de ellos en la ración, lo que al igual que las deficiencias puede acarrear problemas productivos y sanitarios en el rebaño, y en algunos casos la muerte del animal (Figura 3). Asimismo, entre los minerales se presentan interacciones que pueden ser de dos tipos, antagónicas o sinérgicas, lo que está indicando que no siempre la presencia o ausencia de un mineral en particular puede estar produciendo un problema determinado, sino que puede ser ocasionado por otro mineral con el cual se presente la interacción. Las interacciones minerales darían tema para la publicación de otro escrito.

Es posible observar algunas variaciones en cuanto a la concentración de los diferentes minerales que debe tener la dieta para vacas lecheras según las diferentes tablas para requerimientos nutricionales, las que posiblemente se deban a diferencias en el diseño de los ensayos para efectuar los estudios que han señalado cuál es la absorción, cinética, distribución, metabolismo y

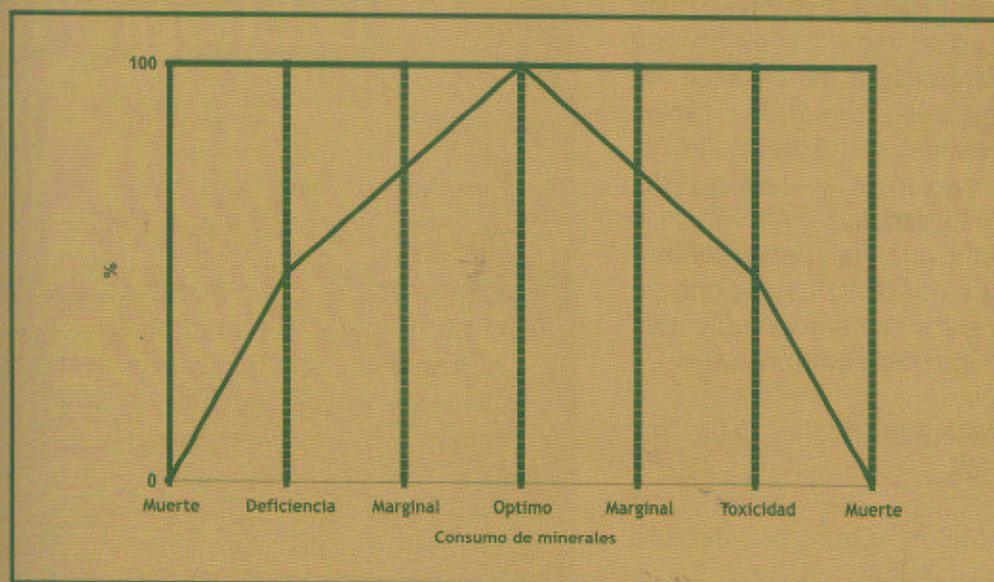


Figura 3. Dependencia del funcionamiento animal sobre el consumo de un mineral esencial. Tomado de: McDowell y col., 1997

Cuadro 3. Concentración recomendada de minerales en la ración para vacas lecheras según su estado productivo. Los valores se expresan en porcentaje base materia seca*.

Mineral	PERIODO SECO		LACTANCIA	
	Inicio	< 2 semanas preparto	< 30 días postparto	> 30 días postparto
Calcio	< 0,50	0,50- 1,30	0,80- 1,00	0,70- 0,90
Fósforo	< 0,25	0,30- 0,40	0,48- 0,55	0,33- 0,50
Magnesio**	0,20	0,25	0,25- 0,30	0,25- 0,35
Potasio	0,65	0,65	0,90- 1,00	0,90- 1,00
Sodio	0,10-0,13	0,10	0,18- 0,30	0,18- 0,30

*Adaptado de: NRC, 1989; Hutjens, 1996; Van Saun y Sniffen, 1996

**Aumentar a 0,35% si la concentración de K es superior a 1,5%.



Sector Lechero

necesidad de estos elementos en vacas lecheras. En el Cuadro 3 se ofrece una recopilación de diferentes recomendaciones para el balance de minerales que debe tener una ración para vacas lecheras preparto, en el inicio de la lactancia y después del primer mes de lactancia.

Para finalizar, vale la pena señalar cuáles son las características de una sal mineralizada para ruminantes adecuada y para ser suministrada a voluntad:

1. Su contenido de P debe ser mínimo de 6 - 8%.
2. La relación Ca:P no debiera sobrepasar 2:1.
3. Debe satisfacer al menos el 50% del requerimiento de minerales.
4. Para su composición deben emplearse materias primas de alta calidad y disponibilidad biológica.
5. Debe ser palatable para asegurar un consumo adecuado.
6. El tamaño de la partícula debe ser tal que asegure un buen mezclado y un consumo adecuado.
7. Debe formularse para la zona en particular y para el nivel productivo de los animales que la van a consumir.

Bibliografía

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). The nutrient requirements of ruminant livestock. Wallingford, U.K.:CAB International. 1980.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. En: Nutr. Abst. Rev. Serie B. 61 (1991); p. 573-612.

CEBALLOS, A. Tratamiento y prevención de la hipocalcemia postparto en vacas productoras de leche. En: Despertar Lechero. 14 (1997); p. 7-22.

CONTRERAS, P.A. Metabolismo del magnesio en relación con la tetania hipomagnésica del bovino. En: Arch. Med. Vet. 14 (1982); p. 7-16.

CONTRERAS, P.A., F. WITWER y H. BÖHMWALD. Concentraciones de calcio, fósforo y magnesio en suero sanguíneo de bovinos de leche de 40 predios lecheros de la X Región. Chile. En: Arch. Med. Vet. 28 (1990); p. 185-189.

GARCIA, F. Requerimiento de calcio, fósforo, potasio y magnesio en ruminantes. En: RUIZ, M. Simulación de sistemas pecuarios. San José de



Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1992.

GRACE, N.D. The mineral requirements of grazing ruminants. 2d ed. Hamilton, N.Z: New Zealand Society of Animal Production. 1989.

GRAHAM, T.W. Trace element deficiencies in cattle. En: Vet. Clin. North Am.: Food Anim. Pract. 7 (1991); p. 153-215.

HUTJENS, M.F. Practical approaches to feeding the high producing cow. En: Anim. Feed Sci. Tech. 59 (1996); p. 199-206.

JARRETT, J.A. High-potassium hay caused his fresh cow problems. En: Hoard's Dairyman. December (1994); p. 837.

McCULLOUGH, M.E. Feeding dairy cows. Fort Atkinson, USA: Hoard's Dairyman. 1986.

McDOWELL, L.R. Minerals in human and animal nutrition. San Diego, USA: Academic Press. 1992.

McDOWELL, L.R., J. VELÁSQUEZ-PERIRA y G. VALLE. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 3ª ed. Gainesville, USA: University of Florida. 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of dairy cattle. 6th update revision. Washington, D.C.: National Academy Press. 1989.

PAYNE, J.M. Metabolic and nutritional diseases of cattle. Oxford, U.K.: Blackwell Scientific Publications. 1989.

STEHR, W. Avances en nutrición mineral de rumiantes. En: ALOMAR, D. Avances en nutrición animal. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. 1988.

TERNOUTH, J.H. Phosphorus metabolism in ruminant animals. En: ONDERA, R. Rumen Microbes and Digestive Physiology in Ruminants. Tokyo: Japan Sci. Soc. Press. 1997.

TERNOUTH, J.H., G. BORTOLUSSI, D.B. COATES, R.E. HENDRICKSEN y R.W. McLEAN. The phosphorus requirements of growing cattle consuming forage diets. En: J. Agr. Sci. 126 (1996); p. 503-510.

UNDERWOOD, E.J. The mineral nutrition of livestock. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1981.

VAN SAUN, R.J. y C.J. SNIFFEN. Nutritional management of the pregnant dairy cow to optimize health, lactation and reproductive performance. En: Anim. Feed Sci. Techn. 59 (1996); p. 13-26.