

HIPOMAGNESEMIA. UN DESBALANCE METABÓLICO SUBESTIMADO EN LA PRODUCCIÓN DE GANADO LECHERO EN COSTA RICA

*Jorge Ml. Sánchez*¹

ABSTRACT

Hypomagnesemia. A metabolic imbalance underestimated in dairy herds in Costa Rica. A review. Hypomagnesemia is a metabolic disorder characterized by a reduction in blood and cerebrospinal fluids magnesium levels, affecting the central nervous system. Hypomagnesemic tetany mainly affects old and high producing cows and incidence can reach epidemic proportions. When magnesium levels drop between 1.8 to 1.1 mg/100 ml, the metabolic imbalance is considered moderate and the animal reduces feed intake, is nervous and milk fat synthesis and total milk production are reduced. This condition predisposes to milk fever. If magnesium levels fall below 1.1 mg/100 ml neuromuscular function is affected and the animals show tetanic spasms of the muscles and usually lay with the head arched back and the legs paddling. The eyelids flutter and there is nystagmus. If animals are not treated immediately mortality is high. The most effective treatment for the hypomagnesemic cow is the 500 ml injection of a solution of calcium borogluconate (8 to

1 M.Sc. Profesor Asociado. Escuela de Zootecnia, Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica.

10 g calcium) and magnesium borogluconate (1.5 to 4 g of magnesium). Injections should be administered slow and intravenously. To prevent relapses is recommended the subcutaneous injection of 100 to 200 ml of a 20 to 50% magnesium sulfate solution. Since no hormonal mechanisms are in charge of keeping the magnesium homeostasis in the organism, the mineral should be always supplied in the diet of the animals in order to maintain the normal plasma levels (1.8 to 2.4 mg/100 ml). Magnesium level in the dairy cattle diet should be 0.25% of dry matter when the K:(Ca+Mg) ratio is below 2.2. If this relationship is higher the level of the element should be increased to 0.30%. Magnesium absorption in the rumen epithelium depends on the concentration of magnesium in solution in the rumen fluid and the activity of the magnesium transport mechanism, which is related to sodium. Among factors affecting the concentration of magnesium in solution in the rumen fluid are the amount of this mineral in the diet, rumen pH and the concentration of unsaturated fatty acids in the forages. Magnesium transport across the rumen epithelium is affected by the sodium:potassium ratio in the diet, as well as the ingestion of lush high moisture pastures, which increases the rate of passage of feed from the rumen, reducing the absorption of magnesium. Most of the forages in the Humid Tropics and the Highlands of Costa Rica have conditions that predispose cows to suffer hypomagnesemia.

Moreover, most of the soils in these areas are magnesium deficient (less than 1 mg/100 ml of soil). In those dairy herds where this imbalance is a problem, it is recommended to increase magnesium intake through drinking water, grain mixtures and mineral blocks or supplements.

INTRODUCCIÓN

La hipomagnesemia es un desbalance metabólico que se caracteriza por una reducción en los niveles de magnesio en la sangre. Esta condición compromete la función neuromuscular y la sintomatología que presentan los animales afectados depende del grado de disminución del nivel de magnesio. Cuando la hipomagnesemia es moderada el animal reduce el consumo de alimentos, se muestra nervioso, reduce la síntesis de grasa láctea y la producción total de leche. Esta condición puede predisponer al animal a una fiebre de leche. Cuando la hipomagnesemia se vuelve más severa se contraen los músculos de la cara, hombros y flancos y la motilidad del rumen se reduce sustancialmente. Las vacas se ponen nerviosas, irritables, braman y orinan frecuentemente. Al progresar este desorden metabólico el animal muestra espasmos tetánicos de los músculos, los cuales pueden hacer que se tambalee y caiga. Posteriormente el animal arquea la cabeza hacia atrás y chapotea. Estos episodios son recurrentes y si la vaca no se trata oportunamente muere (Goff, 1998; NRC, 1980). Uno de los síntomas más característicos de la hipomagnesemia es que los párpados se mueven y los globos de los ojos oscilan involuntariamente.

Este desbalance metabólico se puede presentar al inicio de la lactancia, aunque también puede ocurrir al final de la gestión, en animales que pastorean forrajes succulentos y de rápido crecimiento que contienen concentraciones altas de potasio y nitrógeno y niveles bajos de magnesio y sodio (Goff, 1998; NRC, 1989). Los forrajes utilizados frecuentemente para la alimentación del ganado lechero en la zona montañosa central y en el trópico húmedo de Costa Rica presentan estas condiciones, lo cual sugiere que este desbalance metabólico puede ser importante en nuestros hatos de ganado lechero. Además, las experiencias a nivel de finca muestran una respuesta favorable a la suplementación con magnesio durante el parto.

La aparición de la hipomagnesemia es esporádica y el grado de incidencia es variable, dependiendo de las condiciones del clima, las prácticas agronómicas a que se someten los forrajes y la calidad de los mismos. Este desbalance metabólico se presenta especialmente en vacas adultas y altas productoras. La incidencia puede alcanzar proporciones epidémicas y en algunas fincas puede afectar hasta el 20% de las vacas en pastoreo, aunque las pérdidas por muerte pueden ser del 2 al 3% (Goff, 1998).

En Costa Rica existe muy poca información sobre la incidencia de las enfermedades metabólicas (entre ellas la hipomagnesemia) así como sobre las implicaciones que estas pueden tener sobre la economía de nuestros hatos de ganado lechero. En estudios realizados por Sánchez et al. (información no publicada) en el cantón de San Carlos se ha encontrado que la incidencia de hipocalcemia (fiebre de leche) oscila de 3 a 5% en aquellos hatos donde la nutrición de la vaca pronta es adecuada, hasta 18 a 20% en hatos donde no se manejan conceptos de nutrición apropiados. Algunos de los casos de vacas caídas analizados en este estudio respondieron mejor a la aplicación de productos que además de calcio contenían magnesio, sugiriendo que en el desbalance metabólico estaba involucrado el magnesio. Si se considera que una vaca que sufre de fiebre de leche produce 14% menos que si no hubiera padecido dicho desbalance (Block 1984) se puede tener una idea de las pérdidas económicas que tiene el sector lechero nacional por este concepto. Así, si un productor tiene un hato de 60 vacas en ordeño, las cuales tienen una producción de 5600 kg por animal por lactancia (Godínez 1996) y una incidencia de fiebre de leche del 20%, las pérdidas anuales por este concepto en dicho hato serán de alrededor de $\text{¢}660.000^2$.

2 El valor promedio de un litro de leche sin procesar es de $\text{¢}70$. Fuente: Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos. Tipo de cambio al 3 de abril de 1998, $\text{¢}250 = 1$ US Dólar.

Este desorden metabólico es conocido también con los nombres de tetania de los pastos, tetania de la lactancia, tambaleo de los forrajes, tetania del invierno e intoxicación por el follaje del trigo.

METABOLISMO Y FUNCIONES DEL MAGNESIO

El magnesio se absorbe en los rumiantes especialmente a nivel ruminal, aunque también se absorbe en el retículo y en el omaso. La absorción de este mineral se ve afectada por la fuente del mismo, la concentración de potasio, calcio, grasas, sulfatos, citrato y ácido transaconítico en la dieta. Así como algunos productos de la fermentación que incluyen amoníaco, ácidos grasos volátiles, ácido láctico, dióxido de carbono y ácidos grasos de cadena larga (Kincaid, 1988).

Alrededor del 60% del magnesio que se integra al organismo se localiza en el hueso. Una tercera parte de este se combina con el fosfato y el resto está adsorbido débilmente a la estructura mineral ósea. Esta última fracción se puede movilizar hasta cierto grado en los animales jóvenes. Esta movilización no ocurre por control endocrino y en los animales adultos se da de una manera pobre. Debido a que no existen mecanismos hormonales para mantener la homeostasis del magnesio, el animal requiere del suministro constante de este mineral en la dieta para prevenir una hipomagnesemia. Los niveles normales en el plasma sanguíneo para el ganado lechero oscilan entre 1,8 y 2,4 mg/100 ml (Goff, 1998; NCR, 1980; 1989; Reinhardt, 1988).

Este mineral se excreta por la orina y la cantidad que se elimina por esta vía es un reflejo de la cantidad que el animal está absorbiendo. Se ha sugerido que en los rumiantes los excesos de magnesio consumido se eliminan por la orina. Existe una relación directa entre la cantidad de magnesio absorbido y la cantidad excretada por el riñón. Debido a que en la parte posterior del tracto gastrointestinal hay una excreción importante de magnesio, las heces también constituyen una vía de excreción de este mineral (Littledike y Goff, 1987; NRC, 1980; 1989).

El contenido de este elemento en la orina puede ser utilizado para indicar si la suplementación con magnesio es adecuada o no. Algunos autores consideran que el contenido de magnesio en la orina es un buen indicador para diagnosticar hipomagnesemia (Littledike et al., 1981).

Entre las funciones del magnesio están la integración de los huesos y dientes. Es esencial para activar muchas reacciones enzimáticas en el metabolismo intermedio, participar en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Además es fundamental para la función neuromuscular (Kincaid, 1988).

ORIGEN DEL DESBALANCE

Una vaca de 500 kg de peso vivo tiene alrededor de 243,2 g de magnesio, los cuales se encuentran distribuidos en la organismo de la siguiente manera: 0,7 g en la sangre, 2,5 en todos los líquidos extracelulares, 70 dentro de las células y 170 en los huesos. El magnesio de la sangre y el extracelular está en equilibrio con el del líquido cefalorraquídeo. Este equilibrio es sensible y debido a que no existen mecanismos homeostáticos que lo regulen, depende fundamentalmente de la relación entre los egresos (la producción de un litro de leche remueve 0,15 g de magnesio de los líquidos extracelulares) y el consumo de magnesio dietético. Cuando se rompe ese equilibrio y caen los niveles de magnesio en el plasma y por consiguiente en el líquido cefalorraquídeo (menos de 1 mg/100 ml), baja el potencial de las membranas de los nervios centrales y periféricos a niveles cercanos al umbral, lo cual resulta en un estado de hiperexcitabilidad y cuando la hipomagnesemia es severa, el animal presenta convulsiones. Cuando los niveles de magnesio en el plasma son de 1,1 a 1,8 mg/100 ml la hipomagnesemia se considera moderada, mientras que cuando son menores a 1,1 es severa. En el Cuadro 1 se indican los contenidos de calcio y magnesio en la sangre de vacas afectadas por hipomagnesemia.

La reducción de los niveles de magnesio en la sangre comprometen la homeostasis del calcio, lo cual hace susceptible al animal a sufrir fiebre

de leche. Parece que cuando los niveles de magnesio de la sangre caen, los órganos blancos de las hormonas paratiroidea y 1,25 (OH)₂ D se vuelven resistentes al estímulo de las mismas (Reinhardt, 1988).

Las observaciones realizadas en finca en el trópico húmedo y en la Cordillera Central de Costa Rica sugieren que esta condición ocurre en algunos los hatos de ganado lechero (Sánchez, J.Ml., observaciones no publicadas).

Cuadro 1.

Contenido de macroelementos de la sangre de vacas normales y afectadas por fiebre de leche e hipomagnesemia (mg/100 ml de suero)

	Calcio	Fósforo	Magnesio
Vacas normales	9.4	4.6	11.7
Vacas con fiebre de leche	4.4	2.2	2.2
Vacas con hipomagnesemia	6.7	4.3	0.5

(Sjollema y Seekes 1939; citado por Underwood 1983)

La absorción del magnesio depende de la concentración de este mineral en solución en el líquido ruminal y del buen funcionamiento de los mecanismos de transporte en el rumen.

La concentración de magnesio soluble en el rumen depende de:

- El contenido de magnesio de la dieta. Los forrajes succulentos, así como los fertilizados con dosis altas de potasio y nitrógeno contienen menores cantidades de magnesio.
- El pH del contenido ruminal afecta la solubilidad del magnesio. Cuando este es superior a 6,5, la solubilidad del elemento se reduce considerablemente.
- La presencia de ácidos grasos insaturados en los forrajes hace que se formen sales insolubles de magnesio en el rumen, las cuales hacen que este elemento no sea disponible al animal.

- La presencia de los ácidos trans-aconítico y cítrico en los pastos tiernos puede formar complejos insolubles de magnesio; sin embargo, estos se degradan rápidamente en el rumen por lo que no parece que sean importantes para la incidencia de la hipomagnesemia.

Los factores que afectan el transporte de magnesio a nivel del epitelio ruminal son:

- La relación sodio:potasio en la dieta. Por lo general los forrajes tropicales son altos en potasio y bajos en sodio. Esta condición puede interferir con la absorción de magnesio, la cual depende del sodio. Se ha sugerido que los niveles altos de potasio en la dieta incrementan la excreción de sodio por el riñón, lo cual produce una deficiencia del mismo que afecta la absorción activa del magnesio. Los niveles de potasio en los forrajes se incrementan cuando los potreros se fertilizan con estiércol, así como cuando se incrementa la carga animal. El NRC (1980) indica que niveles de potasio superiores a 3% incrementan la incidencia de la hipomagnesemia.
- El forraje succulento incrementa la velocidad de pasaje del alimento por el rumen, lo cual reduce la absorción de este mineral (Beebe et al., 1992; Eastridge, 1993; Goff, 1998; Littledike, et al., 1981; Merck, 1979; Minson, 1990; 1989).

La disponibilidad promedio de magnesio de los forrajes para el ganado lechero es de 17%, con un rango que oscila entre 17 y 33%. En contraste con la mayoría de nutrimentos, la absorción de este mineral es mayor en los forrajes maduros que en los tiernos.

Asimismo, Seekles (1960) ha encontrado que cuando la relación $K:(Ca + Mg)$ en los forrajes es superior a 2,2 la incidencia de este desbalance metabólico se incrementa sustancialmente (Cuadro 2).

Cuadro 2.

Efecto de la relación K:(Ca+Mg) sobre la incidencia de hipomagnesemia

Nº de vacas	Nº de casos de hipomagnesemia	K:(Ca+Mg)* en el forraje	% de vacas con hipomagnesemia
2064	1	1.01 a 1.80	0.04
2051	35	1.81 a 2.20	1.7
1054	54	2.21 a 2.60	5.1
716	46	2.61 a 3.00	6.8
138	24	> 3.00	17.4

Seekles (1960)

Cuadro clínico: en la forma más severa de la enfermedad las vacas que están pastoreando de una manera normal, repentinamente levantan la cabeza, braman, galopan de una forma ciega y en delirio, caen y presentan convulsiones chapoteando. Estos episodios de convulsiones pueden repetirse a intervalos cortos y la muerte usualmente ocurre en pocas horas. En muchas ocasiones los animales en pastoreo se encuentran muertos sin que se hayan observado síntomas de alguna enfermedad. En casos menos severos, la vaca está caída y visiblemente enferma, camina con paso rígido, es hipersensible al tacto y al sonido, orina frecuentemente y puede pasar a la forma aguda y convulsiva después de un período de 2 a 3 días. La hipomagnesemia puede acompañar a la fiebre de leche y los signos clásicos de la hipocalcemia pueden ser opacados por las convulsiones tetánicas. De la misma manera puede estar acompañada de cetosis (Merck, 1979).

La hipomagnesemia generalmente está asociada a la hipocalcemia y la hipofosfatemia, lo cual complica aún más el desorden metabólico (Goff, 1998; Mayland, 1988).

EN COSTA RICA HAY CONDICIONES PARA QUE SE PRESENTE LA HIPOMAGNESEMIA

En un análisis realizado por Bertsch (1995) sobre la fertilidad de los suelos de Costa Rica se encontró que la deficiencia de magnesio es muy frecuente, observándose que un 34% de las muestras analizadas a nivel nacional contenían menos de 1 mg/100 ml de suelo, nivel considerado como crítico para establecer deficiencias de este mineral. Hay que destacar que cantones como Coronado, Poás, Alfaro Ruiz, San Carlos, La Unión, Turrialba, Oreamuno, Alvarado, Santa Bárbara, que son importantes en la producción de ganado lechero del país, tienen deficiencias importantes de magnesio (Cuadro 2).

La deficiencia de magnesio frecuentemente ocurre en suelos ácidos, viejos (Ultisoles y Oxisoles), orgánicos ricos en hidrógeno, arenosos con baja capacidad de intercambio de cationes efectiva, de regiones con alta precipitación y en aquellos que se originaron a partir de material pobre en magnesio (Bertsch, 1995).

En los Cuadros 4 y 5 se presentan los contenidos de macroelementos de las principales gramíneas forrajeras consumidas por el ganado lechero en la zona montañosa central de Costa Rica, así como en la zona de San Carlos. Hay que destacar que los pastos Kikuyo, King Grass, Pará, San Juan, Alemán y Brachiaria tienen niveles de potasio superiores a 3%, lo cual según el NRC (1980) predispone a los animales para que sufran hipomagnesemia. Además, los niveles de magnesio en general apenas satisfacen los requerimientos que actualmente sugiere el NRC (1989), los cuales se cree que son insuficientes para el ganado lechero.

Al evaluar la relación $K:(Ca+Mg)$ encontramos que los pastos Kikuyo, Estrella, King Grass, Pará, San Juan, Alemán y Brachiaria tienen valores superiores a 2,2, lo cual sugiere que los animales que consumen estos forrajes están en riesgo de sufrir este desorden metabólico (Seekles, 1960).

Cuadro 3.

Cantones de Costa Rica que presentan una deficiencia marcada de magnesio en los suelos

Provincia	Cantón	% muestras analizadas, con menos” de 1 mg/100 ml (deficientes)
San José	Tarrazú	73
	Goicoechea	70
	Pérez Zeledón	55
	Coronado	48
	Dota	43
Alajuela	Grecia	76
	Naranjo	64
	Poás	61
	Alfaro Ruiz	78
	Los Chiles	65
	Valverde Vega	56
	San Carlos	37
Cartago	La Unión	72
	Turrialba	62
	Oreamuno	79
	Alvarado	48
	El Guarco	38
Heredia	Barva	70
	Santo Domingo	61
	Santa Bárbara	75
	Flores	75
	Sarapiquí	73
	San Rafael	54
	San Isidro	41
Puntarenas	Buenos Aires	54
	Coto Brus	80
Limón	Pococí	54
Guanacaste	Tilarán	68

Adaptado de Bertsch (1995)

Cuadro 4.

Contenido de macroelementos (% de la materia seca) en los principales forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica

Especie	Calcio	Fósforo	Magnesio	Potasio
Kikuyo	0.22	0.2	0.21	3.52
Estrella Africana	0.23	0.2	0.15	22.12
King Grass	0.29	0.19	0.16	3.44

Sánchez et al. (1986)

Cuadro 5.

Composición de macroelementos (% de la materia seca) en los principales forrajes del trópico húmedo de Costa Rica

Especie	Calcio	Fósforo	Magnesio	Potasio
Estrella	0.26	0.23	0.2	2.65
Pará	0.22	0.23	0.22	4.2
San Juan	0.28	0.18	0.19	4.03
Alemán	0.21	0.17	0.18	3.21
Guinea	0.5	0.18	0.25	2.57
Brachiaria	0.2	0.17	0.23	3.01
Ratana	0.31	0.15	0.4	2.18
King Grass	0.27	0.17	0.14	3.39

Sánchez et al. (1987)

Entre 60 y 80% del nitrógeno que constituye una planta corresponde a proteína verdadera y el resto es fundamentalmente nitrógeno no proteico (Van Soest, 1994). El aporte de esta última fracción nitrogenada es importante en forrajes como el Kikuyo y la Estrella. Esta forma de nitrógeno contribuye a elevar los niveles de amoníaco en el rumen y debe considerarse como un factor nutricional de riesgo para la incidencia de la hipomagnesemia.

Los carbohidratos no fibrosos por ser de rápida fermentación contribuyen a bajar el pH ruminal y por consiguiente favorecen la absorción del magnesio. Al ser los forrajes en nuestro medio bajos en carbohidratos no fibrosos (Sánchez y Soto, 1996), estos no ejercen dicho efecto sobre la absorción de este elemento en nuestro medio.

En el país existe muy poca información sobre el contenido de sodio de los forrajes. Según Minson (1990) informa que los forrajes tropicales en general se caracterizan por ser bajos en sodio. Según Goff (1998) los bajos niveles de este elemento en la dieta también contribuyen a que los animales sean propensos a una deficiencia de magnesio.

TRATAMIENTO

Los animales que presentan hipomagnesemia requieren de un tratamiento urgente. Se les inyecta lentamente 500 ml de una solución de borogluconato de calcio (8 a 10 g de calcio) y borogluconato de magnesio, hipofosfito de magnesio, cloruro de magnesio o gluconato de magnesio (1,5 a 4 g de magnesio) por la vía intravenosa. Por lo general los productos que contienen magnesio, tienen una concentración de 1,6 a 2,8 g/500 ml. Este es el tratamiento más seguro y efectivo. La administración por la vía intravenosa de soluciones que solo contienen magnesio incrementan el riesgo de problemas respiratorios como resultado de una depresión medular, así como paros cardíacos durante el tratamiento. Además, la mayoría de los animales con hipomagnesemia sufren también de hipocalcemia, y las soluciones que solo contienen magnesio

no lograrán que el animal se recupere. En algunas ocasiones se inyectan sedantes por vía intramuscular para evitar lesiones, ya que la inserción de la aguja por la vía intravenosa frecuentemente inicia otro episodio de tetania. La respuesta al tratamiento no siempre es exitosa, y el grado de éxito está relacionado con el intervalo entre el inicio de la tetania y el tratamiento. Los animales deben reposar durante al menos 30 minutos después del tratamiento, para evitar nuevos episodios de tetania y convulsiones. Las vacas que se recuperan lo hacen una hora después del tratamiento, cuando el contenido de magnesio en el líquido cefalorraquídeo retorna a los niveles normales (Goff, 1998; Mayland, 1988; Merck, 1979).

Para evitar recaídas se recomienda inyectar de 100 a 200 ml por la vía subcutánea de una solución de 20 a 50% de sulfato de magnesio. No debe inyectarse más de 50 ml en el mismo sitio.

PREVENCIÓN

Si una vaca en el hato ha padecido de hipomagnesemia, deben adoptarse algunas prácticas para incrementar el consumo de magnesio. Las prácticas de alimentación tendientes a prevenir la hipomagnesemia recomiendan el suministro de magnesio por medio del agua de bebida, en los alimentos balanceados, en bloques o suplementos minerales o mediante la utilización de ionóforos, los cuales incrementan la absorción de este mineral en aproximadamente 10%.

El contenido de magnesio de las plantas de alguna manera es hereditario, por lo que deben considerarse aquellos cultivos que tengan una mayor capacidad de acumular magnesio. Las leguminosas tienden a acumular una mayor cantidad de este elemento por lo que el uso de asociaciones gramínea-leguminosa también puede contribuir a incrementar el consumo de este mineral y así ayudar a prevenir la hipomagnesemia (Goff, 1998; NRC, 1980).

Las prácticas agronómicas tendientes a reducir la incidencia de hipomagnesemia deben incrementar la concentración de magnesio en los forrajes y reducir los contenidos de potasio y nitrógeno soluble de los mismos. La aplicación de magnesio puede ser efectiva para incrementar los niveles de magnesio en las plantas. Una práctica utilizada es la aplicación de 50 kg MgO por hectárea, o bien aplicar la cantidad de magnesio que indique el análisis de suelo. Asimismo la aplicación de cal puede reducir el contenido de potasio en las plantas, lo cual no parece estar asociado a correcciones del pH del suelo. La aplicación de sulfato de calcio a los forrajes ha demostrado en algunas ocasiones reducir el contenido de potasio de las plantas y el contenido de nitrógeno no proteico (Goff, 1998; Munson y Juern, 1996).

La prevención en buena parte es una combinación de incrementar el consumo de magnesio durante los períodos críticos y de manejo. La suplementación de 60 g de óxido de magnesio por día a los bovinos puede hacerse por medio del concentrado o en los suplementos líquidos. Se han desarrollado perdigones que contienen sales de magnesio para el ganado bovino, que liberan el mineral lentamente en el rumen. En algunos tipos de suelo tiene éxito la fertilización con dolomita u óxido de magnesio para incrementar el nivel de magnesio en los forrajes. La fertilización con potasio reduce el contenido y disponibilidad del magnesio del forraje y debe evitarse al inicio de las lluvias (Mayland, 1988; Merck, 1979).

REQUERIMIENTOS Y FUENTES DE MAGNESIO

Las tablas actuales de requerimientos nutricionales del ganado lechero el NRC (1989) recomiendan para las vacas en el inicio de la lactancia (primeras tres semanas) 0,25% de magnesio en la MS, para las de baja y mediana producción 0,20 y para las altas productoras 0,25. Para las vacas secas se sugieren niveles de 0,16%. Sin embargo, diferentes

investigaciones indican que estas recomendaciones no son óptimas para el ganado lechero (Beede et al., 1992).

El magnesio puede suministrarse en la dieta mediante las fuentes indicadas en el Cuadro 6. Por sus propiedades alcalinizantes el óxido de magnesio frecuentemente se usa en las dietas para vacas lactantes, mientras que el sulfato de magnesio por ser una sal acidificante (condición que previene desbalances metabólicos como la fiebre de leche) se utiliza en las vacas prontas.

Cuadro 6.

Fuentes utilizadas para suministrar magnesio en la alimentación animal.

Fuente	% del elemento en el compuesto	Digestibilidad biológica
Carbonato de magnesio	21 a 28	Alta
Cloruro de magnesio	12	Alta
Oxido de magnesio	54 a 60	Alta
Sulfato de magnesio	10 a 17%	Alta
Sulfato de potasio y magnesio	11	Alta

McDowell et al. (1997)

El suministro de magnesio en las raciones del ganado lechero debe ser apropiado, ya que se ha encontrado que la hipomagnesemia subclínica crónica afecta la fertilidad, el crecimiento, la longevidad y la producción de leche, lo cual puede afectar de una manera importante la economía de la lechería (Littledike et al., 1981).

RECOMENDACIONES

- a) Incorporar el magnesio en los programas de fertilización de los forrajes cuando los análisis de suelo así lo indiquen. Si por algún motivo estos análisis no se pudieran realizar, aplique este mineral en aquellas zonas que son reconocidas por tener suelos deficientes en magnesio.
- b) El nivel de magnesio en la dieta del ganado lechero debe ser 0,25% de la materia seca cuando la relación $K:(Ca+Mg)$ sea inferior a 2,2. Cuando esta relación sea superior a dicho valor, el nivel de magnesio debe incrementarse a 0,30% de la materia seca. Una vez que la nueva edición de las Tablas de Requerimientos Nutricionales del Ganado Lechero del NRC sea publicada en el año 2000, utilice los niveles de magnesio que allí se indiquen.
- c) Cuando la alimentación contenga factores de riesgo nutricional para la incidencia de hipomagnesemia, trate a las vacas que caen durante el parto con soluciones que contengan magnesio (1,5 a 4 g de magnesio por aplicación).

HIPOMAGNESEMIA EN LOS TERNEROS

La tetania de los terneros que se caracteriza por hipomagnesemia y frecuentemente por hipocalcemia, es clínicamente idéntica a la tetania de los pastos que se presenta en los animales adultos. Debido a que ocurre en animales de 2 a 4 meses que están consumiendo una dieta de solo leche o reemplazador de leche, o que padecen de diarreas crónicas, se considera que la enfermedad se debe a la absorción inadecuada de magnesio debido a la transición de monogástrico a rumiante. Esta deficiencia puede deberse a una deficiencia primaria de magnesio en la dieta o al paso rápido de la ingesta por los intestinos. En este último caso es necesario detener la diarrea crónica, para que así el magnesio

presente en la dieta se absorba y se puedan satisfacer las necesidades del animal. Los terneros afectados requieren de un tratamiento pronto con una solución al 10% de sulfato de magnesio (100 ml por la vía subcutánea), seguido de la administración oral de 10 a 15 g de óxido de magnesio por día. Esta dosis oral de óxido de magnesio es también efectiva para prevenir este desbalance metabólico (Merck, 1979).

RESUMEN

La hipomagnesemia es un desorden metabólico que se caracteriza por una reducción de los niveles de magnesio en la sangre y en el líquido cerebrospinal, afectándose el sistema nervioso central. Se presenta especialmente en vacas adultas y altas productoras y la incidencia puede llegar a alcanzar proporciones epidémicas. Cuando los niveles de magnesio caen a valores de 1,8 a 1,1 mg/100 ml, el desbalance se considera moderado y el animal reduce el consumo de alimentos, se muestra nervioso, se reduce la síntesis de grasa láctea y la producción total de leche. Esta condición puede predisponer a la fiebre de leche. Si los niveles de magnesio descienden a valores inferiores a 1,1 mg/100 ml se afecta la función neuromuscular y el animal presenta espasmos tetánicos, cae, arquea la cabeza hacia atrás y chapotea, contrae los párpados y los globos de los ojos oscilan involuntariamente. Si los animales no se tratan oportunamente la mortalidad es muy alta. Los animales que padecen hipomagnesemia requieren de un tratamiento urgente, el cual consiste en la aplicación lenta de 500 ml de una solución de borogluconato de calcio (8 a 10 g de calcio) y borogluconato de magnesio (1,5 a 4 g de magnesio) por la vía intravenosa. Para evitar recaídas se recomienda la inyección de 100 a 200 ml de una solución de 20 a 25% de sulfato de magnesio por la vías subcutánea. Debido a que no existen mecanismos hormonales encargados de mantener la homeostasis de este mineral, el animal requiere del suministro constante de magnesio en la dieta para mantener los niveles normales en el plasma sanguíneo (1,8 a 2,4

mg/100 ml). El nivel de magnesio en la dieta del ganado lechero debe ser 0,25% de la materia seca cuando la relación K:(Ca+Mg) es inferior a 2,2. Si esta relación es superior a dicho valor el nivel de este mineral debe incrementarse a 0,30%. La absorción de magnesio en el rumen depende de la concentración de este elemento en solución en el líquido ruminal y del buen funcionamiento de los mecanismos de transporte en el epitelio ruminal, los cuales involucran al sodio. Entre los factores que afectan la concentración de magnesio en solución en el líquido ruminal están el nivel de este mineral en la dieta, el pH ruminal y la presencia de ácidos grasos insaturados en los forrajes. El transporte de magnesio a través de epitelio ruminal a su vez se ve afectado por la relación sodio:potasio en la dieta, así como con la presencia de forrajes succulentos que tienen una tasa de pasaje rápida por el rumen, lo cual reduce la absorción del magnesio. En el trópico húmedo y en la Cordillera Central de Costa Rica los forrajes presentan condiciones que pueden predisponer a las vacas a sufrir hipomagnesemia. Además, los suelos de estas regiones por lo general son deficientes en magnesio (menos de 1 mg/100 ml de suelo). En aquellos hatos donde se han presentado casos de este desbalance se recomienda incrementar el consumo de magnesio por medio del agua de bebida, alimentos balanceados, bloques o suplementos minerales.

BIBLIOGRAFÍA

- Beede, D.K.; Sánchez, W.K.; Wang, C. 1992. Macrominerals. In: Large Dairy Herd Management. H.H. Van Horn y C.J. Wilcox (eds.). American Dairy Science Association. Champaign. Il. USA. pp. 272-286.
- Bertsch, F. 1995. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 78 p.
- Eastridge, M. 1993. Importance of monitoring potassium intake by dairy cattle. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, In. pp. 55-62.

- Godínez, J. 1996. Caracterización fenotípica y evaluación genética de la raza Holstein para producción láctea, días abiertos e intervalo entre partos. Tesis Ing. Agr., Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 84 p.
- Goff, J.P. 1998. Ruminant hypomagnesemic tetanies. Current Veterinary Therapy: Food Animal Practice. 4th Ed. Edited by Jimmy L. Howard. W.B. Saunders. Philadelphia, Pa. USA. pp. 1-9.
- Kemp, A.; M.L.T. Hart. 1957. Netherlands Journal of Agricultural Sciences. 5:4.
- Kincaid, R. 1988. Macro elements for ruminants. In: The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. Ed. by D.C. Church. New Jersey. Prince Hall. pp. 326-341.
- Littlelike, E.T.; Young, J.W.; Beitz, D.C. 1981. Common metabolic diseases of cattle: ketosis, milk fever, grass tetany, and downer cow complex. Journal of Dairy Science. 64(6):1465-1482.
- McDowell, L.R.; J. Velásquez-Pereira; G. Valle. 1997. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Tercera edición. University of Florida. Gainesville, Fl. USA. 84 p.
- Merck and Co., Inc. 1979. The Merck Veterinary Manual. A handbook of diagnosis and therapy for the veterinarian. Rathway, New Jersey. Merck and Co., In. 1680 p.
- Minson, D. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press. San Diego, California. 483 p.
- Munson, R.D.; Juern, B.C. 1996. Role of nutrient management in controlling potassium and magnesium levels in forages. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, In. pp. 109-114.
- National Research Council. 1980. Mineral tolerance of domestic animals. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C. 577 p.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Washington, D.C. National Academy Press. 157 p.

- Reinhardt, T.A.; Horst, R.L.; Goff, J.P. 1988. Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 4:331.
- Sánchez, J.Ml.; Campabadal, C.; Vargas, E.; Fonseca, H. 1986. Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica. II. Efecto de la especie. *Agronomía Costarricense* 10(1-2):191-197.
- Sánchez, J.Ml.; Vargas, E., Campabadal, C. 1987. Composición mineral y de proteína de los forrajes en los distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas del cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense* 11(1):25-31.
- Sánchez, J.Ml.; Soto, H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. *Nutrición Animal Tropical* 3(1):3-18.
- Seekles, L. 1990. Pathology of potassium in animals. In: Potassium in the animal organism. Proceedings of the 6th Congress. International Potash Institute. Bern, Switzerland. pp. 349-379.
- Schultz, L.H. 1988. Metabolic problems related to nutrition: Milk fever. In: The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. Ed. by D.C. Church. New Jersey. Prentice Hall. 493-499 p.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N.Y. U.S.A. 476 p.
- Underwood, E. 1983. Los minerales en la nutrición del ganado. Traducido de la segunda edición inglesa por Pedro Ducar Maluenda. Editorial Acriba. Zaragoza, España. 205 p.