Guillermo A. Bavera

SUPLEMENTACIÓN MINERAL
Y CON
NITRÓGENO NO PROTEICO
DEL
BOVINO A PASTOREO

3ª Edición

Río Cuarto

2006

SUPLEMENTACIÓN MINERAL
Y CON
NITRÓGENO NO PROTEICO
DEL
BOVINO A PASTOREO

GUILLERMO ALEJANDRO BAVERA

Médico Veterinario. Profesor Titular Efectivo de la Cátedra de Producción Bovina de Carne y ex-Profesor a cargo de la Cátedra de Clínica de Grandes Animales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Ex-Profesor Titular de Zootecnia Especial I de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad del Centro (Río Cuarto). Productor Agropecuario. Ex-miembro CREA Morro II.

3ª Edición

Río Cuarto

2006

Bavera , Guillermo Alejandro
Suplementación mineral y con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo
- 3ª ed. - Río Cuarto: El autor, 2006.
280 p. ; 27x21 cm.

ISBN 987-05-1157-0

1. Bovinos-Pastoreo. I. Título
CDD 636.2

Titulo:
SUPLEMENTACIÓN MINERAL Y CON NITRÓGENO NO PROTEICO DEL BOVINO A PASTOREO
Autor: Med. Vet. Guillermo Alejandro Bavera

Primera Edición, 1987. - © Editorial Hemisferio Sur, Bs.As.
Segunda Edición, 2000. - © El autor.
Tercera Edición, 2006. - © El autor.
El dibujo de tapa fue realizado por el Constructor Nacional Carlos H. Huergo.

Reservados todos los derechos de la presente edición para todos los países. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente por ningún método gráfico, electrónico, mecánico o cualquier otro, incluyendo los sistemas de fotocopia y fotoduplicación, registro magnetofónico o de alimentación de datos, sin expreso consentimiento del autor. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.

Impreso en la Argentina - Printed in Argentina

Queda hecho el depósito que prevé la ley 11.723

Edición del autor. General Paz 359, (5800) Río Cuarto, Argentina.

Distribuidor:
Guillermo A. Bavera.
Gral. Paz 359, (5800) Río Cuarto, Pcia. de Córdoba, Argentina.
Teléfono: 0358 - 464 - 0292
E-mail: gbavera@produccionbovina.com y gbavera@yahoo.com.ar

Este libro se terminó de imprimir con una tirada de quinientos ejemplares, el 30 de septiembre del año 2006 en los talleres gráficos de:
Gráfica del Sur, Belgrano 691, (5800) Río Cuarto, prov. de Córdoba, República Argentina.
Teléfono: 0358-465-1703 - E-mail: graficadelsur@arnet.com.ar

ISBN-10: 987-05-1157-0 - Guillermo Alejandro Bavera.
ISBN-13: 978-987-05-1157-1

A mi esposa Martha**,**
a nuestros hijos María Josefina,
Francisco Pedro,
Patricio Armando y
Federico Guillermo.

ÍNDICE GENERAL

Índice general 5
Índice de Fórmulas 9
Prólogos y agradecimientos 10

CAPÍTULO I: ELEMENTOS MINERALES ESENCIALES
Introducción 13
Funciones 15
Requerimientos 16
Fuentes 16
Absorción 16
Carencias 17
Otros efectos 18
Genética 19
Contaminaciones 19
Conclusiones 19

CAPÍTULO II: MACROELEMENTOS
Fósforo 21
Calcio 30
Relación calcio-fósforo 35
Magnesio 36
Sodio y cloro 45
Azufre 48
Potasio 51

CAPÍTULO III: OLIGOELEMENTOS
Oligoelementos 55
Cobre 55
Cinc 68
Selenio 74
Cobalto 78
Iodo 80
Manganeso 84
Hierro 87
Molibdeno 89
Flúor 91
Cromo 97
Níquel 100
Silicio 101
Interrelaciones 102

CAPÍTULO IV: ELEMENTOS MINERALES TÓXICOS
Introducción 103
Aluminio 104
Arsénico 105
Cadmio 106
Plomo 107
Mercurio 108
Estroncio 109
Hormesis 109
Minerales tóxicos para el hombre en los alimentos de origen animal 109

CAPÍTULO V: COMPOSICIÓN MINERAL E INGESTIÓN DE LAS PASTURAS

Introducción 112
Biodisponibilidad (BioD) de los minerales de las pasturas 112
Edad de la planta o estado vegetativo 115
Especie y variedad 116
Suelo 120
Inundaciones 123
Fertilización 124
Clima y estación del año 125
Parte de la planta 127
Sanidad 127
Frecuencia de defoliación 127
Sistema de pastoreo 128
Digestibilidad 130
Retorno de los minerales al suelo 130
Estructura de la pastura 130
Especie de pastura conservada 131
Método de conservación del forraje 131
Otras variables 132
Algunos minerales en forrajes varios 132
Probabilidades de encontrar pastos deficientes en minerales 138

CAPÍTULO VI: EL AGUA DE BEBIDA EN LA NUTRICIÓN MINERAL

El agua de bebida en la nutrición mineral 140
Efecto por exceso de las sales totales del agua en el organismo animal 140
Contribución de las sales del agua a la nutrición mineral 143
Aguas que benefician la producción o "engordadoras" 143
  Conclusión 145
Aguas deficientes en sales 145
Tenores máximos de sales totales del agua de bebida 146
Clasificación de las aguas para bebida de bovinos 147
Protocolo tipo para análisis de aguas de bebida para ganado 147

CAPÍTULO VII: NECESIDAD DE SUPLEMENTAR CON MINERALES

Necesidad de suplementar con minerales 150
  Conclusión 157

CAPÍTULO VIII: MÉTODOS DE SUMINISTRO MINERAL AL GANADO EN PASTOREO

Métodos de suministro mineral al ganado en pastoreo 158
  Métodos indirectos 159
  Métodos directos 160
    Obligados 160
      Inyectables 160
      Bolos, bolas, balas, píldoras pesadas o bullets 162
      Mezclas minerales para agua de bebida 162
      Espolvoreo o pulverización de la pastura 164
      Raciones con mezclas minerales incorporadas 164
    Ad libitum, de libre elección o consumo voluntario (saladeros o saleros) 164
      Sal de roca 165
      Panes o piedras de sal 165
      Panes o bloques de minerales con melaza 166
      Lamederos rotatorios con melaza 166
      Mezclas minerales molidas con sal 167
      Mezclas minerales molidas con granos o melaza 167

CAPÍTULO IX: CONSUMO DEL SUPLEMENTO MINERAL

Introducción 171
Factores que afectan el consumo del suplemento mineral 173
Tipos de suelo y pasturas 173
Suplementos energético-proteínicos 173
Época del año y clima 175
Estado productivo del animal 176
Edad 176
Individualidad 176
Calidad del agua de bebida 176
Consumo reciente de suplemento mineral y/o deficiencias que posea el animal 176
Palatabilidad de la mezcla mineral 176
Melaza o miel final 177
Presentación de la mezcla mineral 177
Estado de los suplementos minerales a campo 178
Distancias al saladero 178
Conclusión 178

CAPÍTULO X: DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS MINERALES

Introducción 179
Perfiles metabólicos 180
Conclusión 182

CAPÍTULO XI: INFORMACIÓN PARA FORMULAR SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES

Información para formular suplementaciones dietéticas minerales 183
Mezcla mineral completa 184
Suplementación dietética mineral 184
Información para formular suplementaciones dietéticas minerales 185
Deficiencias minerales comprobadas 185
Ingestión del suplemento mineral 185
Concentración de elementos en la mezcla mineral 185
Sales del agua de bebida 186
Necesidades minerales de los bovinos 186
Ingestión de materia seca 191
Biodisponibilidad (BioD) de los minerales empleados en los suplementos 197
Minerales quelatados o quelados 198
Minerales, portadores y BioD 198
Harina de hueso calcinada o ceniza de hueso 200
Resolución 485/2002 202
Porcentaje de minerales y biodisponibilidad relativa en los portadores más usuales 210

CAPÍTULO XII: FORMULACIÓN BÁSICA DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES

Formulación ideal de suplementaciones dietéticas minerales 212
Formulación básica de suplementaciones dietéticas minerales 213
Cálculo para fósforo y calcio 214
Cálculo para oligoelementos 216
Cálculo para magnesio, azufre y sodio 217
Ejemplo de una suplementación dietética mineral básica 218

CAPÍTULO XIII: FORMULACIÓN DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES SEGÚN INFORMACIÓN POSEÍDA

Formulación de suplementaciones dietéticas minerales según información poseída 220
Formulación de suplementaciones dietéticas minerale0
poseyendo información sobre el agua de bebida 221

Introducción 220
Minerales del agua de bebida 220
Conclusión 222
Formulación 223
Formulación de suplementaciones dietéticas minerales poseyendo información sobre los forrajes y/o concentrados 228
Formulación de suplementaciones dietéticas minerales poseyendo información sobre el agua de bebida y los forrajes y/o concentrados 229
Control del consumo 229

CAPÍTULO XIV: CONTROL DE MEZCLAS MINERALES COMERCIALES
Control de mezclas minerales comerciales 230
Conclusión 234
Otro método para controlar oligoelementos 234

CAPÍTULO XV: COSTO Y MANEJO A CAMPO DE LA SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA MINERAL
Costo de la suplementación dietética mineral 235
Influencia del destete 236
Manejo a campo de la provisión dietética mineral 237

CAPÍTULO XVI: SUPLEMENTACIÓN MINERAL NITROGENADA (CON NNP)
Introducción 241
Portadores de proteínas y de nitrógeno no proteico (NNP) de uso común 242
Portadores de proteínas 242
Portadores de nitrógeno no proteico (NNP) 244
Ciclo de la urea en rumiantes 246
Toxicidad 248
Adaptación, acostumbramiento o estabilización 249
Energía 249
Azufre y otros minerales 250
Consumo del forraje de baja calidad 250
Utilización del NNP 252
Consumo en raciones 253
Consumo ad libitum sobre pasturas de baja calidad 253
Mezclas líquidas 254
Mezclas sólidas 254
Ubicación 257
Precauciones 258
Regulación del consumo 258
Leer la bosta 258
Motivos de fallas en la suplementacion mineral nitrogenada 260

APÉNDICE
Equivalencias y conversiones de unidades de peso y concentración 261

BIBLIOGRAFÍA CITADA 263

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1 A - Porcentaje necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total 214
Fórmula 1 B - Porcentaje necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total conociendo el aporte del elemento por el agua 228
Fórmula 1 C - Porcentaje necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total conociendo el aporte del elemento por el forraje y/o concentrado 230
Fórmula 1 D - Porcentaje necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total conociendo el aporte del elemento por el agua y por el forraje y/o concentrado 231
Fórmula 2 A - Porcentaje del oligoelemento en el suplemento mineral para cubrir el 100 % de los requerimientos 216
Fórmula 2 B - Porcentaje del oligoelemento en el suplemento mineral para cubrir el 50 % de los requerimientos 216
Fórmula 3 A - Porcentaje que el elemento del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida (para sodio, magnesio y oligoelementos) 225
Fórmula 3 B - Porcentaje que el sulfato del agua aporta respecto de los requerimientos diarios de azufre por kg de MS consumida 225
Fórmula 4 - Porcentaje que el elemento del forraje y/o concentrado aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida 228
Fórmula 5 - Porcentaje del elemento de la mezcla mineral en la ingestión diaria total de alimento 234
Fórmula 6 - Costo en pesos por gramo de fósforo 235

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN

Los ganaderos tienen actualmente a su disposición un vasto paquete tecnológico que, en aquellos establecimientos en que se aplica, se ha evidenciado en el adelanto del manejo de los rodeos bovinos y de las pasturas, con el consiguiente aumento de la producción.

Sin embargo, existen en el país situaciones en las que el principal factor limitante de la producción para la cría o la invernada es la poco estudiada existencia de carencias minerales clínicas y subclínicas, aún cuando el resto del manejo animal sea correcto.

El tema de las carencias y suplementación mineral a campo de los bovinos es complejo y confuso. Complejo por las interacciones entre varios de los distintos minerales esenciales, la interacción de los minerales ingeridos con los del agua de bebida, las variaciones de los requerimientos de acuerdo a la raza, cruza y estado productivo y sanitario de los animales, la posible adaptación de los bovinos a ciertos estados carenciales permanentes y otros numerosos factores como suelo, clima, estación del año, parte de la planta, sanidad de las pasturas, frecuencia e intensidad de pastoreo, etc.. Confuso por el desconocimiento de la situación real en cada zona del país, ya que en una gran parte de las mismas se carece de investigaciones y datos ciertos sobre las carencias minerales de los bovinos, no existiendo gran cantidad de trabajos interdisciplinarios que analicen en un mismo momento y lugar todas las variables en cuestión. Los datos sobre requerimientos nutritivos con respecto a los minerales, no solo en nuestro país, sino también a nivel mundial, varían enormemente en los distintos trabajos publicados, lo que crea una mayor confusión y obliga a trabajar sobre información clásica de organismos especializados extranjeros. Además, no existe en la Argentina información completa sobre valores normales del bovino para la mayoría de los minerales en las distintas zonas, razas, cruzas y estados productivos.

En esta obra intentamos exponer y ordenar la situación. Muchas de las opiniones que compartimos con algunos autores citados pueden generar discusión, lo mismo que nuestras propuestas al momento actual y a su solución coyuntural. Hay investigaciones en marcha en el país sobre el tema, que a cierto plazo y por lo menos para algunas zonas, podrán aclarar la situación.

Pero hasta tanto eso ocurra, es necesario que el productor y los profesionales tomen algunas medidas que, si bien se basan en los conocimientos científicos actuales, podrían llegar a calificarse de empíricas, pero que consideramos constituyen una posibilidad por el momento para solucionar los problemas de las posibles carencias minerales clínicas y subclínicas de los bovinos a pastoreo.

Si a través de este libro logramos motivar mayores inquietudes sobre el tema y conseguimos que el productor y los profesionales adopten la suplementación mineral coyuntural aconsejada, habremos logrado nuestro objetivo.

Guillermo A. Bavera
Oscar A. Bocco
1987

AGRADECIMIENTOS EN LA PRIMERA EDICIÓN

Los autores agradecen al Ing. en Prod. Agrop. Héctor A. Beguet y a los Drs. Carlos H. Peñafort, Ginés De Gea, Francisco Angelino, Luis Lossino y Oscar Forchetti, docentes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, por las valiosas observaciones efectuadas en la lectura del original de este trabajo.

PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN

Agotada la primera edición, durante varios años la fui actualizando para entregarla a mis alumnos, a profesionales y a productores que solicitaban copia de la misma. Llegó el momento de realizar una segunda edición actualizada y ampliada, ya que el paso del tiempo ha traído nuevos conocimientos sobre el tema.

En los años que han transcurrido desde la primera edición, en la Argentina se ha desarrollado el engorde a corral o feedlot. Esto me ha llevado a agregar al título primitivo la aclaración que esta obra trata fundamentalmente la suplementación mineral para bovinos a pastoreo, la principal forma de explotación bovina en nuestro país, y que dada las condiciones del mismo, las ventajas de la ganadería a pastoreo y la calidad y sanidad insuperable de la carne obtenida en esas condiciones, seguirá siendo nuestra principal forma de producción bovina. Sin embargo, efectúo ciertas referencias a la suplementación mineral en engorde a corral, ya sea para demostrar algunas necesidades de la producción a pastoreo o para ampliar la visión del lector.

Este es un libro dirigido a la producción bovina. Por lo tanto, los problemas de fisiología, clínica y patología se tratan en la forma más simple y concisa posible que permita explicar su acción sobre la producción.

No es mi especialidad, y por lo tanto, no menciono, discuto o comparo los distintos métodos de análisis, las técnicas de muestreo en los relevamientos ni los diseños de experimentos en los ensayos realizados por los investigadores citados en esta obra, por lo que el lector al que le interesen esos temas deberá consultar el trabajo original detallado en la bibliografía.

Los gráficos se han dividido en su numeración y en los índices en dos grupos: los cuadros y figuras por un lado, que son aquellos que ilustran o ejemplifican el texto, y por otra parte, las tablas, que son aquellas que el lector puede llegar a emplear en los cálculos a realizar o consultar en la práctica.

Los distintos autores citados emplean distintas unidades de concentración. Como en las citas se ha respetado la que emplea cada autor, he incluido un apéndice con una tabla de equivalencias y conversiones para facilitar la comprensión a aquellos lectores que no estén habituados a correlacionarlas. Siguiendo el mismo criterio, mantengo la notación μg o mcg empleada por cada autor.

Se ha efectuado una extensa actualización, reordenamiento y ampliación del tema, especialmente en lo referido a la situación en nuestro país. A pesar de los numerosos e importantes trabajos realizados en la Argentina, aún siguen vigentes gran parte de los conceptos vertidos en el prólogo a la primera edición de 1987. Resta aún un amplio campo a investigar para conocer la real situación en todo el país, en el cual se sigue trabajando en forma continua y profunda.

Guillermo A. Bavera
2000

AGRADECIMIENTOS EN LA SEGUNDA EDICIÓN

Por las valiosas observaciones efectuadas en la lectura del original de esta segunda edición, a los docentes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Ing. Agr. Oscar A. Bocco, Lic. en Prod. Animal Héctor A. Beguet, Med. Vet. Carlos Peñafort, Lic. en Química Gabriel Alcantú, Ing. Agr. Roberto Pedro Maffioli y Med. Vet. Federico Dogi.

PRÓLOGO A LA TERCERA EDICIÓN

En esta nueva edición se ha reordenado, actualizado y ampliado el texto, y se ha agregado un tema de suma importancia para la ganadería, especialmente la cría: la suplementación dietética mineral con nitrógeno no proteico, con énfasis en el empleo de la urea. Lo consideramos de importancia, entre otras cosas, por el escaso material práctico hallado en la literatura y la necesidad de mejorar en muchas zonas la alimentación invernal de las vacas en forma económica.

Estando vigente lo expresado en los prólogos de las ediciones anteriores, tenemos la esperanza que la presente tenga la misma aceptación y utilidad de las anteriores.

Guillermo A. Bavera
2006

AGRADECIMIENTOS EN LA TERCERA EDICIÓN

Por la valiosa colaboración técnica y práctica efectuada en esta tercera edición, a los docentes de la Cátedra de Producción Bovina de Carne de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto con profesión privada, Médicos Veterinarios Carlos Horacio Peñafort, Eduardo Bagnis y Federico César Dogi.

A las empresas del rubro con sede en Río Cuarto que con su colaboración permitieron esta edición: Teknal S.A.-Alimental, Agroimperio SRL, El Productor de Huruma S.A., Laboratorios El Baqueano y Agroveterinaria Rivoira SRL.

"La sal facilita la digestión, evita muchas enfermedades, mantiene siempre sano al animal, le hace echar más carne y mejora el cuero".

Hernández, José. 1882. “Instrucción del Estanciero”. Edit. Casavalle, Bs.As, :172.

CAPÍTULO I

ELEMENTOS MINERALES ESENCIALES

INTRODUCCION

La salud del bovino se debe considerar como la resultante del sistema suelo-planta-animal-manejo, y el agravio de la misma en pastoreo debe buscarse en deficiencias de nutrimentos del suelo o del pasto y/o de- ficiencias en el manejo del suelo, el pasto o el animal. Entre esas deficiencias se encuentran los minerales y su manejo.

Los elementos minerales constituyen solamente de un 4 a 6 % del cuerpo del animal vertebrado, pero debido a las diversas funciones que cumplen en el organismo, son muy importantes en el campo de la bio-química nutricional.

Un elemento mineral se considera **esencial** para el animal cuando:

- Siempre está presente en concentraciones semejantes en cada individuo sano de la misma especie.
- En la misma especie sigue el mismo patrón en los diferentes tejidos que lo contienen.
- Una deficiencia del mismo en la dieta consumida produce en el animal cambios bioquímicos definidos en los tejidos y síntomas clínicos y/o subclínicos característicos.
- Los síntomas clínicos y/o subclínicos de deficiencia y cambios bioquímicos en los tejidos pueden preve- nirse o eliminarse con la adición del elemento a la dieta (suplementación mineral) y/o por vía parenteral (medicación).

Por lo tanto, una **enfermedad carencial** se define como los estados deficitarios de uno o mas componen- tes minerales de la alimentación que no llegan a cubrir los requerimientos del animal, siendo consideradas estas carencias, desbalances e interferencias en la nutrición mineral como **enfermedades metabólicas**.

Se han identificado más de 60 elementos en las cenizas de los tejidos de los animales superiores, pero a muchos de ellos no se le ha determinado la función exacta dentro del organismo (Domínguez, 1993), si es que la tienen, ya que algunos pueden ser contaminaciones.

Podemos enumerar las funciones de los minerales esenciales en cuatro grandes grupos:

1) componentes del esqueleto;
2) componentes de los tejidos blandos, líquidos corporales y funcionamiento celular;
3) actuación en acciones enzimática y hormonales, y
4) componentes y actuación en la actividad microbiana ruminal.

El conocimiento de las funciones de cada uno de los minerales es de gran importancia, no solo para co- rregir las deficiencias y disminuir sus efectos negativos en la salud y producción, sino también para evitar intoxicaciones que se pueden causar por forrajes con excesos de alguno de ellos, o al implementar estrate- gias de suplementación, por las interacciones entre los minerales, especialmente cuando se trata de ciertos oligoelementos.

Los **macroelementos** o **elementos mayores** que son esenciales para los procesos fisiológicos en los rumiantes se encuentran en el organismo en concentraciones altas (por encima de los 70 mg/kg peso vivo) y son: fósforo (P), calcio (Ca), sodio (Na), cloro (Cl), azufre (S), magnesio (Mg) y potasio (K). Los requerimientos de estos minerales se determinan en gramos/día y el aporte que hacen los alimentos se expresa en por- centaje o en g/kg de materia seca. En general tienen, entre otras más, una función plástica (forman parte de los tejidos: huesos, músculos, tendones).

Los **oligoelementos**, **elementos menores**, **microelementos** o **elementos traza** se encuentran en el orga- nismo animal en cantidades muy bajas (menos de 70 mg/kg peso vivo) y son: cobre (Cu), cobalto (Co), man- ganeso (Mn), cinc (Zn), iodo (I), hierro (Fe), selenio (Se), molibdeno (Mo), flúor (F), cromo (Cr), níquel (Ni) y silicio (Si). Su requerimiento se da en mg/día y el aporte por los alimentos en mg/kg de materia seca, en ppm (partes por millón) o en porcentaje. En general tienen una función reguladora en el metabolismo.

El arsénico (As), aluminio (Al), vanadio (V), boro (Bo), bromo (Br), rutenio (Ru), estroncio (Sr), bario (Ba), cadmio (Cd), litio (Li) y estaño (Sn), han sido encontrados como esenciales para una o más especies de ani- males pequeños, y existe la posibilidad que lo sean también para los rumiantes, pero hasta el momento no se han encontrado deficiencias de ellos en ningún tipo de rumiantes y no existe información que sugiera que puedan causar problemas prácticos (Actualizado de Loosli y Beltrán, 1978). Es muy posible que existan otros oligoelementos esenciales, pero afortunadamente sus requerimientos son tan pequeños que su defi- ciencia es sumamente improbable porque esas cantidades pueden ser siempre provistas por los alimentos.

Cuadro 1.1.- Concentración promedio de minerales en el organismo

Mineral	%
Calcio	1,90
Fósforo	0,90
Potasio	0,25
Azufre	0,20
Sodio	0,15
Cloro	0,10
Magnesio	0,05
Oligoelementos	0,04

Cuadro 1.2.- Algunos de los principales efectos de las deficiencias y excesos de minerales en rumiantes

Deficiencia de / Efecto	P	Ca	ClNa	S	Mg	K	Cu	Co	I	Mn	Zn	Se	Fe	F	Cr
Reducción del crecimiento	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X		X
Descenso producción de leche	X	X	X	X			X	X	X		X				X
Disminución apetito y digestibilidad	X		X	X	X	X	X	X	X		X		X		
Disminución fertilidad	X						X	X	X	X	X	X	X		
Anemia							X	X				X	X		
Cojeras							X				X	X			
Deformación pezuñas											X				
Problemas de equilibrio								X		X					
Alopecia											X				
Decoloración del pelo							X								
Bocio									X						
Degeneración muscular												X			
Pica	X		X			X	X								
Tetania	X	X			X	X									
Caries dentales, exóstosis														X	

FUNCIONES

Los minerales son necesarios para transformar la proteína y la energía de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales, ayudando al organismo a combatir las enfermedades al mantener al animal en buen estado de salud.

Solos, asociados entre sí o combinados con grupos orgánicos, los minerales ejercen sus funciones esen- ciales a diferentes niveles dentro del organismo animal, y a pesar que hay diferencias importantes entre los distintos elementos, existe un esquema general para todos ellos.

Un lugar donde ejercen sus funciones específicas es a **nivel tisular**, con funciones estructurales (forma- ción de huesos y otros tejidos de sostén) o funciones metabólicas (componentes de enzimas o coenzimas, transmisión del impulso nervioso, etc.).

El otro sitio vital donde se requieren minerales en los rumiantes, en particular fósforo, sodio, azufre, co- bre, cobalto y níquel, es en el **rumen**. Las bacterias y protozoos presentes en el medio ruminal, como todo ser vivo, requieren minerales para lograr un óptimo crecimiento, reproducción y producir la degradación de los alimentos. Gran parte de las mermas en la producción de los rumiantes que se suscitan por deficiencias minerales se deben a una baja eficiencia de conversión alimenticia provocada por la ausencia de minerales a nivel ruminal o presentes en concentración inadecuada (Durán y Carugati, 1988). Una deficiencia mineral a este nivel determina alteraciones en el metabolismo de la microflora y microfauna, y esto produce bajas ta- sas de crecimiento de bacterias, hongos y protozoos, siendo la resultante una menor digestibilidad y apro- vechamiento de nutrientes.

En general, los macroelementos contribuyen al mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas del ambiente ruminal (poder tampón, presión osmótica y tasa de dilución) y son componentes celulares y acti- vadores enzimáticos. Los microelementos regulan reacciones enzimáticas microbianas. Algunos también in- tervienen en la composición celular a nivel de estructuras como ribosomas o membranas (Igarza, 1994). To- do esto explica la magnitud de la importancia que en los rumiantes los minerales ingresen al organismo por vía oral.

REQUERIMIENTOS

Los requerimientos netos de un mineral incluyen aquellos de mantenimiento, que sirven para compen- sar las pérdidas endógenas, sumados a los de producción (crecimiento, gestación o lactancia). Estos reque- rimientos indican la cantidad del mineral que debe ser absorbido, por lo cual la dieta debe aportar una can- tidad mayor (requerimiento bruto), el cual debe ser cubierto por la dieta.

El total de microminerales aportado por la dieta que alcanza los tejidos, es lo que se define como canti- dad **biodisponible** (**BioD**) o **coeficiente de absorción** (ver capítulos V y XI).

FUENTES

Las fuentes de minerales disponibles para los animales en un sistema pastoril son el pasto y el agua. La gran variación de la concentración de los elementos, tanto en el agua como en las pasturas, hacen que el perfil de minerales que puede obtener un animal de estas fuente es virtualmente imposible determinarlo a lo largo del tiempo (ver capítulos V y VI).

ABSORCIÓN

La absorción de los minerales depende de:

a) Factores ligados al animal:

- Edad
- Estado fisiológico
- Estado sanitario
- Estado nutricional

b) Factores ligados al alimento:

- Tipo de mineral
- Tipo de portador del mineral
- Nivel en la dieta
- Interacciones

Los microminerales que de forma natural están presentes en las materias primas se liberan durante la digestión por acción de enzimas y del pH quedando en forma de aniones y cationes. La absorción tiene lugar por tres mecanismos distintos desde el lumen intestinal a los enterocitos:

- **Absorción pasiva**: Los iones pasan al enterocito sin gasto energético sólo por equilibrar la concentración cuando ésta es superior en el lumen. Este mecanismo es marginal ya que casi siempre la concentración del ión es superior en el enterocito.
- **Absorción activa**: Se produce a través de gasto nergético.
- **Formación de complejos**: del ión con otros ingredientes del alimento. Los complejos de alto peso mole- cular son más susceptibles a ser excretados en heces por ser de más difícil absorción. Los de bajo peso molecular son fácilmente absorbidos. Si el complejo se forma entre ión y aminoácidos, la absorción es la misma que cuando se trata de un aminoácido sólo. Una vez que el complejo está absorbido en el ente- rocito, es favorable que la unión ión-aminoácido sea poco estable para que el ión sea liberado y pase al plasma para su transporte a los diferentes tejidos.

CARENCIAS

En general, las carencias y/o desequilibrios de minerales producen un cuadro de situación nutricional que se manifiesta en los animales jóvenes principalmente con retardo del crecimiento y problemas osteoar- ticulares (Blood et al, 1986; Bingley y Col., 1978), y en adultos, especialmente por problemas reproductivos (Auza y col., 1982; Gooneratne y col., 1989; Igarza, 1994) y disminución de la producción. Los mas afectados son los rodeos que están alimentados exclusivamente a base de pasturas y/o forrajes conservados de mala calidad (Corbellini, 1986), siendo su incidencia más alta conforme se han intensificados los sistemas de pro- ducción y el nivel genético del ganado (Mc Dowell y Conrad 1984; Corbellini, 1985).

La deficiencia o el exceso de algunos microminerales afecta sutilmente al rodeo, con bajas resistencias a enfermedades (mastitis, neumonías, etc.), incidencia mayor de algunos trastornos y deficiente respuesta a los tratamientos o a la antibioticoterapia. Esta sintomatología inespecífica suele manifestarse antes que el cuadro clínico. Es decir, que una carencia subclínica de algunos microelementos no se nota a la observación visual, ya que el rodeo se podrá ver en buen estado general, ganando peso y alimentándose normalmente; pero como por ejemplo en el caso de deficiencia de zinc, fundamental en la síntesis de proteína, el rodeo seguirá comiendo, pero la energía se derivará a la producción de grasa y no de músculo. Es decir, habrá energía pero el animal será incapaz de producir la proteína necesaria.

Una deficiencia mineral en la dieta no conduce necesariamente a una enfermedad clínica. Entre los fac- tores que predisponen a la enfermedad clínica se encuentran: la edad en que aparece la deficiencia, dife- rencias genotípicas en cuanto a los requerimientos, discontinuidad en las demandas debido a cambios am- bientales, el estado productivo del animal, el riesgo debido a infecciones y/o infestaciones concomitantes, variaciones individuales en respuesta a la deficiencia y el volumen de las reservas funcionales del mineral.

El curso de una deficiencia puede dividirse en cuatro fases: depleción, deficiencia, subclínica o disfunción y enfermedad clínica.

La **depleción** es el déficit en la dieta para mantener la concentración corporal del elemento, que cuando existen reservas corporales puede sostenerse durante mucho tiempo sin aparecer síntomas clínicos. Se pro- duce cuando los requerimientos netos de un determinado elemento esencial son superiores a la absorción neta de dicho elemento a nivel intestinal. El organismo en este estado puede responder mejorando la ab- sorción intestinal o disminuyendo las pérdidas endógenas. Hay un descenso del elemento en cuestión en los lugares de depósito, por lo que las concentraciones plasmáticas pueden permanece constantes.

La **deficiencia** ocurre si la carencia en la dieta persiste, lo que está marcado por indicadores bioquímicos que señalan que el organismo no pueden mantener niveles constantes de los minerales necesarios para las funciones fisiológicas.

La fase **subclínica o disfunción** llega después de períodos variables de tiempo, donde las concentraciones o actividades de los minerales disminuyen, pero sin llegar a que los cambios en las funciones se manifiesten como enfermedad clínica. Necesita el diagnóstico de laboratorio para su detección segura. Esta fase de la enfermedad carencial es la más importante en producción animal, ya que ocasiona pérdidas económicas sin mostrar signos clínicos evidentes y específicos, produciendo disminución en los aumentos de peso, retraso en el crecimiento, disminución en el consumo, menor fertilidad, pica, etc.

La fase terminal, la de **enfermedad clínica**, que puede llevar a la muerte al animal, entra directamente en el campo de la medicina veterinaria. Los signos clínicos son manifiestos, aunque muchas veces inespecífi- cos, comunes a distintas deficiencias y enfermedades, lo que dificulta el diagnóstico. Los síntomas son espe- cíficos cuando la deficiencia es muy marcada o de larga duración. Generalmente se debe recurrir al labora- torio para el diagnóstico certero, pero aunque se diagnostique correctamente, se medique y el animal no muera, el daño económico ya se produjo.

La disponibilidad de los microminerales puede verse afectada por agentes externos como el nivel de es- trés del animal, porque las situaciones de estrés disminuyen la disponibilidad de microminerales como con- secuencia de un descenso en la ingestión y un aumento de la excreción urinaria.

Las deficiencias minerales que más afectan la producción de los bovinos para carne en la Argentina, son las originadas por la falta de fósforo, cobre, sodio, magnesio, cinc y selenio en las pasturas. La deficiencia de cobre generalmente es inducida por los excesos de molibdeno, sulfatos ó hierro, y la de sodio no solo por su deficiencia en las pasturas, sino tambien en el agua.

Los minerales que pueden afectar al bovino por exceso son: el flúor, por aguas de bebida, el potasio, en pasturas templadas, que actúa deprimiendo la absorción del calcio y del magnesio, y el selenio, por pasturas seleníferas.

OTROS EFECTOS

Algunos minerales, sin estar en deficiencia, producen al ser administrados diariamente una mejora en la producción individual por efecto estimulante sobre algún parámetro digestivo o bien por balancear mejor el exceso de otro mineral, entre otros posibles factores.

Por ejemplos, Buffarini y Homse (1999) en novillos sobre triticale con suplementación de maíz partido en el lote testigo y maíz partido más 60 g/día de suplementación mineral (Ca, P, Mg, S, Co, Cu y Zn).

consiguie- ron en 134 días una diferencia de 18,67 kg por animal y Parra et al (1995) en una experiencia realizada sobre pastizal natural, concluyeron que la suplementación mineral mejora la tasa de degradabilidad ruminal de la dieta consumida, incrementa el consumo voluntario de forraje y la ganancia de peso y que la proporción de ácidos grasos volátiles (AGV) no se modificó con ninguno de los suplementos empleados.

GENÉTICA

Existe una diferencia racial en la incidencia de los minerales en la salud bovina. Por ejemplo, Hansen (1995) observó en zonas típicamente bociosas (deficientes en yodo) del NOA solo como excepción la patología bociosa en la raza Criolla Argentina, mientras que el problema fue muy evidente y frecuente en Holan- do Argentino. De esto deduce que el Criollo Argentino presenta una natural resistencia a adquirir la patolo- gía bociosa, posiblemente por mecanismos inmunogenéticos resultado de una selección natural de más de 400 años que lo adaptó a un medio carencial de yodo, desarrollando una mayor eficiencia para captar el elemento.

En los ovinos también se ha encontrado una diferencia racial con respecto a los minerales, ya que la raza Merino asimila menos el cobre que otras razas.

Hay una variación genética del metabolismo mineral como adaptación a las condiciones inherentes a la deficiencia (Blood y Radostits, 1992). En ovinos, Valle et al (1997) trabajaron para obtener el índice de herencia de las concentraciones minerales en suero sanguíneo. Los índices obtenidos indican que fósforo (h^2 = 0,478), potasio (h^2 = 0,453) y cobre (h^2 = 0,316) presentan un componente de varianza genética aditiva a ser considerada en los procesos de mejoramiento y selección animal. Esto nos estaría indicando que es posible obtener un tipo adecuado de animal con capacidad para aprovechar, disponer, convertir y retener determi- nados niveles de minerales en su organismo, en concordancia con los requerimientos propios de la especie. Será necesario determinar si la concentración de minerales en el suero sanguíneo de los bovinos es una va- riable que deba ser tomada en consideración dentro de los planes de mejoramiento de la especie, espe- cialmente cuando se busca aumentar el crecimiento del ganado en áreas deficientes.

CONTAMINACIONES

Un problema que puede surgir en los feedlots, pero no en el sistema pastoril, es que en las grandes con- centraciones de animales la excreción en las heces de minerales inabsorbidos es causa de contaminación del suelo, pudiendo también contribuir a la eutroficación de los cuerpos de agua superficiales cuando las heces son derivadas a ellos (Audoin 1991; Williams et al 1999).

CONCLUSIONES

Los minerales son el tercer grupo limitante en la nutrición animal, teniendo el mayor potencial y el menor costo para incrementar la producción del ganado. Las deficiencias de minerales en nuestro país son nu- merosas. Algunas cursan con manifestaciones semiológicas, es decir, con signos clínicos claros, pero otras son subclínicas y requieren para su determinación diagnóstico de laboratorio. Estas últimas son las más graves, pues no se detectan fácilmente, pero pueden producir importantes pérdidas económicas por disminu- ción de la producción.

Todos los sistemas de producción necesitan, en mayor o menor medida, suplementación mineral, tanto para corregir deficiencias como para estimular la producción. Sin embargo, en Argentina como en otros países, no todos los ganaderos suministran a su ganado sales minerales en cantidad y muy especialmente en calidad adecuadas y en forma permanente.

En la actualidad la salud del bovino está dominada, generalmente, por el uso de tecnologías costosas pa- ra el tratamiento de las enfermedades, muchas veces impulsadas por cuestiones comerciales, en vez que por tecnologías de manejo que permitan prevenirlas. El costo directo de la suplementación mineral repre- senta un porcentaje muy bajo de los gastos empresarios, mientras que la ocurrencia de enfermedades ca- renciales (ya sea clínica o subclínica) puede causar una pérdida de rentabilidad significativamente alta. Así, los costos de prevención deben ser considerados no como un gasto, sino como una inversión.

Para aplicar correctamente medidas preventivas es conveniente conocer la problemática existente en cada región, evaluando los factores de riesgo y los beneficios de esas medidas.

En la mayoría de los campos dedicados a la explotación agrícola-ganadera, se produce un continuo dre- naje de minerales a través de las toneladas de carnes y granos que salen a la venta y que en general no son proporcionalmente repuestos al suelo; es indudable que ello llevará a un progresivo agotamiento mineral de los suelos a niveles peligrosos que se hará sentir tarde o temprano en la producción animal (Fader, 2001).

A medida que la producción animal adquiere mayor importancia y las empresas ganaderas se hacen más intensivas, la influencia de los minerales se acrecienta. No hay recetas de aplicación masiva en todas las si- tuaciones, ya que cada establecimiento tiene sus peculiaridades de manejo, alimentación, patología y pro- ducción, las que deben ser detectadas y correctamente diagnosticadas por el médico veterinario. Corregir un desbalance mineral lleva su tiempo y se deben esperar mejorías recién después de los 20 a 30 días de iniciada la suplementación.

La **suplementación oral** es la más natural y eficiente y la única vía por la cual se pueden aportar todos los minerales, en especial los macroelementos. El principio a utilizar es integrar la totalidad de los requeri- mientos minerales por vía de la suplementación oral con una suplementación dietética mineral completa.

Los minerales que pueden emplearse en rumiantes tienen un futuro despejado de utilización debido al origen natural de la mayoría de ellos.

El uso de la suplementación mineral manejada adecuadamente supone siempre una mejora en la eficiencia productiva. Su efectividad debe analizarse siempre, ya que existen otros factores que influyen en la producción que pueden interferir o enmascarar esa efectividad.

En consecuencia, si se pregunta: ¿Cuál o cuales son el o los minerales más importantes en la nutrición del bovino?. La respuesta es: aquél o aquellos que son deficientes en el alimento en ese campo o zona.

Matemáticamente, la suplementación dietética mineral se obtendría de la siguiente fórmula:

Requerimientos del animal - aporte por los alimentos = composición del suplemento dietético mineral

"La suplementación con fósforo y sal permite que una vaca resulte mejor madre que su propia madre".

F. A. Wilken, 1987.

CAPÍTULO II

MACROELEMENTOS

FÓSFORO (P)

INTRODUCCIÓN

La palabra fósforo viene del griego (*phos*: luz, *phero*: llevo; llevar luz) lo que es debido a que algunos compuestos del fósforo presentan el fenómeno de la luminiscencia. Las "luces malas" que suelen verse en nuestros campos, son debidas a los viejos huesos enterrados, tanto de animales como de hombres, lo que nos está indicando de que el fósforo es un integrante importante de la composición de los huesos (Mufarrege, 2004).

Es el segundo mineral mas abundante en el cuerpo del animal, representando el 1 % del peso vivo, y al que más funciones en el organismo se le conocen, siendo su deficiencia la de más amplia distribución territorial y la de mayor impacto económico de todas las carencias minerales que afectan a los bovinos a pastoreo.

FUNCIONES

El fósforo es necesario para la formación del hueso, activación de vitaminas B, reproducción y transmisión nerviosa. Actúa en el crecimiento de la célula y en su diferenciación como un componente del ADN y del ARN, en la transferencia y utilización de la energía como un componente del ATP, ADP y AMP, en la formación de los fosfolípidos, en el mantenimiento de los equilibrios ácido-base y osmótico, en la secreción de la hormona folículo estimulante y en el metabolismo y crecimiento celular de los microorganismos del rumen.

ABSORCIÓN

Por acción del jugo gástrico los fosfatos insolubles y solubles son disueltos y pasan al intestino delgado, para ser absorbidos principalmente en duodeno y en colon, en forma activa por mediadores de transporte, fundamentalmente iones sodio. Por lo tanto una deficiencia de sodio puede comprometer significativamente la absorción de fósforo, ya que este mecanismo sodio-dependiente es responsable del 65 % de la absorción activa de este elemento. Otro ión involucrado es el hidrógeno por medio de un mecanismo similar al del sodio (Barcellos, 1998).

El fósforo contenido en las materias primas se encuentra en forma inorgánica como mono, di y trifosfato y principalmente como ortofosfatos (PO_4^{3-}), o en forma orgánica en moléculas tales como ATP, ácidos nucleicos, fitatos, fosfolípidos, fosfoproteínas y fosfoglúcidos. La hidrólisis del fósforo orgánico en el tracto gastrointestinal libera PO_4^{3-}, que es la única forma en que el animal puede absorber y utilizar el P (De Groote, 1990).

También se absorbe por una transferencia pasiva a través del epitelio de los preestómagos, en especial por el rumen. Según Care (1994) el fósforo atraviesa el epitelio de los preestómagos en forma ionizada por medio

de una ruta transcelular o paracelular. En este mecanismo ocurre una interacción con la presencia de potasio, que beneficia la absorción de fósforo por la diferencia en el potencial de membranas. En los procesos carenciales se observa un aumento de ese gradiente para adecuarse a la realidad nutricional del animal.

Los rumiantes, a diferencia de los monogástricos, pueden asimilar el fósforo orgánico a partir de fuentes de fitatos debido a la producción de enzimas fitasas por los microorganismos del rumen (Gillivray, 1974). Cerca de un 99 % del fitato se degrada al ser incubado durante 24 horas en el rumen (Morse, 1989). Esto podría alterarse cuando la relación Ca:P es muy alta.

El valor biológico para fitato dietario en ovinos y ganado de leche fue establecido en 66 y 50 %, respectivamente (Lofgreen, 1960). Asimismo, se ha demostrado que, cuando se utilizan dietas con aproximadamente 50 % del fósforo bajo la forma de fitatos, más del 90 % es hidrolizado por las fitasas producidas por los microorganismos del rumen (Ellis y Tillman, 1960; Morse et al., 1992).

En la absorción de fósforo en el intestino delgado influyen el pH intestinal, la edad y el consumo de lactosa, grasa, calcio, hierro, aluminio, manganeso, potasio, magnesio, sodio y vitamina D. Rovira et al (1976) indican que excesos de hierro, aluminio y magnesio deprimen la absorción de fósforo por precipitación de fosfatos no disponibles e insolubles en el intestino delgado y conducen a la deficiencia de fósforo. El cobre y el molibdeno interfieren en la absorción del fósforo y el molibdeno en su excreción.

Si existe un alto contenido de manganeso en la dieta, las necesidades de fósforo se encuentran notablemente disminuidas, y si el suministro de calcio también es escaso, las necesidades de fósforo y manganeso se encuentran bajas (Ostrowski, 1963).

EXCRECIÓN

Las pérdidas de fósforo por vía fecal son altas, lo que hace que su biodisponibilidad esté en el orden del 45 a 70 %, según distintos trabajos.

El exceso de fósforo es excretado por intestino y riñón y acompañado por la pérdida de sodio y potasio.

RESERVAS

El depósito y reservorio del fósforo son los huesos y dientes (80 % del fósforo), donde se encuentra como hidroxiapatita cristalina (fosfato cálcico más agua), pero cerebro, músculo, hígado, bazo y riñones también lo contienen en altas concentraciones.

REQUERIMIENTOS

Cuadro 2.1.- Necesidades diarias de fósforo de una vaca de cría (adapt. del NRC, 1996)

Pérdida	Estimación	Fósforo
Ternero al nacer	7.60 g P/kg x 30 kg	228 g
Leche	0.95 g P/kg x 5.0 kg/día x 180 días	855 g
Aumento de peso vivo del ternero	4.76 g P/kg x 0.3 kg/día x 180 días	257 g
Pérdida en materia fecal y orina	0.016 g P/kg x 400 kg x 180 días	1152 g
Pérdidas Totales de Fósforo		2492 g
Peso de la vaca = 400 kg; Ternero al nacer = 30 kg; Aumento de peso vivo = 0.3 kg/día Producción de leche = 5 kg/día; Lactación 180 días.		

Las pérdidas por día de fósforo serían de 13,84 g (2492 /180) y si se considera que la digestibilidad verdadera es del orden del 65 %, necesitaría para cubrir las pérdidas consumir:

$$13{,}84/(65\ \%) = 21{,}3\ \text{g P/día}$$

Si la vaca ingiere 2,5 % de su peso vivo en materia seca la ración sería de:

$$400\ \text{kg} \times 2.5\ \% = 10{,}0\ \text{kg MS/día}$$

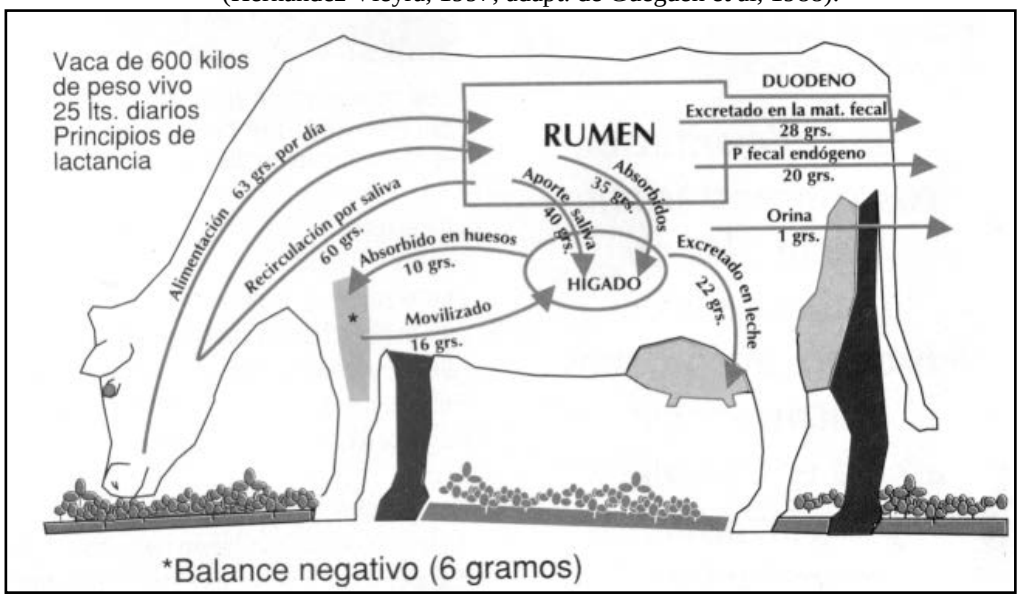
Relacionando la necesidad de fósforo con la materia seca de la ración:

21,3 g P/día x 100 / 10.000 g MS/día = 0,21 % de fósforo en la materia seca de la ración.

Es decir, que la vaca del ejemplo necesitaría que la MS del forraje que consume tenga el 0,21 % de fósforo para cubrir sus requerimientos. Caso contrario, será necesario suplementarla con fósforo, o efectuar un destete hiperprecoz, precoz o adelantado para disminuir sus requerimientos.

El ganado lechero deberá ser provisto continuamente de niveles altos de fósforo, debido a las pérdidas endógenas relativamente altas en las heces y los niveles relativamente altos de fósforo en leche. Sin gran relación con el fósforo de la dieta, la concentración del mismo en la leche se mantiene bastante constante. Por lo tanto, si los niveles dietéticos suministrados no son los adecuados, la producción de leche reducirá su volumen a una secreción adecuada a la cantidad de fósforo que la vaca puede obtener de su dieta y de sus depósitos en los huesos. Según el sistema de alimentación empleado, se deberá cubrir con suplementos minerales en las vacas lecheras en producción entre el 25 % y 35 % de la demanda de fósforo.

Figura 2.1.- Esquema del metabolismo del fósforo en la vaca lechera
(Hernández Vieyra, 1997, adapt. de Gueguen et al, 1988).



En la figura 2.1 se observa el esquema de una vaca lechera de 600 kg en el comienzo de la lactancia, con una producción de leche de 25 l/día y un requerimiento total de fósforo, incluyendo mantenimiento, de 63 g/día. Suponiendo que la biodisponibilidad del fósforo suministrado es del 55 %, 35 g serán absorbidos en el aparato digestivo y 28 g serán excretados por materia fecal (P fecal exógeno). La recirculación de fósforo por medio de la saliva agrega 60 g de fósforo/día al aparato digestivo, de los cuales se absorben 40 g en el tracto digestivo, dando una absorción total de 75 g/día de fósforo. Un tercio del fósforo reciclado por la saliva no es absorbido y es eliminado por heces (P fecal endógeno). La excreción fecal de fósforo (48 g/día) es enorme y alcanza un 77 % de la ingesta total de fósforo dietario. En contraste, la excreción urinaria (1 g/día) es insignificante y representa alrededor del 1 % de la ingesta de fósforo dietario. De los 75 g de fósforo absorbidos en el aparato digestivo, la fracción más grande (60 g, que representan el 80 %) es reciclada hacia el aparato digestivo por medio de la saliva. Unos 22 g son secretados en los 25 litros de leche producidos por día, los cuales están correlacionados positivamente con la proteína de la leche. Otros 10 g de fósforo por día se depositan en el tejido óseo bajo control hormonal. Balanceando las cantidades, esta vaca tendría una deficiencia metabólica diaria de unos 16 g de fósforo, la que deberá ser movilizada desde el tejido óseo. El saldo de lo depositado y movilizado es de 6 g negativos, es decir, un 10 % de las necesidades. Esta metabolización de las reservas esqueléticas de fósforo es inevitable al principio de la lactancia, especialmente

en vacas de alta producción, siendo en general compensado después del pico de lactancia, cuando la producción de leche disminuye y la absorción excede la excreción (Hernández Vieyra, 1997).

EL RUMEN

El fósforo disponible para los microorganismos del rumen tiene un origen alimentario y otro salival. La saliva en condiciones normales de alimentación es rica en fosfatos (600 - 800 mg de fósforo por litro). Su presencia permite la neutralización de los componentes acidificantes del rumen, indispensable para asegurar la función celulolítica y la producción de biomasa. Participa además en el mantenimiento de la tasa de renovación de la fase líquida (tasa de dilución). Con menor aporte fosfórico la tasa de dilución disminuye y con mayor aporte fosfórico aumenta. El incremento de la tasa de dilución aumenta el rendimiento de la proteosíntesis bacteriana. Los tenores de fósforo disponible en el medio ruminal son de 70 a 100 mg/l (Igarza, 1994).

Las bacterias del rumen poseen fitasas y fosfatasas que liberan el fósforo de diversas combinaciones orgánicas y minerales. Godoy y Chicco (2005) indican que en rumiantes se ha demostrado que, cuando se utilizan dietas con aproximadamente 50 % del fósforo bajo la forma de fitatos, más de 90 % es hidrolizado por las fitasas producidas por los microorganismos del rumen (Ellis y Tillman, 1960; Morse et al., 1992). Sin embargo, diferentes autores (Reddy et al., 1982; Greiner et al., 1993) sugieren la hipótesis de que, en rumiantes, a pesar de la actividad fitásica de los microorganismos del rumen, cuando se utilizan regímenes alimenticios que exigen la incorporación de altos niveles de concentrados (>70 %), la actividad fitásica de los microorganismos es limitante, probablemente debido a una saturación de su capacidad de hidrolizar el sustrato (Greiner et al., 1993; Godoy y Meschy, 2000).

La concentración de fosfato en el rumen es variable, dependiendo del alimento y del estado en que se encuentre la digestión del mismo. La tasa mayor se registra entre las 8 y 12 horas después de ingerido el alimento, es decir, cuando la destrucción y digestión de las células vegetales y bacterianas llegó a su máximo grado (Maidana, 1982).

Por la falta de fósforo en rumen, baja la eficiencia de utilización del forraje consumido y se dificulta el aprovechamiento de los elementos digeridos. Cuando la deficiencia no es muy grave, los animales aparecen desganados, sin deseo de consumir alimento. Fishwick et al (1977) citados por Durán y Carugati (1988), trabajando sobre vacas con cría al pie, demostraron que la digestibilidad de la materia orgánica decrecía de un valor del 50 % a un 30 % cuando los aportes de fósforo por vía oral decrecían de 18 g a 5 g por día. Los mismos autores citan a Long et al (1957) que trabajando sobre novillos Hereford determinaron que los que consumían un 0,07 % de fósforo sobre base materia seca (MS) requerían un 88 % más de alimento por cada kg de ganancia de peso corporal que aquellos que consumían un 0,15 % de fósforo sobre base MS, y que esta merma en la conversión alimenticia fue responsable del menor rendimiento de los animales.

Se ha postulado como efecto de la deficiencia de fósforo el aumento de la susceptibilidad al meteorismo (Blood y Radostits, 1992).

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

La carencia de fósforo se da en bovinos en pastoreo, pues los rumiantes mantenidos en engorde a corral o en galpones reciben dietas balanceadas, principalmente de granos y oleaginosas, ricas en fósforo.

En todo el mundo existen amplias zonas con deficiencia de fósforo en los suelos. Esta deficiencia es la más extendida e importante económicamente de todos los trastornos de la nutrición animal que aparecen en la alimentación a pastoreo.

La deficiencia de fósforo en los bovinos a pastoreo, llamada “chichaca” o “mal de paletas” en algunas zonas de nuestro país, tiene como principal causa los terrenos pobres en fósforo disponible para los vegetales, lo que produce forrajes cuyas concentraciones de este mineral son inferiores a lo normal. En algunas provincias argentinas es una de las principales limitantes de la producción ganadera.

Los bajos niveles de fósforo pueden prevalecer en los forrajes durante muchos meses al año. La concentración en la planta desciende marcadamente según avanza la fase de maduración, llegando a su menor índice cuando el forraje se encuentra inactivo, maduro y las semillas han caído. Cuando las plantas permanecen secas durante varios meses o no se producen nuevos brotes por falta de lluvias o frío, la deficiencia se acentúa. Es decir, que en rastrojos, pasturas diferidas o períodos de seca, el problema se agrava, pudiendo perderse hasta un 85 % del fósforo.

Por otra parte, el contenido en proteína de los forrajes desciende al mismo tiempo que el fósforo, de modo que en la nutrición de los bovinos puede complicarse el problema de deficiencia de fósforo con deficiencia de proteínas y frecuentemente también de energía disponible, las que pueden pasar a ser factores dominantes en el cuadro nutricional.

Los granos de los cereales y la harina y expeller de semilla de oleaginosos son moderadamente altos en fósforo.

Cuadro 2.2.- Contenido de fósforo total y fósforo fítico en ingredientes alimenticios
(Eeckhout, de Paepe, 1994, cit. por Godoy y Chicco, 2005).

Ingrediente	Fósforo total %	Fósforo fítico %	% fósforo fítico sobre fósforo total
Cereal grano			
Centeno	0.36±0.01	0.22±0.01	61±5.0
Triticale	0.37±0.02	0.25±0.02	67±3.7
Cebada	0.37±0.02	0.22±0.01	60±2.4
Sorgo	0.27±0.05	0.19±0.04	70±6.2
Maíz	0.30±0.05	0.13±0.02	43±5.3
Avena	0.36±0.03	0.21±0.04	59±11.0
Arroz	0.34±0.03	0.25±0.02	72±3.0
Subproducto cereal			
Afrecho trigo	1.16±0.14	0.97±0.20	84±7.3
Afrecho arroz	1.71±0.50	1.10±0.02	64±2.0
Gluten maíz	0.87±0.16	0.47±0.06	54±6.2
Germen maíz	0.65	0.42	65
Gluten trigo	0.78±0.06	0.56±0.10	71±11.0
Pulituta de arroz	1.71±0.07	1.10±0.02	64±2.0
Tortas oleaginosas			
Maní	0.68±0.03	0.32±0.02	47±2.0
Coco	0.53±0.05	0.18±0.03	34±4.0
Soja 44	0.66±0.03	0.35±0.02	53±2.5
Girasol	1.00±0.11	0.44±0.05	44±3.9

El fósforo de las deyecciones animales se encuentra en forma inorgánica y orgánica. En la forma inorgánica generalmente como ortofosfato, el cual puede ser aprovechado por los animales. El fósforo orgánico se encuentra como fósforo residual (incorporado a los ácidos nucleicos), fósforo soluble en ácido

(hexafosfatos de inositol) y pequeñas cantidades de fosfolípidos. La fracción de fósforo soluble en ácido solo es aprovechable por los rumiantes, debido a las fitasas ruminales que les permiten digerirlos (Cantón Castillo et al, 1996). Por lo tanto, cuando se emplean deyecciones animales como alimento de los rumiantes, como ser de aves de postura (gallinaza), de pollos de engorde (pollinaza), de cerdos, etc., es necesario tener en cuenta el aporte de fósforo que realizan. Por ejemplo, la cama de pollo, usualmente compuesta en un 62 % de deyecciones, 31 % de componentes de la cama, 3 % de desperdicios del alimento, 2 % de plumas y 2 % de materiales extraños, contiene un promedio de 1,8 % de fósforo (Lombardi, 1999).

DEFICIENCIA

La deficiencia de fósforo acarrea disminución de la tasa de crecimiento, ineficiente utilización del alimento, pica (perversión del apetito) y baja producción de leche. Por la extrema sensibilidad del bovino a la carencia de fósforo, se produce una alteración de los ciclos estruales, reflejada en anestro posparto, irregularidad del ciclo estrual, celos silentes, baja tasa de concepción, pariciones en años alternados, destetes menores al 50 %, retraso de la madurez sexual, y por lo tanto, demora en la entrada en servicio de las vaquillonas de reposición.

Cuando se produce una deficiencia de fósforo, la diferencia faltante es provista por el depósito y reservorio del mismo, es decir, los huesos, por lo que los síntomas de deficiencia pueden demorar en manifestarse. Es la razón por la que la presentación de los síntomas de deficiencia y su gravedad dependen de la duración e intensidad del período de ingestión deficitaria en relación con la duración e intensidad del período de ingestión adecuada.

Waymack et al (1968), citados por Preston y Willis (1974), encontraron que el nivel de fósforo en plasma disminuyó después de haber sido infestados los animales con Ostertagia spp., elevándose los requerimientos bajo esta circunstancia. Rovira et al (1976) indican que el factor parasitismo debe ser tenido en cuenta, sobre todo cuando su efecto se combina con escasa cantidad de fósforo en las pasturas y baja digestibilidad de las mismas, factores que suelen coincidir en el tiempo con el período posdestete.

La primera respuesta fisiológica ante una deficiencia alimenticia de fósforo consiste en el descenso de la fracción de fósforo inorgánico del plasma sanguíneo y en una pérdida de las reservas de calcio y fósforo del esqueleto. Según disminuye el fósforo sérico, va aumentado el calcio sérico, hasta alcanzar niveles de 13 a 14 mg/100 cc e incluso niveles superiores. Esta relación inversa entre el fósforo y calcio inorgánico sérico en las deficiencias no complicadas de fósforo, se debe a que al descender el nivel de fósforo inorgánico se produce una sustracción de fósforo y calcio de los huesos, que es proporcional al contenido de dichos elementos en el esqueleto. Como solamente se necesita fósforo, se produce una liberación en exceso de calcio, que se refleja en el suero.

La inanición y el estrés promueven el catabolismo tisular que libera minerales, entre ellos el fósforo, a la circulación. Estos minerales pueden subsecuentemente ser perdidos por orina. Así puede ocurrir una depleción del fósforo corporal total mientras el nivel de fosfatemia se mantiene dentro de un rango normal a medida que el anión sale de los tejidos. Los niveles de fosfatemia, pese a permanecer dentro de lo normal, tienden a decrecer a medida que el estrés se hace más prolongado o severo (Nockels, 1992).

En resumen, el efecto combinado del terreno, del clima y del manejo sobre los forrajes determina las condiciones predisponentes para que se produzca una afosforósis en los animales alimentados a pastoreo, pudiendo mantenerse el fósforo ingerido inferior a las necesidades fisiológicas durante períodos de tiempo que superen la capacidad compensatoria o de reserva de los depósitos óseos.

Como la deficiencia de fósforo tiene carácter acumulativo, la vaca de cría, y más aún la lechera, son las que sufren más la misma, debido al constante drenaje de fósforo que debe soportar el organismo a causa de las exigencias de la preñez y lactancia. Se retrasan las concepciones porque antes de una nueva preñez, las vacas deben reponer el fósforo perdido, lo que da lugar a vientres que paren cada dos años. Las vacas más productoras de leche son las más afectadas.

La deficiencia de fósforo se refleja en un crecimiento lento de los terneros y ganancias de peso no satisfactorias en los adultos. Sin embargo, los animales pueden ganar peso moderadamente durante períodos

bastante prolongados si la deficiencia es muy suave, a pesar que el nivel de fósforo inorgánico del suero sea inferior al normal. En deficiencias de intensidad regular, el ganado no crece hasta su tamaño normal, y si esto persiste, en cada generación el rodeo reduce su tamaño ("achicamiento del rodeo"), en una suerte de adaptación a la carencia. En los novillos se produce enflaquecimiento y retardo de su terminación. El ganado joven es el más afectado.

En casos de deficiencias graves, se encuentran anomalías en huesos y dientes (osteomalacia, osteoporosis, raquitismo), con crecimiento y desarrollo afectados, rigidez articular, huesos quebradizos, con estado decaído y enfermizo. En casos extremos el animal adopta una característica posición encorvada.

Otro síntoma de la carencia de fósforo es la alotriofagia (consumir alimentos diferentes a los de su dieta normal), pica o malacia, una perversión del apetito en la que los animales muerden o ingieren huesos (osteofagia), polvo, tierra (geofagia), madera u otros objetos en un esfuerzo instintivo para obtener el mineral que necesitan, con el consiguiente desgaste de dientes, en un intento natural por compensar un error humano al no interpretar correctamente sus necesidades. Por comer huesos de animales muertos en el campo y restos orgánicos adheridos, los bovinos pueden afectarse de botulismo ("Mal del Aguapey", "Mal de los Híbridos" o "Mal de caderas"), que es una intoxicación neuro paralítica ascendente, u otras enfermedades (carbunclo, clostridiosis), intoxicarse (nitratos, nitritos) u obstruir su faringe con huesos ("atorarse"), siendo estos problemas muy graves en algunas zonas con deficiencias severas de fósforo. De todos modos, la pica no es específica de la deficiencia de fósforo, ya que puede ocurrir también con deficiencias de otros minerales, tales como sodio y potasio.

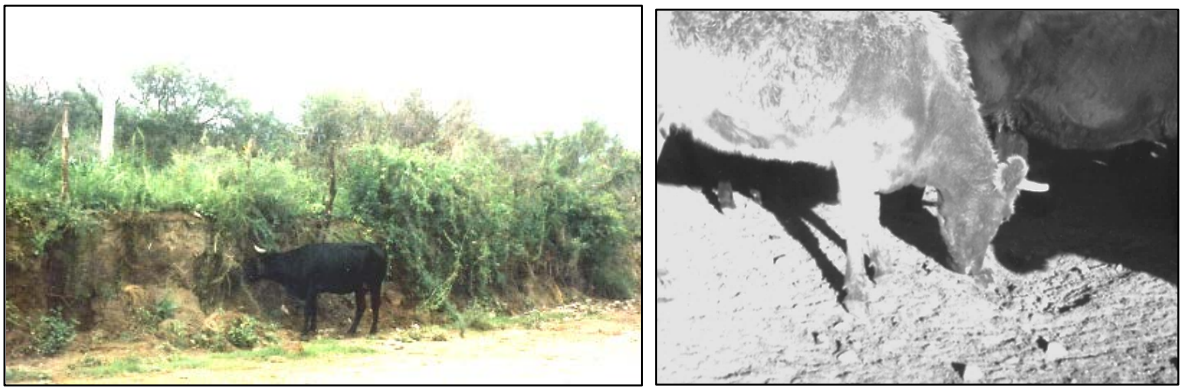


Figura 2.2.- Geofagia; a) Lamiendo la tierra en una cárcava (zona Yacanto, Córdoba); b) Obsérvese el pozo efectuado por los animales (zona Tilisarao, San Luis). Los lugares donde lamen la tierra se identifican fácilmente por ser cóncavos y muy lisos por la acción de la lengua

Figura 2.3.- Osteofagia. Tilisarao, San Luis.

En Santiago del Estero se ha informado de manifestaciones de malacia y en determinadas zonas hay excavaciones donde los vacunos lamen o ingieren la tierra, no teniéndose información por el momento sobre cual o cuales minerales la provocan (Renolfi et al, 1985). Beguet y Bavera (1987) han comprobado el mismo caso en varios establecimientos de las provincias de Córdoba y San Luis, tanto en el llano como en la sierra y el pedemonte.

Los niveles normales de fósforo se encuentran entre 4-6 mg/100 cc de suero sanguíneo en adultos y 6-8 mg/100 cc de suero en animales jóvenes. Cuando se hallan permanentemente por debajo de los 4 mg/100 cc de suero sanguíneo, constituye una indicación de falta de fósforo en la dieta.

En trabajos realizados por Casas y Ruiz (1969) en el norte de Córdoba, en campos donde se presentaban bajos índices de preñez y los animales mostraban geofagia, se encontró que los contenidos de fósforo en suero sanguíneo oscilaban entre 1,45 y 2,70 mg/100 cc. Sólo tres de 210 animales testados superaron los 4 mg/100 cc de suero sanguíneo.

En Entre Ríos, la concentración de fósforo en plasma de bovinos adultos sobre pastizales naturales se encontró que oscilaba entre 1,5 y 6,6 mg/100 cc. Sobre praderas de festuca alta (Festuca arundinacea) sola o consociada, los valores correspondientes fueron de 4,5 y 6,8 mg/100 cc (Hofer et al, 1985 a).

En vaquillonas que desde el destete hasta los 32 meses de edad, a una carga de 1,48 animales/ha, pastoreaban campo natural en Corrientes, con 0,14 y 0,08 % de fósforo en MS disponible, el fósforo inorgánico en sangre al primer servicio fue 4,15 y 2,25 mg/100 cc y la preñez al tacto 73 % y 31 %, correspondiendo los mayores valores a las pasturas con mayor contenido de fósforo. En 30 meses de ensayo, la producción fue un 62 % mayor en las pasturas con más fósforo en la MS (Mufarrege et al, 1985).

En Entre Ríos no se ha informado sobre casos de raquitismo u osteomalacia en bovinos. Sin embargo, los bajos tenores de fósforo disponible en suelos de diversas áreas, induce a esperar distintos grados de deficiencia subclínica. Los estudios han mostrado una marcada zonificación de los valores, correspondiendo los mínimos a la zona norte de la provincia, que se mantuvieron todo el año por debajo del nivel considerado normal en suero.

La variación estacional fue común en los rodeos muestreados, presentándose los valores mínimos en suero durante los últimos meses del año, período en el cual coinciden los mayores tenores de fósforo del forraje con los máximos requerimientos fosfóricos del rodeo. Los valores de fósforo inorgánico en sangre son francamente deficientes en los establecimientos del norte de la provincia y están ligeramente por debajo de los valores considerados normales en los del sur (Hofer et al, 1985 a).

Habich (1985) opina que en Salta no hay evidencia de una carencia regional de fósforo, aunque hay establecimientos con valores muy bajos de fósforo en, por lo menos, alguna oportunidad, pero hay ausencia de datos de producción confiables.

Se han encontrado bajos niveles de fósforo en muestras de pastos provenientes del plano de inundación del río Paraguay (suelos lavados), especialmente en la provincia de Formosa (Balbuena, 2003).

Coppo (1985) informa el diagnóstico de hipofosfatemias en casi todas las provincias del noreste argentino (NEA), independientemente de la época del año, usualmente acompañadas por sintomatología difusa (retraso del crecimiento, baja fertilidad, etc.).

Las carencias comprobadas por la E.E.A Corrientes son las de fósforo y sodio. La suplementación mineral con sal y harina de hueso en partes iguales cubre los requerimientos de sodio, pero a los niveles de consumo informados, en muchos casos no cubre los de fósforo. El aumento de la relación harina de hueso:sal a 5:1 en la mezcla, con duplicación del consumo de fósforo por día por animal, no produjo respuesta a la ganancia diaria, por lo cual se estima que la de fósforo no es la carencia limitante al crecimiento en animales suplementados con la mezcla indicada en primer término. Dada la gran variabilidad en suelos y pastos de la región, no se puede generalizar los resultados experimentales obtenidos (Arias et al, 1985 a).

También Sampedro et al (1998), en la E.E.A Mercedes (Pcia. de Corrientes) consideran que una fuente fosfórica de harina de hueso al 50 % con sal no alcanza para cubrir los requerimientos de una vaca en lactancia, desequilibrio que podría limitar la ganancia de peso y la producción de leche en el período de mayor demanda de fósforo, que abarca entre el 1º y 4º mes de lactancia, coincidente con la época de servicio.

Winks et al (1977), citados por Hofer et al (1985 b), indican que los factores de calidad del forraje condicionan la respuesta a la suplementación, limitándola a situaciones de aceptable valor forrajero. En tal sentido, el efecto es diferencial de acuerdo a la estación del año y tipo de pastura. Hofer et al (1985 b) encontraron en Entre Ríos que la probabilidad de respuesta al suplemento fosfórico fue máxima durante la primavera, cuando las pasturas se encuentran en su mejor estado.

En campos del Crea Melo-Serrano (Sudeste de Cba.), Forchetti et al (1986) obtuvieron en novillos en pasturas cultivadas sin suplementación mineral en julio y en agosto de 1986 y en campos del Crea Comechingones (sur de las Sierras Grandes o Comechingones), trabajando con vacas de cría preñadas en pasturas naturales diferidas, también sin suplementación mineral en las mismas fechas, las siguientes cifras:

Cuadro 2.2.- Fosfatemia en invierno en dos zonas de la provincia de Córdoba (Forchetti et al, 1986).

	Media		Menor a 5,6 mg/100 ml plasma	
	Julio	Agosto	Julio	Agosto
Melo-Serrano - Novillos	7,15 mg/100 ml plasma	6,69 mg/100 ml plasma	7 %	7,5 %
Comechingones - Vacas cría	4,77 mg/100 ml plasma	3,97 mg/100 ml plasma	75 %	87,5 %

En el cuadro se comprueba que la fosfatemia es mayor en las pasturas cultivadas, pero en ambos casos disminuyó al avanzar la estación seca (invierno), siendo esta baja mucho más acentuada en las pasturas naturales diferidas.

Cufré et al (1989) trabajando con vacas de cría en el pastizal natural de las sierras de Comechingones (Pcia. de Córdoba) comprobaron que la suplementación mineral con harina de hueso (49 %), sal común (49 %) y sulfato de cobre (2 %) ad libitum incrementó la fosfatemia y la calcemia. Los porcentajes de preñez fueron del 45 % para las testigos y del 65 % para las suplementadas, aumentó la cabeza de parición con respecto a la cola y fue necesario retirar animales testigos del ensayo por su baja condición corporal. Las diferencias de peso entre testigos y suplementadas se fueron ampliando significativamente al terminar los partos en diciembre con 27 kg más por vaca suplementada y al fin del ciclo (abril) con 35 kg más por vaca suplementada. La conclusión es que, en las condiciones del ensayo, la suplementación mineral efectuada mejora la eficiencia reproductiva de los vientres. En esta zona, al agua de bebida se la debe clasificar como deficiente en sales (< 1 g/litro), por lo que no aporta prácticamente sodio, calcio u otros minerales (Bavera, 2001).

Minatell et al (1996) trabajando en la zona noroeste de la provincia de Buenos Aires en 18 campos encontraron en plasma un valor promedio para fósforo superior a 4 mg %, con solo dos excepciones (3,41 ± 0,72 y 3,81 ± 0,82).

Ricciardino et al (1997) en Concepción del Uruguay, Entre Ríos, encontraron que las vacas primíparas en segundo servicio con fosfatemias menores al valor medio (< 4,6 mg/dl) mostraron ganancias menores de peso del orden de los 310 g/día en relación a las vacas con valores de fósforo inorgánico igual o superior a 4,6 mg/dl, y que además tenían menor cinquemia. El análisis retrospectivo del estado metabólico indica que las vacas cursaron, en el posparto, con un déficit de fósforo y cinc, los cuales fueron factores limitantes para la ganancia de peso. Estiman que para obtener ganancias de peso superiores a 500 g/día durante la posparición, los valores de fosfatemia y zinquemia en vacas primíparas deben ser superiores a 4,2 ± 0,7 mg/dl y 85,5 ± 10,8 mcg/dl respectivamente, a fines de la lactación. El déficit mineral que encontraron de fósforo, cobre y cinc en el posparto de vacas primíparas consideran que podría ser una causa importante de la problemática reproductiva observada regionalmente en esta categoría.

En el NEA el menor contenido promedio de fósforo en los pastizales se encontraría en la Mesopotamia: 0.09 g P/100g MS, siendo el porcentaje de muestras deficientes del 92 %, con el menor promedio en el SE de Corrientes (0.08 % P). Esto indica que es necesario suplementar al ganado con fósforo, para conseguir una producción ganadera aceptable, en toda la Región. En la zona Templada el contenido sería de 0.24 % de P,

con un 30 % de muestras deficientes en el elemento, lo que indicaría verificar si hay algún problema con el fósforo en aquellos lugares donde la producción ganadera no es totalmente satisfactoria. En el Este de la provincia de Formosa, el promedio encontrado fue del 0.11 % en la MS con un 70 % de muestras deficientes, por lo que la suplementación con fósforo es necesaria para todo el ganado vacuno (Mufarrege, 2004).

Cuadro 2.3.- Porcentaje de fósforo en la MS y porcentaje de muestras deficientes en pastos de Formosa, Mesopotamia y Región Templada de la Argentina (Mufarrege, 2004).

Elemento	Fósforo	Nº
Este de Formosa	0,11	263
% muestras deficientes	70 %	
Mesopotamia	0,09	646
% muestras deficientes	92 %	
Región Templada	0,24	325
% muestras deficientes	30 %	
Requerimientos vaca	0,20	---

Suplementaciones de fósforo por encima de las necesidades no tienen ninguna repercusión positiva sobre la reproducción (NRC, 2001).

DIAGNÓSTICO

Por determinación de la fosfatemia.

PREVENCIÓN

Coppo et al (1992) indican que la carencia de fósforo se previene efectivamente con harina de huesos, preferentemente con 12 % de fósforo.

También comprobaron que la semilla entera de algodón, a la dosis de 2,5 kg/animal/día eleva significativamente la fosfatemia de los bovinos suplementados.

La suplementación oral debe efectuarse en forma permanente para la acumulación de reservas.

CALCIO (Ca)

INTRODUCCIÓN

El calcio constituye aproximadamente el 2 % del peso vivo del animal, siendo el mineral más abundante en el cuerpo.

FUNCIONES

El calcio es necesario para la formación de huesos y dientes, el crecimiento muscular (7,1 g de Ca/100 g de proteína ganada), la producción de leche (1,23 g de Ca/kg de leche producida), la transmisión de impulsos nerviosos, la regulación del ritmo cardíaco, la coagulación de la sangre, la permeabilidad de las membranas, la secreción de ciertas hormonas y la actividad enzimática.

Otra función básica es la regulación de la contracción muscular a nivel de la membrana retículo sarcoplásmica; allí la bomba de calcio mantiene una concentración baja en el músculo en reposo; cuando este se estimula, el calcio es liberado rápidamente de las cisternas terminales del retículo sarcoplásmico y se fija a

la actina (filamento delgado). Esto genera la formación de puentes cruzados entre la actina y la miosina (filamentos gruesos), dando como resultado su acercamiento al centro del sarcómero, es decir, contrae el músculo. Durante la relajación, el ión calcio++ es de nuevo secuestrado por el retículo sarcoplásmico y los puentes transversales se rompen.

ABSORCIÓN

Es absorbido activamente y por difusión pasiva en el duodeno, yeyuno y primera porción del ileon.

En las pasturas, el calcio se encuentra en parte como oxalatos o fitatos. En el heno de alfalfa el 20 a 33 % del calcio se encuentra como oxalato de calcio insoluble y aparentemente indisponible para el animal (Ward et al, 1979). La verdadera absorción de calcio de la alfalfa es mucho más baja que la del silaje de maíz (Martz et al, 1990).

La utilización del calcio es afectada por la cantidad de fósforo de la dieta, es decir, por la relación Ca:P. La retención de calcio es mayor cuando los forrajes son ricos en nitrógeno, incluso aunque la ingesta de calcio sea menor.

La suplementación con vitamina D mejora la absorción y retención del calcio cuando se consumen forrajes pobres en nitrógeno. La falta de vitamina D deprime la absorción del calcio. También la deprime el flúor (Ramberg y Olson, 1970).

Si la concentración plasmática de calcio disminuye, la hormona paratiroidea (PTH) es liberada por la glándula paratiroidea a la corriente sanguínea, produciendo en el riñón 1,25-dihidroxicolecalciferol (Vit. D_3, 1,25-$(OH)_2D$), la forma activa de la vitamina D, que causa un incremento de la unión calcio-proteína en la mucosa intestinal, lo que incrementa la absorción de calcio. Además, la PTH causa la reabsorción del calcio por el riñón y la movilización desde el hueso, con lo cual la concentración de calcio en la sangre aumenta.

Si los niveles de calcio en plasma llegan a ser elevados, se produce calcitonina (CT) por las células "C" de la glándula tiroides que inhibe la producción de hormona paratiroidea (PTH). Disminuye la absorción de calcio en el intestino delgado y la reabsorción por el riñón, deteniéndose la movilización de calcio desde el hueso. Es decir, que la absorción de calcio y la resorción del hueso son bajas. El equilibrio de la hormona paratiroidea tirocalcitonina y el 1,25-dihidroxicolecalciferol mantienen el calcio plasmático dentro de límites estrechos. Por lo tanto, el calcio plasmático es usualmente inadecuado como una medida del estado del calcio en el organismo (NRC, 1984).

Los animales jóvenes son mas eficientes en su aprovechamiento, calculándose que absorben un 50 a 68 % del calcio dietético. Los animales viejos lo absorben en menor proporción (Hansard et al, 1954) y es mayor la absorción en los períodos de baja ingesta de calcio que cuando la ingesta es alta (De Luca, 1974). La absorción de calcio se reduce cuando se superan las necesidades del animal.

La utilización neta del calcio parece incrementarse cuando aumentan las necesidades del animal, como sucede durante la lactancia, gestación y altas ganancias de peso. También es posible que el ganado alimentado durante un largo período con raciones pobres en calcio se adapte a esa situación, y por consiguiente, lo asimile con mayor eficacia que aquel que lo recibió en cantidades adecuadas.

EXCRECIÓN

Es excretado en su mayor parte por heces y muy poco por orina debido a una eficiente reabsorción en los riñones.

RESERVAS

La mayor parte del calcio se encuentra en el esqueleto y dientes (98 %), siendo la reserva desde donde es continuamente movilizado. El 2 % restante está en sangre, fluidos extracelulares y tejidos blandos.

REQUERIMIENTOS

La concentración promedio normal de calcio en plasma es de 10 mg/100 ml (NRC, 1984), variando entre 9 y 12 mg/100 ml de plasma, nivel que está estrictamente controlado. Los requerimientos de calcio cambian con la edad, peso y nivel de producción. La calcemia disminuye levemente a medida que aumenta la edad de los animales.

La alta producción de leche también disminuye la calcemia. Nigro et al (1991) indican que aproximadamente 2,3 a 2,5 g de calcio son extraídos de la sangre por cada litro de calostro producido. Una vaca que produce 10 litros de leche, pierde 23 g de calcio, lo que significa 2 a 3 veces más calcio que el que está presente en el líquido extra celular y que debe ser reemplazado en el término de una hora desde el intestino y el hueso para mantener la normocalcemia en el comienzo de la lactación.

EL RUMEN

Los animales timpanizados tienen mayores concentraciones en rumen de potasio, magnesio y calcio y menores de sodio.

Los minerales relacionados con la formación de espuma son principalmente el calcio, cinc y níquel. Altos niveles de calcio forman jabones de calcio que originan burbujas amarillas. No se conoce la forma de actuar del cinc y del níquel.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

En la gran mayoría de los suelos las cantidades de calcio existentes brindan reservas utilizables por mucho tiempo. Por otra parte, una gran proporción de las aguas de bebida provenientes del subsuelo poseen calcio en cantidades que pueden complementar los requerimientos ("aguas engordadoras") y aún superarlos ampliamente (Bavera et al, 1979; Bavera, 2001).

Los forrajes verdes en general tienen suficiente calcio para cubrir los requerimientos del animal, especialmente las leguminosas, pero el forraje seco y maduro de gramíneas, generalmente no lo contiene en cantidad suficiente, lo mismo que la paja de los cereales. Es decir, que la concentración de calcio de los forrajes declina con la maduración.

Los granos casi no tienen calcio, por lo que el ganado alimentado con raciones abundantes en concentrados (feedlot), necesita suplemento de calcio. Las harinas de semillas de oleaginosas son más altas en contenido de calcio que los granos.

Los silajes de granos y pasturas tienen niveles bajos de calcio, de 0,4 y 0,8 % respectivamente.

La alfalfa puede tener niveles de calcio mayores al 2 %, por lo que debido a este nivel alto de calcio y a su nivel alto en energía, la alfalfa no es un alimento ideal para las vacas secas próximas a parir.

DEFICIENCIA

El esqueleto es una gran reserva de calcio que puede ser utilizado para mantener las concentraciones de calcio en sangre en niveles adecuados. Por ello, dependiendo de la edad, el bovino puede alimentarse con dietas deficientes en calcio por períodos de cierta extensión sin que la deficiencia muestre síntomas clínicos, siempre que la absorción de calcio anterior a la deficiencia haya sido adecuada.

La deficiencia de calcio en animales jóvenes impide el crecimiento normal del hueso, causa raquitismo y retarda el crecimiento y desarrollo. El raquitismo, que puede ser causado tanto por una deficiencia de calcio como de fósforo o vitamina D, se caracteriza por calcificación anormal de la matriz orgánica del hueso, produciéndose huesos débiles, blandos, que pueden fácilmente fracturarse. Los signos clínicos incluyen articulaciones aumentadas de tamaño, blandas, aumento del tamaño de las epífisis, diáfisis arqueadas, miembros rígidos y desarrollo de abultamientos (cuentas de rosario) en las uniones costo-condrales.

Osteomalacia, en cambio, es el resultado de la desmineralización de los huesos del animal adulto. Como el fósforo y el calcio están en estado dinámico en el hueso, demandas altas de estos elementos, como ocurre

durante la preñez y lactancia, pueden producir osteomalacia, que se muestra por huesos débiles, que pueden quebrarse en el esfuerzo.

En nuestro país, las deficiencias de calcio en los bovinos son casos de excepción. Si bien la deficiencia de calcio es mucho menos frecuente que la de fósforo, y los síntomas no son tan evidentes, una carencia leve puede disminuir la ganancia de peso diaria en la recría y en el engorde y disminuir la producción láctea. Normalmente no es afectada la reproducción. Una deficiencia grave puede ocasionar cambios óseos similares a los originados en la deficiencia de fósforo, y también hipocalcemia, que puede llevar a la muerte.

Las grasas tienen un efecto depresor sobre la utilización del calcio por los rumiantes, debido presumiblemente a la formación de jabones de calcio insolubles (Church, 1974).

Tenores altos de calcio en la dieta reducen la absorción del manganeso y el cinc (Suttle y Field, 1970) y afectan el metabolismo del fósforo, magnesio y algunos oligoelementos. Por otra parte, dietas muy altas en calcio reducen el consumo y la ganancia de peso, pero en general, los cambios son relativamente reducidos.

La calcemia tiene un aumento fisiológico en el último tercio de la gestación, comenzando a disminuir 48 hs después del parto. La repentina demanda de altos niveles de Ca para la producción del calostro hace que el Ca deje los fluidos extracelulares para entrar en la glándula mamaria más rápido de lo que puede ser reemplazado por la absorción intestinal o la movilización de la reserva ósea, lo que conduce a hipocalcemia. Como el calcio tiene un papel importante en la transmisión nerviosa y en la contracción del tejido muscular, los principales síntomas clínicos de la hipocalcemia incluyen temblores y parálisis.

Jacobson et al (1975) indican que en la vaca lechera la disminución exhibida al parto es de 1-2 mg/100 ml de plasma. La fiebre puerperal o fiebre de la leche puede desarrollarse si el calcio del plasma cae por debajo de 5 mg/100 ml de plasma, es decir, que se produce cuando los niveles de calcio en sangre son demasiado bajos para llegar al requerimiento para la producción de leche en el período del parto. Unos 25 g de calcio se eliminan en 10 litros de calostro, más de cinco veces la cantidad circulando en sangre. Un calcio bajo en sangre se mostrará como una aguda hipocalcemia o, en casos menos severos, como una hipocalcemia subclínica con vacas que muestran apetitos deprimidos y una incidencia aumentada de otros desórdenes metabólicos.

Para evitar la fiebre puerperal no se deben alimentar con altos niveles de calcio a las vacas en el último tercio de la gestación, limitando su ingesta a menos de 100 g/vaca/día, y la ingesta de fósforo a menos de 45 g/vaca/día el último mes antes del parto. Alimentando con altos niveles de calcio el animal es menos eficiente en la absorción del mismo. Por lo tanto, cuando el animal necesita ser eficiente en la absorción de calcio posparto, no se encuentra en el estado metabólico apropiado. Hay que incrementar el nivel de calcio en la dieta solo 7 días antes del parto, lográndose entonces que la absorción de calcio aumente cuando se incrementa la demanda. Nigro et al (1991) indican que las dietas con menos de 15-20 g/día de calcio en el preparto, disminuyen la incidencia de la paresia puerperal y estimulan la producción de las hormonas paratiroideas y de la 1,25-dihidroxicolecalciferol D_3 o calcitriol antes del parto, con lo cual se inicia la resorción ósea y el transporte intestinal de calcio. Así preparadas, las vacas son capaces de utilizar con éxito sus mecanismos de regulación endocrina para mantener la normocalcemia.

Restringir la ingesta de calcio significa elegir forrajes bajos en calcio. Un problema para restringir el calcio en el preparto es el agua de bebida si contiene tenores altos de calcio. Se debería buscar otras fuentes de agua con menos calcio.

Otro factor que contribuye a producir hipocalcemia son los forrajes altos en potasio. Los niveles del potasio en forrajes altamente fertilizados, particularmente aquellos fertilizados con excremento, están a menudo por sobre el 2 %, y hasta el 3 %. Las dietas altas en potasio hacen que la sangre se vuelva alcalina aumentando su pH, lo que reduce la movilización del calcio de los huesos y la absorción intestinal y hepática, predisponiendo a las vacas a la hipocalcemia. Conviene mantener el nivel de potasio lo más bajo posible, idealmente menor al 1,5 %.

Si la incidencia de la hipocalcemia está sobre el 10 %, si existen dificultades para reducir la ingesta de calcio o si los niveles de potasio exceden el 2 %, conviene suplementar las vacas secas con sales aniónicas,

que son acidificantes y bajan el pH de la sangre. El organismo responde liberando calcio de los huesos, e incrementando la absorción en el intestino, en un intento por neutralizar el pH de la sangre.

Gingins (1997) indica que una ecuación muy utilizada en los análisis de MS de la dieta de los rumiantes, con referencia a la hipocalcemia, es:

Diferencia catión-anión en mEq (DCA) = (Na + K) – (Cl + S)

Esta ecuación se conoce también como DCAD (Dietary Cation-Anion Difference) o BCAD (Balance Cation Anion Difference).

La concentración en miliequivalentes se determina por la relación entre el peso atómico y la valencia de cada ión, es decir:

Ión	Peso atómico	Valencia	mEq
Na +	23	1	23
K +	39	1	39
Cl-	35,5	1	35,5
S=	32	2	16

De modo que la expresión matemática para el cálculo de la DCA de una materia prima o de una ración será la siguiente:

$$DCA = \left(\frac{\%\,Na}{0{,}023} + \frac{\%\,K}{0{,}039}\right) - \left(\frac{\%\,Cl}{0{,}035} + \frac{\%\,S}{0{,}016}\right)$$

Se elimina la aparición de la fiebre de la leche cuando la diferencia catión-anión en el preparto es negativa o inferior a 100 mEq por kg de MS de la dieta. El sistema parece ser mas efectivo con dietas bien provistas en calcio, pues las dietas con DCA negativa mejoran la disponibilidad de calcio, aumentando la absorción intestinal y la movilización del calcio de los huesos por el carácter acidógeno de estas sustancias, que provoca una acidificación digestiva y metabólica, creándose unas condiciones óptimas para la circulación del calcio en el organismo (Block, 1994).

En las dietas donde no se puede reducir el ingreso de sodio y/o potasio, se emplean como suplementos las sales aniónicas cloruro amónico, sulfato amónico, sulfato de calcio y sulfato de magnesio. El cloruro de calcio no se emplea por ser irritante y el cloruro de magnesio por ser muy caro. La dieta debe ser baja en potasio, pues sino la cantidad de sales a agregar puede ser muy alta y producir problemas de palatabilidad y costos. Es preciso una adaptación de entre 5 y 21 días.

Forrajes satisfactorios son el silaje de maíz y los granos, mientras que la alfalfa y los verdeos invernales no lo son por su alto contenido de potasio. Luego del parto, las dietas deben presentar una DCA positiva para maximizar la producción de leche.

Las dietas con un balance catión-anión negativo o alto en aniones, en vacas secas (preparto), influyen en el aumento de la producción de leche por lo menos entre 4 y 5 % en la siguiente lactancia (Bracho, 1999).

Por otra parte, se ha encontrado que la hipocalcemia está asociada con un aumento en la incidencia de mastitis, cetosis, desplazamientos de abomaso y retención de placenta y con una menor fertilidad.

En Entre Ríos, la concentración hallada de calcio en plasma oscila entre 9 y 12 mg/100 cc en vacas lecheras en producción; 9,5 y 12,2 mg/100 cc en vacas de cría y 9,8 y 12,5 mg/100 cc en terneros destetados (Hofer et al, 1985 a).

Marcos (1985), en la zona de la E.E.A Rafaela (Sta. Fe), informa que en el ganado el problema de las carencias minerales está representado por el incremento en las producciones, que llevan a estados carenciales de calcio y fósforo fundamentalmente.

Robles y Ortiz (1985) reportan la existencia de hipocalcemia en establecimientos de la provincia de Neuquén.

Renolfi et al (1985) informan que en Santiago del Estero en la práctica de la clínica se observan frecuentes ocurrencias de cuadros por deficiencias y/o desbalances de calcio, fósforo y magnesio.

En campos del Crea Melo-Serrano (Sudeste de Cba.), Forchetti et al (1986) obtuvieron en novillos sin suplementación mineral en julio y agosto de 1986 y en campos del Crea Comechingones (Cba.), con vacas de cría preñadas también sin suplementación mineral, en los mismos meses, las siguientes cifras:

Cuadro 2.4.- Calcemia en invierno en dos zonas de la provincia de Córdoba (Forchetti et al, 1986).

	Media		Menor a normal 9,7 mg/100 ml plasma	
	Julio	Agosto	Julio	Agosto
Melo-Serrano - Novillos	8,08 mg/100 ml plasma	9,05 mg/100 ml plasma	92,85 %	82,5 %
Comechingones - Vacas cría	9,20 mg/100 ml plasma	9,13 mg/100 ml plasma	32 %	80 %

Coppo et al (1992) indican que en varias provincias existe duraznillo blanco (Solanum malacoxylon), forraje calcinogénico que si bien es capaz de provocar depósitos de calcio en tejidos blandos, no eleva la calcemia de los bovinos afectados.

Otros estudios relatan deficiencias de calcio en pasturas de Formosa y Chaco que podrían limitar la producción animal. Clínicamente se habrían constatado carencias de calcio en ganado de las provincias de Chaco, sur de Santa Fe y Santiago del Estero.

Minatel et al (1996), en un relevamiento en la zona noroeste de la provincia de Buenos aires efectuado en 18 campos, encontraron en plasma valores promedio de calcio superiores a 8 mg %, con tres excepciones ($7,90 \pm 0,42$; $7,78 \pm 0,55$ y $7,90 \pm 0,38$).

PREVENCIÓN

Las vacas lecheras son mas exigentes tanto en calcio como en fósforo. Para una producción superior a los 15 kg diarios de leche, en la mayoría de los casos no se cubren las necesidades de calcio, fósforo y sodio si no se les suministra un suplemento mineral. Según el tipo de alimentación, hasta un 20 % a 30 % de las necesidades de calcio deben ser cubiertas por esta vía.

Como los granos son pobres en calcio (y ricos en fósforo), en los engordes intensivos se debe prestar especial atención al mismo. Las dietas típicas de los feedlots se formulan para tener 0,5 a 0,8 % y hasta 1,2 % de calcio sobre MS, incorporándose el calcio adicional como carbonato de calcio, ya que es económico y además actúa como bufer, disminuyendo los riesgos de acidosis. Su portador puede ser la conchilla finamente molida o la cal común hidratada (apagada).

RELACIÓN CALCIO-FÓSFORO (Ca:P)

La relación calcio-fósforo en la dieta de los animales jóvenes debe llegar a 1:1, mientras que en los adultos debe ser 2:1. Un coeficiente más amplio, hasta 3,5:1 generalmente no produce trastornos en los bovinos, siempre que las necesidades absolutas de fósforo se hallen cubiertas. Varios autores (Dowe et al, 1957; Wise et al, 1963; Smith et al, 1966; Ricketts et al, 1970) manifiestan que las relaciones Ca:P de la dieta entre 1:1 y 7:1 produjeron una performance cercana a la normal cuando el fósforo cubría los requerimientos.

Algunos investigadores (Goings et al, 1973; Boda et al, 1954; Wiggers et al, 1975) confirmaron que al alimentar las vacas con raciones que tengan una relación baja de calcio-fósforo (1:1 a 1:3) y con adecuado fósforo antes del parto, se evita en la mayoría de los casos la tetania posparto.

Ante un exceso de sales de calcio, el mismo es absorbido y obliga al organismo a eliminar estas altas concentraciones por medio de actividad metabólica activa, como por ejemplo, su eliminación bajo forma de fosfatos. Por lo tanto, una relación muy alta Ca:P disminuye el fósforo del organismo. O sea, que un exceso de calcio en su relación con el fósforo puede ser más perjudicial para la producción del vacuno que cualquier

supuesto beneficio de un suplemento mineral excedido en calcio. También un exceso de calcio puede fijar ciertos oligoelementos (manganeso, cinc, etc.) y hacerlos insuficientes para satisfacer las necesidades del ganado.

Un exceso de calcio con relación al fósforo de la dieta reduce la absorción del fósforo, al igual que la de otros minerales (magnesio, manganeso, cinc), y resulta en bajos índices de crecimientos y de mineralización ósea (NRC, 1994; 1998).

La precipitación de las sales que contiene la orina provoca la formación de concreciones (urolitiasis). La composición de estos cálculos varía en función del pH de la orina. Los cálculos de fosfatos o carbonatos predominan en la orina neutra o ácida, mientras que los de calcio, magnesio y fosfato de amonio son los más comunes en animales en engorde, especialmente en feedlot. Entre otros factores que inciden para que las sales configuren un núcleo orgánico se encuentran las raciones con alto contenido fosfórico y pobres en calcio (Dyer y Kromann, 1998).

La variación de la relación necesaria Ca:P depende de la variabilidad del coeficiente de resorción del calcio con la edad. Dicho coeficiente al mes de edad es de 96 a 98 %, cifra que va disminuyendo con la edad hasta alcanzar solo el 22 % a los 10 años. El coeficiente de resorción del fósforo se reduce desde el nacimiento con un 96-98 % a un 50 % si la alimentación es exclusivamente vegetal, o a un 75 % para mezclas minerales (Ostrowski, 1963).

Existe una interacción entre la disponibilidad de fósforo bajo formas fíticas y la relación Ca:P, que aparentemente podría ser causa de una menor utilización del fósforo en pasturas viejas en invierno, donde se darían las condiciones de baja disponibilidad de fósforo por alta proporción del mismo bajo formas de fitatos, alta relación Ca:P y baja cantidad de fósforo total (Cohen, 1976, citado por Rovira et al, 1976). Godoy y Chicco (2005) indican que una relación Ca:P alta disminuye la actividad de las fitasas. El calcio extra puede unirse a los fitatos formando complejos insolubles menos accesibles a las fitasas y el calcio extra puede reprimir directamente la actividad de las fitasas, compitiendo con ellas por los sitios catalíticos (Kornegay, 1999).

Si el suministro de calcio es escaso, las necesidades de fósforo y manganeso se encuentran muy bajas. Una relación no fisiológica de calcio-fósforo también puede ser compensada por un alto suministro o autosíntesis de vitamina D. La sensibilidad de algunos rodeos a un desequilibrio Ca:P puede indicar una avitaminosis D. Altos niveles de cinc pueden deprimir los efectos de una relación Ca:P alta.

MAGNESIO (Mg)

INTRODUCCIÓN

Es el cuarto catión mas abundante del cuerpo. Su metabolismo es sumamente lábil dependiendo básicamente de la ingestión.

Forma parte de la molécula de clorofila, siendo esencial también para las plantas verdes.

FUNCIONES

Wacker (1980) indica que más de trescientas enzimas son activadas por el magnesio. Es esencial para todos los procesos de biosíntesis, incluso la glicólisis, el transporte por membrana energía-dependiente, en el ciclo AMP, el complejo MG-ATP, el desarrollo del esqueleto, la transmisión del código genético, el mantenimiento de los potenciales eléctricos en los nervios y membranas del músculo y la transmisión nerviosa.

ABSORCIÓN

Un 80 % del magnesio es absorbido en el retículo-rumen y el 20 % restante en el intestino delgado. La absorción se produce por un proceso sodio-enganche activo (bomba de sodio), por lo que una suplementación con sodio en una dieta deficitaria en dicho elemento se aumenta la absorción de magnesio. Es necesario un buen aporte de energía y un adecuado contenido de sodio en la ración para que pueda ser absorbido eficientemente a nivel ruminal.

En terneros lactantes la absorción es alta, disminuyendo en animales maduros alimentados a pasturas y heno a un 10 a 37 %. De Luca (2002) indica que la absorción a través del tubo digestivo en el adulto es solo del 17 al 20 % del magnesio ingerido.

El factor de mayor influencia en la absorción del magnesio es su proporción presente en la fase líquida de la ingesta ruminal (Field, 1983) y es dependiente del pH, siendo muy sensible a sus cambios en el rango de 6 -7, que corresponde a los cambios de pH ruminal en animales a pastoreo (Dalley, 1992).

La absorción también depende de la relación Na/K y de la concentración de proteínas solubles (degradables). Un exceso de potasio o amoníaco bloquea la absorción, aumentando la diúresis con mayor excreción de magnesio por orina, situación que se presenta con los pastos nuevos o rebrotes, lo que se agrava por una disminución de la secreción salival (por el déficit de fibra efectiva). El abonado del suelo con NH_4 y K+ interfiere la captación de magnesio por la planta, puesto que bloquean la fijación a nivel radicular. Todo esto conduce a un menor aporte de sodio y magnesio al medio ruminal (De Luca, 2002).

Contrariamente, la absorción será máxima cuando la relación sodio:potasio se encuentre entre 2 y 5.

El magnesio en los concentrados está mas disponible que el de las pasturas, por lo que su absorción puede ser mejorada con suplementación de granos, y a su vez, el magnesio de los suplementos minerales tiene mayor biodisponibilidad que el de las pasturas y granos.

La absorción del magnesio se ve favorecida al incrementarse simultáneamente la ingesta de magnesio y calcio, mientras que el nitrógeno, y en una menor extensión las grasas, dan lugar a una reducción en la absorción.

El ganado con deficiencias de magnesio parecería ser más eficiente en la absorción del magnesio (Smith, 1962).

Hay diferencias en la absorción del magnesio en razas distintas (Greene et al, 1989), lo que nos explicaría la resistencia de algunas de ellas a la tetania de la hierba y nos indicaría una posible heredabilidad.

EXCRECIÓN

Es excretado principalmente por heces, pero también ocurre excreción urinaria si hay exceso de absorción de magnesio.

En vacas con balance de magnesio positivo aumenta la excreción del mineral por la orina, y cuando el balance es negativo, se reduce la eliminación urinaria, existiendo una correlación positiva entre la concentración de magnesio en la orina y la cantidad de magnesio absorbido (Kemp, 1971). Por ello, la concentración de magnesio urinario es mejor indicador de su absorción que las concentraciones plasmáticas (Rogers, 1979).

RESERVAS

El magnesio es un mineral que no está regulado por el sistema humoral, sin depósito o reservorio utilizable, cuyo nivel plasmático depende fundamentalmente de la ingesta diaria.

El 65-70 % del magnesio del cuerpo se almacena en los huesos, pero esta reserva no se moviliza con facilidad, solo entre el 3 a 5 % de la misma. El 30-35 % restante del magnesio está disperso en cantidades varias en el músculo, tejidos blandos y líquido extracelular.

En los terneros, la movilidad del magnesio de los huesos es de entre el 30-60 %, mayor que en los adultos (Capen y Rosol, 1989).

REQUERIMIENTOS

Los niveles normales de magnesio en plasma son de 1,8 a 2 mg/100 ml (Underwood, 1981). Valores por debajo de 1 a 1,2 mg/100 ml indican deficiencia de magnesio. Edad y nivel de magnesio alteran los requerimientos.

La magnesemia aumenta en los 2-3 días anteriores y posteriores al parto. La lactación, los partos lentos y las retenciones placentarias la disminuyen.

La disponibilidad de magnesio corporal o endógeno movilizable es de solo 4 a 5 gramos desde el hueso y 6 gramos desde los tejidos blandos. Por cada kilo de leche producido se pierden 130 mg de magnesio, o sea 2,6 gr en una vaca que produce 20 litros de leche. Esto equivale a 4,5 veces la magnesemia normal (De Luca, 2002).

Los requerimientos en los terneros jóvenes son de 12 a 30 mg/kg de peso vivo por día; en vacas gestando 7 a 9 g/día; vacas durante el inicio de la lactancia 21 g/día; vacas durante la mitad de la lactancia 22 g/día; vacas durante terminación de lactancia 18 g/día.

Grace (1983) establece los requerimientos discriminados de magnesio de la siguiente forma:

Cuadro 2.5.- Requerimientos de magnesio (Grace, 1983)

Reposición de pérdida endógena	0,003 g de Mg/kg de peso vivo
Crecimiento	0,45 g de Mg/kg de ganancia de peso
Lactación	0,12 g de Mg/kg de leche producida
Preñez chica	0,12 g de Mg/día
Preñez media	0,21 g de Mg/día
Preñez grande	0,33 g de Mg/día

Los requerimientos de magnesio pueden ser incrementados por la ingestión de alimentos con altos niveles de aluminio, potasio, fósforo y/o calcio, ya que estos minerales disminuyen la eficiencia de absorción y/o utilización del magnesio (Wise et al, 1963; Newton et al, 1972; Greene et al, 1983). El magnesio sérico se reduce con el suministro de altos tenores de fósforo y bajos niveles de calcio, no ocurriendo esto cuando se suministran niveles altos de calcio y fósforo simultáneamente. Cuanto más estrecha es la relación Mg:P tanto menor es el efecto inhibitorio del magnesio sobre el aprovechamiento del calcio y fósforo. En sentido análogo, la relación Mg:Ca regula la transposición de calcio y fósforo al esqueleto. Un exceso de calcio destaca la acción negativa del magnesio. Por ello, cuando el aporte de magnesio es alto, la relación Ca:P debe ser estrecha y conviene que exista exceso de fósforo frente al magnesio (Gunter, 1969).

EL RUMEN

El magnesio cumple un papel relevante en la actividad de la flora celulolítica del rumen, mejorando significativamente la digestibilidad de la celulosa e incrementando el consumo de materia seca (Ruiz Moreno et al, 1998) y el desarrollo bacteriano.

El consumo de dietas con bajos tenores de magnesio producen una disminución en la actividad celulolítica de las bacterias ruminales, que resulta en una menor digestibilidad de la celulosa del orden del 24 al 30 % (Ledesma Arocena et al, 1994), con una disminución del apetito (Scott y col, 1980).

Debido a esta reducción del apetito y de la fermentación ruminal, se ocasiona una importante baja en la producción (Wilson, 1980), que Kronfeld (1980) considera de hasta un 20 %.

La deficiencia de magnesio disminuye las contracciones ruminales y por lo tanto, la eliminación de gases, contribuyendo a producir el empaste.

Ante casos moderados de empaste, la aplicación de sales de magnesio inyectables puede ayudar, pero ante casos severos clínicos no es útil. Promueve la normalización de las secreciones a nivel ruminal e intestino. Incide en la actividad enzimática celular y provoca el tono necesario a nivel de los preestómagos, cuajo e

intestino, mejorando las contracciones y movimientos peristálticos. Por saliva enriquece el líquido ruminal por lo que promueve la multiplicación y la capacidad de predigestión sobre las leguminosas.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

El contenido de magnesio del alimento tiende a seguir al de nitrógeno y fósforo del mismo alimento.

Las semillas ricas en aceite y sus subproductos contienen relativamente altos niveles de magnesio (0,3 a 0,6 %) pero los granos o cereales contienen sustancialmente menos (0,11 a 0,17 %). Los subproductos de origen animal son fuentes pobres de magnesio.

Las plantas contiene aproximadamente el doble. Nelson (1973) indica que las pasturas son altamente variables, siendo las leguminosas generalmente de mayor contenido que las gramíneas. Underwood (1968) indica que las cantidades de magnesio declinan en las pasturas a medida que la planta envejece.

Mufarrege (2001) indica que las gramíneas tropicales contienen el doble de magnesio (0.36 % Mg en MS) que las templadas (0.18 % Mg), lo que estaría asociado a las mayores temperaturas de crecimiento.

Cuando aumenta el contenido de potasio y nitrógeno en las hierbas jóvenes, disminuye la disponibilidad del magnesio.

DEFICIENCIA

Como las reservas de magnesio del tejido óseo o muscular en el animal adulto no se movilizan con facilidad, el reemplazo de una dieta normal por una deficiente en magnesio puede provocar el descenso en su concentración sanguínea, provocando hipomagnesemia (tetania hipomagnesémica, mal de los avenales, tetania pratense, enfermedad de los verdeos, tetania de los pastos) en el término de 2 a 18 días, aunque la dieta anterior hubiera tenido altas concentraciones de magnesio. Por ello se requiere una ingesta continua en la dieta (Wallach, 1987).

Las carencias pueden ser clasificadas en dos tipos: las de desarrollo rápido y las de desarrollo lento. En los terneros el desarrollo es lento, mientras que en las vacas lecheras y en las de carne adultas es del tipo rápido.

La tetania hipomagnesémica afecta a las vacas en el período de mayor producción de leche y/o escasa absorción de magnesio. Los signos se presentan cuando disminuyen las concentraciones de magnesio en las neuronas y el líquido céfalo-raquídeo por hipomagnesemia provocada por las pérdidas de magnesio por la leche, el poco aporte de magnesio en la ración, la presencia de los factores citados que interfieren la absorción de magnesio desde el aparato digestivo o la movilización de grasas orgánicas debido a un balance energético negativo.

Los síntomas de deficiencia son anorexia, reducción en la digestibilidad de la materia seca (Martín et al, 1964), hiperexcitabilidad, irritabilidad, hipertermia, convulsiones tónico clónicas (tetania), salivación profusa, espuma en la boca y muerte por falla cardiorespiratoria por alteración de la transmisión del estimulo nervioso en el corazón. También produce edema mamario (Hicks y Pauli, 1976).

Bajo condiciones prácticas, usualmente las deficiencias espontáneas de magnesio son consideradas improbables porque las cantidades requeridas en la dieta son aproximadamente 0,1-0,2 % sobre materia seca para novillos y vaquillonas en crecimiento y terminación, y hay muy pocos forrajes con concentraciones menores a 0,1 % (De Alba, 1973). Sin embargo, los requerimientos para vacas en lactación están en el orden del 0,18 a 0,22 %, por lo que en este caso sí pueden existir problemas.

Los factores estresantes pueden desencadenar los signos de tetania, lo que explica la mayor observación de signos de tetania en animales al ser estresados o sufrir de estrés ambiental. Encierres prolongados, transporte, vacunaciones o simplemente el ordeño pueden ser factores desencadenantes de las formas sobreagudas en animales susceptibles.

Se presenta tanto en vacas lecheras como en ganado de carne, observándose con mayor frecuencia en los períodos de crecimiento muy activo del forraje, como es en primavera y otoño, y en invierno, cuando disminuyen los recursos forrajeros, coincidiendo con días de temporal (frío, llovizna, niebla).

Ledesma Arocena et al (1994) detallan que hay una alta correlación entre las temperaturas de 5º C a 15º C en el desarrollo de la hipomagnesemia, como así también cuando hay cambios diarios, como por ejemplo, días tibios con noche frías o con climas frío-húmedos y ventosos. El sombreado producido por los días nublados típicos de los temporales durante el invierno reduce la cantidad de MS, la disponibilidad de magnesio y la concentración de hidratos de carbono solubles.

La tetania hipomagnesémica en la vaca de cría ocurre la mayoría de las veces al principio de la lactación, cuando se alimentan con pasturas conteniendo menos de 0,2 % de magnesio (Underwood, 1981), siendo común cuando consumen pasturas tiernas de primavera o verdeos invernales tiernos. El problema es más de insuficiente disponibilidad que de bajas concentraciones de magnesio por el alto contenido en nitrógeno y potasio. Las relaciones nitrógeno:hidratos de carbono solubles mayores a 0,3 son potencialmente tetanigénicas. La fertilización con nitrógeno incrementa la incidencia del síndrome; en suelos ricos en potasio se produce una mayor captación de éste por las plantas y una disminución en el magnesio captado.

La hipomagnesemia ocurre en regiones templadas, con clima frío y húmedo, en sistemas de producción que basan la alimentación del ganado en el pasto. La época con mayor ocurrencia de casos agudos se presenta a fin de invierno-principios de primavera, coincidiendo con una alta tasa de crecimiento del pasto. Este contiene una alta proporción de agua y al ser consumido por el animal, la absorción de magnesio disminuye por una mayor tasa de pasaje. Además en estos pastos hay deficiencia de energía, y como la absorción de magnesio en rumen es de tipo activa (o sea requiere energía), se absorbe menos. A esto se suma una movilización de la grasa del animal para aportar energía, con el uso de magnesio como cofactor de diferentes enzimas, lo que disminuye su concentración en sangre.

Asimismo, esta etapa de crecimiento de pasto coincide con el estado fisiológico de las vacas en donde los requerimientos aumentan debido a un flujo del mismo hacia la leche (fin de gestación-principio de la lactancia).

La composición de la pastura también tiene importancia: las gramíneas tienen una menor concentración de magnesio y calcio que las leguminosas.

La mayor susceptibilidad se presenta en bovinos adultos, en los cuales la capacidad de movilización de sus reservas de magnesio es casi nula y depende por lo tanto de la ingesta diaria.

En general los animales que más frecuentemente se ven afectados son los que están en mejor estado, ya que la movilización de grasa provoca una captura de magnesio y por consiguiente una disminución del magnesio sérico.

Las vacas dependen de un suministro permanente de magnesio al tracto gastrointestinal para mantener las concentraciones en sangre normales porque los mecanismos de homeostasis no son suficientes para regular las concentraciones de magnesio en sangre. El ganado más viejo tiene mayor susceptibilidad que el joven, dada la menor movilidad de los depósitos de magnesio del hueso y la disminución de la eficiencia de absorción (Smith, 1962; Thomas, 1965).

También puede afectar a novillos en crecimiento cuando se encuentran en pasturas inmaduras y suculentas de gramíneas invernales. En estas circunstancias se produce un aumento en la oferta de potasio y nitrógeno, lo que reduce la disponibilidad de magnesio. La tetania se presenta tanto en otoño como en primavera cuando el pasto crece rápido.

La digestibilidad del magnesio disminuye en las pasturas con alto contenido de proteína bruta. Pastos con 15 % de proteína bruta tienen una digestibilidad del magnesio del orden del 20 %, mientras que con 20 % de proteína bruta la digestibilidad del magnesio baja al 10 %.

En nuestro país, los verdeos de invierno son los forrajes que más problema de hipomagnesemia producen. Sus características más sobresalientes son el elevado contenido de proteína bruta con alta proporción de nitrógeno no proteico; bajo contenido de fibra, magnesio y azúcares y elevado contenido de potasio y de humedad. Esta composición nos indica claramente la peligrosidad de estos recursos forrajeros.

Kemp y T'Hart (1957), Metson et al (1966) y Thill y George (1975), citados por Suárez et al (1985) aplican la relación K/Ca+Mg para estimar la peligrosidad tetanigénica de un forraje. En general, se considera que cuando este cociente es mayor de 2,2, la ocurrencia de tetania hipomagnesémica es mayor.

Suárez et al (1985) al sur de Luan Toro (La Pampa), encontraron que los porcentajes de magnesio en las pasturas fueron siempre de riesgo tetanigénico, inferiores en todos los casos a los valores límites propuestos de 0,20 % (Underwood, 1981) y 0,25 % (Metson et al, 1966, citado por Suárez et al, 1985), constatando que tanto las pasturas naturales diferidas como el rebrote otoñal presentaron los menores índices.

Culot y Fernández Tuñon (1967), estudiando las condiciones edáficas relacionadas con la hipomagnesemia de los bovinos en engorde en el sudeste de la provincia de Bs.As., comprobaron que en toda el área dedicada a los verdeos de invierno se presentan condiciones de desequilibrio entre el potasio y el magnesio intercambiables del horizonte superficial del suelo. Esto afecta la asimilación relativa de dichos elementos por las plantas, particularmente por las gramíneas de corta edad durante los inviernos húmedos, produciéndose una dieta deficitaria en magnesio, condición ésta predisponente al posterior desarrollo del cuadro tetánico en los animales. Además, la asimilación por los animales se ve dificultada por el bajo contenido en materia seca en dicha dieta.

En Entre Ríos, la concentración de magnesio en plasma varía entre 1,9 y 3,1 mg/100 ml, con una media de 2,7 mg/100 ml, no habiéndose registrado casos clínicos de hipomagnesemia (Hofer et al, 1985 a).

Stritzler (1985), en el área de la E.E.A Anguil (La Pampa) informa sobre problemas de hipomagnesemia sobre verdeos invernales.

Josifovich (1985) informa que en la zona de la E.E.A Pergamino (Bs.As.), a raíz de consultas sobre "vacas caídas" en los meses de julio y agosto, generalmente recién paridas, se tomaron muestras de sangre, dando valores para calcio, fósforo y magnesio de 8,5 mg %, 4,2 mg % y 0,8 mg % respectivamente, siendo el diagnóstico de hipomagnesemia, encontrándose también casos de hipomagnesemia en novillos Aberdeen Angus de 300 Kg.

Forchetti (1986), en campos del Crea Melo-Serrano (Sudeste de Cba.), en novillos, y en campos del Crea Comechingones (Cba.), en vacas de cría, en ambos casos sin suplementación mineral y en julio y agosto, encontró las siguientes cifras:

Cuadro 2.6.- Magnesemia en dos zonas de la provincia de Córdoba (Forchetti, 1986).

	Media		Menor a 1,8 mg/100 ml plasma	
	Julio	Agosto	Julio	Agosto
Melo Serrano - Novillos	2,6 mg/100 ml plasma	2,44 mg/100 ml plasma	2,5 %	5 %
Comechingones - Vacas de cría	2,06 mg/100 ml plasma	2,01 mg/100 ml plasma	20 %	10 %

Coppo et al (1992) en su revisión de análisis del NEA encontraron que en el este de Chaco y Formosa se verificó que un considerable porcentaje de muestras de forraje y sueros bovinos tenía niveles subnormales de magnesio. La carencia de magnesio en el Chaco (Departamentos Sáenz Peña, Tres Isletas y Plaza) habría sido determinada clínicamente, especialmente en vacas de cría en invierno. Similares reportes se han producido para Santiago del Estero. Sin embargo, entre 1977 y 1992 estos autores no registraron en su Servicio niveles de magnesio deficitarios en suero de bovinos.

Piscitelli y Kloster (1993), en la provincia de Córdoba, estudiaron varios casos de muertes en vacas de cría. Encontraron hipomagnesemia e hipocalcemia, esta última considerada secundaria al cuadro principal. La cadena forrajera de estos animales alerta sobre la necesidad de abandonar la clásica asociación de hipomagnesemia-verdeos de invierno, dado que otros recursos forrajeros también pueden provocar este problema. Aconsejan que es importante considerar en la planificación de las cadenas forrajeras este tipo de deficiencia particular, para adoptar medidas correctas de prevención que deberían incluir la provisión de reservas forrajeras y una suplementación exógena de magnesio.

Ridado et al (1994), trabajando en el partido de Azul, Pcia. de Bs. Aires, donde todos los años en el periparto al finalizar el invierno se producía entre el 1,5 al 2 % de mortandad con diagnóstico clínico de hipomagnesemia, llegaron a la conclusión que la multiplicidad de factores relativos a las condiciones ambientales (suelo-clima) que directamente influyen en el estado y composición de la pastura es lo que lleva

a determinar en el animal sometido al estrés fisiológico de la lactancia la aparición de los trastornos metabólicos que determinan la hipomagnesemia. Suplementando con rollos en invierno y con sales de magnesio, la mortandad atribuible a hipomagnesemia descendió al 0,7 %.

Cseh et al (1993) analizaron la casuística sobre hipomagnesemia de 30 años del INTA Balcarce sobre la zona sudeste de la provincia de Buenos Aires, de la que desglosaron la siguiente información:

- Los meses de presentación más frecuente fueron agosto (27 %), septiembre (24 %), julio (16 %) y junio (13 %).
- El estado reproductivo de las hembras influyó de la siguiente forma: posparición (62 %), preñez (18 %), posparición y preñez (16 %) y vacías (2 %).
- La prevalencia en la categoría de los bovinos afectados fue: vacas (76 %), vaquillonas (15,5 %), novillos (7 %) y terneros (7%).
- Los recursos forrajeros sobre los que se presentó la hipomagnesemia fueron: pasturas permanentes (43 %), verdeos de invierno (25 %), campo natural (18 %) y rastrojos (3 %).
- El rango de morbilidad fue de 1 a 24 %, siendo el valor más frecuente 4 %. El 45 % de los campos tuvieron una morbilidad mayor a 5 %. El rango de mortalidad fue de 1 a 17 %, siendo el valor más frecuente 4 %.
- El 63 % de los casos estuvo acompañado de síntomas clínicos. De ellos, el 54 % se presentó en pasturas permanentes.
- Hubo una mayor presentación de casos en áreas agrícola ganaderas en relación a las exclusivamente ganaderas.
- El 39 % de los casos correspondían a hipomagnesemia asociada con hipocalcemia, el 28 % a hipomagnesemia con hipocalcemia e hipofosfatemia, el 24 % de los casos eran hipomagnesemias puras y el 9 % hipomagnesemia asociada con hipofosfatemia.

Corbellini coincide en que los problemas más graves se presentan entre julio y septiembre, casi siempre coincidiendo con una sucesión de días nublados o temporales, menor disponibilidad de pasto, rebrote luego de heladas, especialmente si se trabaja con bajas cargas, ya que el animal selecciona las partes tiernas de las plantas que tienen menor contenido de magnesio y mayor concentración de las sustancias que dificultan su absorción (potasio, NNP).

Pechin et al (1995), en el Departamento Maracó, pcia. de La Pampa, encontraron indicios de deficiencias subclínicas de magnesio en invierno y primavera.

Minatel et al (1996) trabajando en 18 campos del noroeste de la provincia de Buenos Aires encontraron valores medios en plasma para el magnesio superiores a 1,8 mg %, con una sola excepción ($1,73 \pm 0,07$).

Cseh et al (1998), detectó que el 62 % de los animales testeados del partido de Puán y el 40 % de los animales del partido de Saavedra (Pcia. de Buenos Aires) presentaron hipomagnesemia. En ambos casos la deficiencia fue de origen primario debido al bajo aporte de magnesio en la pastura.

Brizuela y Cseh (1998) estudiaron varios verdeos de invierno (centeno, avena y raigras anual) observando para todos ellos una tendencia a disminuir su potencial tetanigénico en los sucesivos rebrotes, con el avance de la estación de crecimiento e independientemente de la época de siembra. Los resultados obtenidos indican que un particular cuidado debiera tenerse con cualquiera de estos verdeos en su primer período de aprovechamiento, cuando valores muy altos de potasio hacen elevar la relación K/Ca + Mg a valores altamente peligrosos para ser consumidos por los animales.

Mufarrege (2001) indica que las posibilidades de tetania hipomagnesémica en vacas con cría serían producidas por el alto contenido en potasio de los suelos, ya que el contenido en magnesio parecería ser adecuado en la mayoría de los suelos del país. En la región templada, la deficiencia se produciría a fines de invierno ó principios de primavera, en pasturas invernales con alto contenido en potasio y el magnesio algo más bajo, debido a la falta de radiación solar. En la Región NEA no se producirían casos de deficiencia de magnesio, por estar en una zona subtropical donde el contenido de magnesio en pastos es superior al 0.20 % de la MS.

Aún cuando la ingestión de magnesio sea adecuada, algunos animales permanecen con valores bajos de magnesio, lo que se debería a la variabilidad genética en la habilidad para absorberlo (Field y Suttle, 1979).

DIAGNÓSTICO

El diagnóstico presuntivo de la tetania hipomagnesémica en el bovino se establece en base a la historia clínica y se confirma por laboratorio. Los animales muertos no poseen lesiones características demostrables por necropsia, y las muestras de sangre obtenidas postmortem carecen de valor diagnóstico por la liberación de magnesio desde los tejidos durante la autólisis.

El humor vítreo obtenido de animales muertos es una muestra valiosa, ya que es reflejo de la magnesemia antemortem y permanece sin cambios hasta 48 horas postmortem. Si bien esta técnica permite sólo estimaciones groseras de la magnesemia antemortem, es la mejor herramienta diagnóstica de la tetania hipomagnesémica, especialmente cuando se pueden analizar muestras de varios animales (Ramírez et al, 1998), ya que es una muestra fácil de obtener que difícilmente se contamina con sangre (Mattioli et al, 2000).

Para analizar un rodeo con probable deficiencia, se deben seleccionar animales clínicamente sanos y otros con sintomatología inicial. Los animales en decúbito prolongado no deben ser elegidos por las alteraciones que se producen debido a esta situación.

La hipomagnesemia es siempre un problema de rodeo. Si aparece un caso clínico, el análisis sanguíneo de otros animales revelará que un gran porcentaje de los mismos la presenta en algún grado, por lo que se deben tomar las medidas correspondientes.

TOXICIDAD

En la suplementación oral es rara, puesto que el magnesio se excreta eficientemente por riñón y al mismo tiempo se absorbe mal en el intestino, pero en los tratamientos de la hipomagnesemia, la administración rápida de sales de magnesio por vía intravenosa produce parálisis flácida, anestesia, bradicardia y muerte por parálisis respiratoria y cardiaca.

La toxicidad del magnesio en general no es problema en ganado de carne. Se ha estimado que las concentraciones tolerables, sin disminución de la producción, son del 0,4 % (NRC, 1980). Dosis mayores han producido síntomas clínicos y disminución de la producción.

PREVENCIÓN

De acuerdo a Nelson (1973) una recomendación común es suministrar aproximadamente 57 g de óxido de magnesio por vaca por día en pastos que predisponen a la tetania. Este nivel indicado es excesivo con respecto al que generalmente se considera adecuado, pero parece que esta dosis (50-60 g/día) es la profiláctica mínima para vacas lecheras (Underwood, 1968; Blood et al, 1983).

Arano (1985) manifiesta que la tetania hipomagnesémica puede prevenirse con dietas a base de mezclas minerales que contengan magnesio y mediante el acceso a recursos forrajeros y reservas de forraje con alto contenido de fibra. Aconseja una mezcla mineral con 45 % de harina de hueso, 45 % de sal y 10 % de óxido de magnesio. Autores norteamericanos elevan esta última cifra hasta un 25 % (Houser et al, 1978 b). Si bien el óxido de magnesio es poco palatable, es el suplemento de magnesio más económico.

Wittwer et al (1995) encontraron que la suplementación oral con 30 g/día de magnesio como óxido de magnesio o sulfato de magnesio, acelera la recuperación de los valores de magnesio plasmático en vacas lecheras que se encuentran con hipomagnesemia inducida por ayuno, apreciándose una recuperación levemente más rápida con el sulfato de magnesio. En vacas de carne sería suficiente 20 g/día de magnesio debido a que este tipo de animales no está sujeto a producciones de leche elevadas que aumentan los requerimientos. El mismo autor (1997) en rodeos de carne con hipomagnesemia encontró que la suplementación con óxido de magnesio en el alimento o sulfato de magnesio disuelto en el agua de bebida es efectiva para mantener o aumentar las concentraciones de magnesio sérico, magnesio urinario y magnesio

corregido por creatinina, permitiendo reducir la incidencia de casos clínicos o muertes por tetania hipomagnesémica. Empleó 50 g/día/vaca de óxido de magnesio (equivalente a 25 g de magnesio) sobre la ración y sulfato de magnesio al 0,5 % en el agua de bebida (equivalente a 10 g/día/vaca de magnesio).

Busetti et al (1992), trabajando en el área del caldenal, pcia. de La Pampa, en campos con antecedentes de hipomagnesemia, encontraron que el magnesio sérico era normal, contrastando con las concentraciones de magnesio en los pastos que eran bajas, semejantes a cuando se producían casos de hipomagnesemia. Esto se debió a la suplementación que se efectuaba con óxido de magnesio (40 %) y cloruro de sodio (60 %) ad libitum y buena disponibilidad de pasto.

La vaca de cría con altos niveles de producción de leche tiene aumentados los requerimientos de magnesio, por lo que no es conveniente seleccionar hembras para cría con esta característica.

SUPLEMENTAR POR VÍA ORAL CON PRODUCTOS QUE CONTENGAN MAGNESIO

Aunque el forraje contiene usualmente suficientes cantidades de magnesio, durante ciertas estaciones del año la deficiencia de magnesio constituye un problema. Durante esas épocas, cantidades elevadas de magnesio son necesarias para prevenir la tetania de los pastos (Allcroft, 1961) porque pequeñas cantidades de magnesio suministradas rutinariamente en una mezcla mineral carecen de valor (Underwood, 1977). En muchos casos, ese aporte rutinario de magnesio se efectúa por el agua de bebida (Bavera et al, 1979; Bavera, 2001).

El principio de la prevención consiste en asegurar un aporte diario total de 30 g de magnesio/animal adulto durante el período susceptible La suplementación deberá hacerse siempre por vía oral, diariamente y durante la época de mayor riesgo para la vaca: desde el último tercio de gestación y hasta el pico de lactación.

La suplementación con óxido de magnesio (MgO) es mejor que con sulfato de magnesio ($MgSO_4$, $7H_2O$ = sal de Epsom) porque es más palatable, más barato y contiene 6 veces más magnesio/unidad de peso; 50 - 60 g/vaca/día de óxido de magnesio equivalen a 30 g de magnesio.

Generalmente transcurren algunos días antes que los animales lo acepten e ingieran la cantidad necesaria para que tenga efecto. Se debe mezclar o dar conjuntamente con otros alimentos para mejorar la palatabilidad, de alguna de las siguientes maneras:

- En suplementación mineral ad libitum que contenga un mínimo de 15 % de magnesio (30 g de óxido de magnesio), con un mínimo de 25 % de cloruro de sodio.
- Se puede suministrar mezclado con concentrados, esparcido sobre silo o con heno previamente humedecido para favorecer su adherencia.
- Con melaza líquida. Si bien es menos conveniente que suplementos secos porque se aglutina en condiciones de humedad, aumenta la palatabilidad del óxido de magnesio y aporta energía, lo que mejora la absorción del magnesio.
- Se pueden utilizar rollos magnesiados, a los cuales se les coloca magnesio en el interior en el momento de la confección del rollo.
- En zonas con escasas precipitaciones se puede pulverizar el pasto de más de 10 cm de altura con óxido de magnesio disuelto en agua a razón de 25 a 32 kg/ha. Repetir cada 2 a 3 semanas en período de riesgo.
- En zonas con aguas de baja salinidad y no muy lluviosas, se puede disolver en el bebedero 1,5 g de cloruro de magnesio por litro. Esta concentración de sal no afecta la palatabilidad del agua. Corresponde a un aporte diario de 5 g de magnesio. No todos los animales consumirán la dosis adecuada. No es un sistema muy aconsejable.
- Se puede emplear una mezcla de 25 % de óxido de Mg, 25 % de fosfato dicálcico, 25 % de cloruro de sodio y 25% de maíz molido.
- Si los animales no aceptan el suplemento salado se puede emplear una mezcla en partes iguales de melaza y óxido de Mg. Estas proporciones pueden ser modificadas de acuerdo a las características de la zona.

- Hay casos en que la hipomagnesemia no se produce por deficiencia de magnesio en la alimentación sino por existir problemas en la absorción de del magnesio (Contreras y col. 1990; Contreras, 1996), por lo que es necesario utilizar 80-100 g/vaca/día de óxido de magnesio. Dosis mayores tienden a producir diarrea, con lo que se agrava el problema.

Como el magnesio es un macroelemento que no puede ser almacenado para luego ser movilizado desde el hueso, no sirve el empleo de suplementos inyectables de liberación lenta como preventivos para evitar la aparición de hipomagnesemia. Sólo se debe recurrir a un medicamento inyectable cuando se trata de recuperar a un animal caído. Una vez que el animal se levante, ofrecerle magnesio por vía oral, hidratarlo, proveerlo de energía y protegerlo del clima.

Evitar los desbalances nutricionales que alteren el metabolismo del magnesio

Provoca interferencia en la absorción del magnesio el potasio mayor al 2 % MS; el exceso de amonio a nivel ruminal por un exceso de proteína degradable o deficiencia de energía en la alimentación.

Promover el aumento de consumo de magnesio desde la pastura

- Fertilizar con magnesio.
- Suministrar heno de alfalfa, trébol u otras leguminosas, que es buena fuente de magnesio con mejor absorción que en los forrajes verdes.

Evitar factores estresantes

Arreos, transportes, encierres prolongados, palpaciones, vacunaciones, etc.; proveer resguardos del clima. Efectuar los cambios de pastura o alimentación en forma gradual.

SODIO Y CLORO (ClNa)

INTRODUCCIÓN

El sodio es el mayor catión y el cloro el mayor anión del fluido extracelular. Constituyen el cloruro de sodio o sal común. Se estudian en conjunto porque se complementan al ejercer algunas de sus funciones.

Su necesidad en la alimentación animal se conoce desde la antigüedad.

FUNCIONES

El sodio es necesario para el mantenimiento de la presión osmótica, del balance ácido-base, del balance de los fluidos corporales, la transmisión nerviosa y la captación de glucosa por las células.

El cloro es necesario para la activación de la amilasa y la formación del ácido clorhídrico gástrico.

ABSORCIÓN

El sodio es absorbido con facilidad en el íleon y duodeno. El animal adulto absorbe del 85 al 90 % del sodio ingerido.

El cloro también es absorbido en el intestino delgado, mayormente en el duodeno, y una parte menor de ambos por las paredes ruminales.

EXCRECIÓN

Cualquier exceso consumido es rápidamente excretado en la orina. La sal también es perdida en la sudoración.

Muy poca cantidad aparece en las heces, mientras que el riñón retiene sodio a expensas de K+ o de H+; la mayor parte del requerimiento diario del adulto se debe a la pérdida no urinaria de sodio.

Cuando se lo priva al animal de cloruro de sodio, es capaz de conservar las reservas limitadas del cuerpo por una alta disminución de las pérdidas urinarias, lo que es activado por la aldosterona.

El potasio puede promover la excreción de sodio (Hafez y Dyer, 1969).

RESERVAS

La capacidad de almacenaje de cloro y sodio en el organismo es limitada.

En los huesos está como cloruro de sodio cristalino y también podría ser considerado como reserva el sodio del rumen, que actúa cubriendo rápidamente las deficiencias, pero por muy corto tiempo.

REQUERIMIENTOS

Por lo limitado de las reservas, los bovinos necesitan recibir un abastecimiento regular en la dieta de cloro y sodio.

EL RUMEN

Contribuye a mantener la presión osmótica del líquido ruminal y es necesario en el metabolismo de los microorganismos ruminales.

Es necesario para la absorción del magnesio a través de las paredes ruminales (bomba de sodio).

La adición de un 4 % de cloruro de sodio a las raciones de feedlot ha mostrado cierta eficacia preventiva del empaste porque actúa disminuyendo el consumo de MS y acelerando la tasa de pasaje de líquidos del rumen al aumentar la tasa de dilución, pero la performance animal se deprime con dietas con alto contenido de sal.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Usualmente los forrajes son bajos en sodio y altos en potasio. Los granos de los cereales y los derivados de los de oleaginosas tienen inadecuadas cantidades de sodio. Los subproductos animales contienen mayor cantidad de sodio y cloro que los vegetales.

En líneas generales, los bovinos consumen más suplementos minerales con cloruro de sodio cuando se encuentran en pastoreo que cuando se alimentan con forrajes secos. El silaje hace consumir más sal que el heno, y los concentrados disminuyen su consumo. Los forrajes de baja calidad hacen aumentar su consumo con respecto a los forrajes de mayor calidad e igual materia seca.

Mufarrege (2005) cita a Minson (1990) que clasifica a las plantas como acumuladoras y no acumuladoras de sodio. Los forrajes no acumuladores siempre tienen menos de 0,2 g de Na/100 g MS, y entre ellos se encuentran la alfalfa, maíz, sorgo, Paspalum dilatatum, Paspalum notatum, y entre los acumuladores, raigras, festuca, pangola, setaria.

En una gran parte del país, una parte importante, y muchas veces excesiva, de sodio de la dieta está provista por el agua de bebida.

DEFICIENCIA

Sus deficiencias acarrean pérdida de peso, pica, debilidad general, calambres musculares, disminución de la producción de leche, pelaje áspero y quebradizo y muerte. Los síntomas se muestran generalmente después de varios meses de deficiencia.

La deficiencia se manifiesta más en vacas en lactación por el drenaje que se produce con la leche, que contiene unos 0.6 g Na/litro, y en vacunos en crecimiento acelerado, pues no tienen reservas en razón de que el sodio se retiene en los tejidos en formación. Cuando a los animales con deficiencia se les suministra cloruro de sodio, la recuperación es rápida.

Después de una deficiencia severa prolongada, los niveles sanguíneos de cloro y sodio y las cantidades secretadas en la leche no disminuyen, por lo que los animales en lactancia sufren más la falta de sal en la dieta.

Si la deficiencia de sal se prolonga, el animal pierde apetito y estado corporal, pelaje áspero, ojos sin brillo, disminuyendo la producción de carne y leche. La fertilidad se deprime como resultado del mal estado general.

Hay numerosas zonas del país en que los animales presentan una gran avidez por la sal ("hambre de sal") provocada por la escasez de cloruro de sodio en los pastos y en el agua de bebida. El agua de bebida puede ser un proveedor importante de cloruro de sodio en la alimentación bovina, pero en muchas zonas la misma debe ser clasificada como deficiente (Bavera et al, 1979 y Bavera, 2001).

Niveles bajos (1-2 %) de cloruro de sodio en la dieta aumentan la retención de calcio, mientras que la de fósforo es superior con niveles intermedios de cloruro de sodio. En lactación y crecimiento rápido se incrementan las necesidades de sodio.

Kemp y Geurink (1966), trabajando con vacas Holando de alta producción, encontraron que sobrevinieron deficiencias con una dieta de heno y concentrados con 0,05 % de cloruro de sodio. La excreción de sodio en la orina fue de 10 a 26 g/día antes de agotarse las reservas, bajando luego a 0,19-0,50 g/día. El sodio en la saliva y en el líquido ruminal disminuyó, y los niveles de potasio aumentaron. Después de dos meses, las reservas de sodio en el rumen habían disminuido desde 200 a 100 g y los signos clínicos comenzaron a notarse, incluyendo una reducción en el consumo de alimento y en la producción de leche, como también hambre de sal. La deficiencia apareció cuando el contenido de la saliva fue de 3 g de sodio y menos de 0,5 g de potasio por litro, mientras que la deficiencia severa se mostró cuando el contenido de sodio fue menor de 1,5 g y el contenido de potasio fue de 2,5 g/litro de saliva.

Murphy y Plasto (1973) reportaron que en Australia, con ganado que pastoreaba forraje deficiente en sal, al suplementar con cloruro de sodio ad libitum, se aumentaron las ganancias de peso de las vacas de 0,14 a 0,35 g/día, y los terneros amamantando, de 0,62 g/día para el grupo deficiente, a 0,77 g/día para el grupo suplementado con sal.

Mufarrege et al (1985) procesaron 170 muestras de saliva de la E.E.A Reconquista (Sta. Fe) y de la E.E.A Las Breñas (Chaco), detectando falta de sodio en la dieta de los vacunos.

Balbuena et al (1993), en la región subhúmeda en el extremo oeste del Domo Agrícola de la provincia del Chaco, concluyeron que bovinos de recría tienen deficiencia de sodio evidente que puede responder a la suplementación con incrementos productivos.

Se han detectado deficiencias de sodio en vacunos que ingerían tierra en la zona de El Colorado, Formosa (albardón del río Bermejo) y Las Breñas, Chaco (Balbuena, 2003).

Balbuena y Mufarrege (1984), en Formosa, suplementaron con sal novillos con geofagia, llegando a la conclusión que la suplementación con sal mejoraba la sanidad y aumentaba la producción del ganado vacuno de la región.

Coppo et al (1992) en una revisión de los análisis efectuados entre 1977 y 1992 en el noreste argentino, encontraron que se han reportado carencias de sodio en las provincias de Corrientes, Formosa, Chaco y presuntivamente Misiones. Varias de estas comunicaciones se basan en el aumento de la ganancia de peso al suplementar con este electrolito, en la gran apetencia por sal que revela el ganando del NEA y la presentación de pica (geofagia) en animales no suplementados.

Es de notar que aunque muchos forrajes son muy bajos en contenido de cloro, una deficiencia de este elemento no ha sido reportada en rumiantes. Solo se ha podido probar en ratas experimentalmente. Esto significa que los requerimientos de cloro son más bajos que los de sodio, y que el cuerpo es capaz de

conservar y recircular el cloro con mucha mayor eficiencia que el sodio. Por lo tanto, el sodio y no el cloro es el elemento principal limitante suministrado por la sal.

Los valores normales de cloro están entre 97 a 111 mmol/litro de suero sanguíneo, y los de sodio entre 132 y 152 mmol/litro de suero sanguíneo.

DIAGNÓSTICO

La deficiencia se puede comprobar por una disminución en la concentración de sodio en la saliva y orina, y un aumento de los niveles de potasio. La relación sodio:potasio en saliva es normalmente de 20:1. Una respuesta a la suplementación con sodio puede ocurrir cuando dicha relación es de menos de 10:1 (Morris, 1980).

Murphy y Connell (1970) reportaron un método simple de coleccionar saliva para análisis, el cual se ha probado que es muy útil para la determinación de los requerimientos de sodio de los animales y para distinguir entre una simple deficiencia de sal y otras limitantes de la producción.

TOXICIDAD

Los consumos excesivos de sal son tóxicos. Cuando a los animales hambrientos por sal se les da libre acceso a la misma, pueden comer una cantidad tan elevada que corren riesgo de muerte, especialmente si el agua es limitada, ya que cuando los animales consumen más sal, los requerimientos de agua aumentan. El autor ha comprobado que animales a los que no se les suministraba suplemento salino en zonas de aguas deficientes en sales, y por consiguiente con hambre de sal, al dárseles sal ad libitum consumieron más de 1,5 kg/día, produciéndoseles grandes diarreas y en algunos casos la muerte. Los que no murieron se repusieron en pocos días.

Leibholz et al (1980) informaron que con el 6,5 % de sal en el alimento disminuye el crecimiento de los terneros. La máxima concentración tolerable para la sal dietética en el ganado fue estimada por el NRC (1980) en el 9 %.

En los vacunos que abrevan en aguas con altas concentraciones de cloruros se puede encontrar una intoxicación crónica.

La gastroenteritis causada por la ingestión excesiva de aguas salobres tiene pocos caracteres diagnósticos a la necropsia y se debe deducir el problema por el análisis del agua de bebida.

PREVENCIÓN

Las necesidades de cloro y sodio quedan ampliamente atendidas cuando en la materia seca de la ración se incluye 0,25 % de sal para cría e inverne y 0,45 % para vacas lecheras en producción.

La provisión de suplementación mineral con sal en bateas ad líbitum es el mejor forma de prevenir la deficiencia de sodio y cloro.

Los animales no comerán cantidades dañinas de sal si el suministro es constante, aunque a menudo comen más que sus requerimientos.

AZUFRE (S)

INTRODUCCIÓN

El azufre es componente de varias importantes proteínas, por ello llamadas azufradas, tales como la metionina, cistina, cisteína, y también las vitaminas del grupo B tiamina y biotina y diversas hormonas.

Las proteínas azufradas de los alimentos tienen un 16 % de nitrógeno y 2 % de azufre. El músculo posee una relación bastante constante N:S de 15,3:1.

FUNCIONES

Es necesario para el crecimiento y metabolismo los microorganismos del rumen, en el metabolismo de los lípidos, de los carbohidratos y en la coagulación sanguínea. Por lo tanto, las necesidades de azufre están directamente relacionadas con la nutrición proteica.

ABSORCIÓN

Como metionina y cistina, aminoácidos azufrados formados en el rumen.

EXCRECIÓN

Los productos finales del metabolismo del azufre son la taurina y el ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico es neutralizado y excretado como sulfatos inorgánicos por la orina o conjugado con el fenol, ácido glucurónico o el indoxilo. La taurina se conjuga con el ácido cólico y se excreta por bilis (Dukes y Swenson, 1981).

También por heces en presencia de calcio.

EL RUMEN

Es un elemento activante de la digestión de la celulosa, favoreciendo una mayor retención de la misma, ya que es necesario para formar aminoácidos azufrados en el rumen. La población microbiana ruminal puede convertir el azufre inorgánico, tanto el azufre elemental como el proveniente de los sulfatos, en compuestos de azufre orgánicos para ser utilizados por el animal.

Maidana (1982) indica que las bacterias reducen los sulfatos y sulfitos a sulfuros, que pueden ser absorbidos tanto por las bacterias como por la pared ruminal.

El azufre es necesario para los microorganismos del rumen para su crecimiento y metabolismo. Su deficiencia trae como consecuencia una reducción de los microorganismos ruminales y por consiguiente una síntesis de proteína microbiana reducida, predominando una población que no puede utilizar lactatos. Esto causa un incremento de lactatos en el rumen, sangre y orina similar a la acidosis por láctico.

Cuando se emplea urea o biuret en la alimentación, se debe agregar azufre para permitir la síntesis de estos aminoácidos azufrados, lo mismo que cuando se emplean solamente proteínas pasantes que no suministran azufre al rumen.

La eficiencia de conversión de los alimentos aumenta al suministrar azufre por su contribución a reducir la producción de ácido láctico.

La adición de azufre bloquearía algunas sustancias tóxicas de los tréboles que afectan la motilidad ruminal y que pueden contribuir a producir empaste.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

En algunos campos, el aporte de azufre por medio de los sulfatos del agua de bebida es considerable.

Para animales de cría acostumbrados, el máximo tolerable de sulfatos en el agua de bebida es de 4 g/l. Este nivel no constituye el límite normal para toda la hacienda, ya que si a un animal no acostumbrado a estos niveles se le da este agua, se genera un proceso gastrointestinal con grandes diarreas. Dosis mayores de 4 g/l de sulfatos se consideran peligrosas para el ganado vacuno. Dosis de 2,5 g/l de sulfatos no provocan efectos perjudiciales en novillos en engorde si las condiciones de temperatura no son rigurosas.

La alteración de los tenores de calcio y fósforo en el suero se atenúa por la presencia de calcio en las aguas, ya que cuando el agua es absorbida a través de la mucosa del aparato digestivo, la concentración de sales poco solubles en el intestino aumenta, y al ser superada la solubilidad del calcio, el mismo precipita, sustrayendo de la solución parte del ión sulfato, con lo que disminuyen los efectos osmóticos responsables de la acción laxante. El sulfato forma con el calcio el sulfato de calcio que es insoluble y por lo tanto, no fija agua, no produciendo diarrea y siendo eliminado por las heces.

Por lo tanto, si existe calcio en concentración alta en el agua y/o se administra como suplemento mineral, se produce una mayor tolerancia al sulfato, pudiendo llegar a 7 g/l. La proporción debe estar en 1,5 partes de sulfato por cada parte de calcio ingerido. Por ello, se considera de gran utilidad en un agua que la relación Ca^{++}/Mg^{++} sea de 2 o más (Bavera et al, 1979 y Bavera, 2001).

El gluten feed provoca exceso de azufre, ya que en el proceso industrial el grano de maíz es remojado en dióxido de azufre, gran parte del cual queda en el gluten.

DEFICIENCIA

Los síntomas de deficiencia de azufre son apetito reducido por disminución de la digestibilidad, pérdida de peso, debilidad, salivación excesiva, lagrimeo, emaciación y muerte, los que son similares a los producidos por carencia de proteínas. Hay baja producción láctea y fertilidad disminuida resultante de un pobre estado general.

Pastoreando sorgos se puede producir una deficiencia condicionada de azufre, ya que todos los sorgos contienen por lo menos trazas de ácido cianhídrico (HCN), lo que produce en el animal una intoxicación subclínica que actúa disminuyendo la óptima oxigenación de los tejidos, lo que motiva a su vez una disminución de la producción. Para eliminar el ácido cianhídrico se forman tiocianatos (con azufre) en rumen e hígado que se excretan por riñón. El contenido de azufre en el sorgo es marginal a deficiente, produciéndose una disminución del consumo de MS y una disminución de la producción. Todo esto produce que los requerimientos de azufre en los animales que pastorean sorgo forrajero u otras pasturas cianogenéticas pueden incrementarse por la demanda adicional del elemento para desactivar el ácido cianhídrico liberado, formando tiocianatos en rumen e hígado, que son eliminados posteriormente por riñón.

En Entre Ríos, por la información experimental disponible, se considera posible la existencia de una deficiencia condicionada de azufre en el animal cuando pastorea sorgo forrajero, al ser utilizado parte del azufre en el proceso de detoxificación del ácido cianhídrico liberado del glucósido cianogenético (Hofer et al, 1985 a; Pozzolo et al, 1985).

Figura 2.5.- Distribución geográfica del contenido de sulfato en pasturas según análisis efectuados hasta 1985 (Ruksan, 1985). **x**: más de 0,50 %; •: menos de 0,50 %

La carencia de azufre en Argentina no es de una difusión homogénea sino focalizada, y generalmente se deben a una mala alimentación proteica.

DIAGNÓSTICO

Como diagnóstico de una deficiencia se puede controlar el aumento de ácido láctico en sangre (NRC, 1996), lo que se produce al aumentar el mismo en rumen.

TOXICIDAD

Los síntomas de la intoxicación por azufre son agitación, diarrea, contracción muscular, disnea, inactividad y muerte.

PREVENCIÓN

Las dosis en las raciones para ganado lechero estarían en el 0,20 % de azufre sobre materia seca y en ganado de carne en el 0,15 %.

La proporción de nitrógeno y azufre cuando se suministra urea debe ser de 10:1.

En ganado de carne, en raciones con bajo contenido en azufre, se debe agregar 3 g de azufre en polvo cada 100 g de urea, o 1 g de azufre cada 15 g de nitrógeno no proteico (NRC, 1976).

El máximo tolerable de azufre dietético se ha estimado en 0,40 % (NRC, 1980).

Hofer et al (1979) encontraron que con dosificación bucal dos veces por semana de 15 g de azufre en polvo mojable o de 15 % de azufre en polvo con cloruro de sodio al libitum, consumiendo en éste último caso 69 g/día de la mezcla mineral, hubo mejoras en la ganancia de peso respecto de testigos, tanto en sorgo forrajero como en pradera natural.

Hofer et al (1985 a) aconsejan para una posible deficiencia condicionada de azufre, una mezcla de 80 % de cloruro de sodio y 20 % de azufre, calculándose la dosificación sobre la base que los requerimientos de azufre de un bovino de carne son aproximadamente 10 g/día. El consumo medio de la mezcla fue de 71,5 g/día.

El INTA (1971) encontró que con el agregado de sulfato de sodio a la ración, se lograron mayores aumentos de peso diario en sorgo forrajero y centeno, pero esto no se puede generalizar, ya que hay que tener en cuenta el contenido de azufre de la ración y del agua de bebida.

POTASIO (K)

INTRODUCCIÓN

El potasio es el tercer mineral más abundante del cuerpo del animal y el principal catión del fluido intracelular. Los glóbulos rojos contienen 25 veces mas potasio que el presente en el plasma. Músculo y células nerviosas contienen 25 veces más potasio que el presente en el fluido extracelular.

FUNCIONES

El potasio es necesario para el balance ácido base en las células, la regulación de la presión osmótica, el equilibrio hídrico, la integridad celular, la transmisión del impulso nervioso, la contracción muscular y algunas reacciones enzimáticas.

ABSORCIÓN

La absorción del potasio es elevada, efectuándose en el rumen, omaso e intestino.

EXCRECIÓN

Se excreta principalmente por orina.

RESERVAS

Las reservas de potasio del cuerpo son bajas, por lo que una deficiencia puede ocurrir rápidamente ante una disminución de la ingesta del mismo. Es un elemento esencial que debe ser suministrado en la ración diaria porque es altamente móvil. No hay apreciables reservas en otros lugares además de las encontradas en las células musculares y nerviosas, donde el potasio es vital para su normal funcionamiento.

REQUERIMIENTOS

Mufarrege (2005) indica que los niveles recomendados en feedlot son: al comienzo (dietas de recepción) 1-1,2 % de potasio en base seca y en terminación 0,5-0,6 % . En vacas preñadas 0,5-0,7 % en la MS de la ración.

EL RUMEN

Una relación Na:K de casi el doble de la encontrada en pasturas no timpanizantes fue medida en forrajeras con alta incidencia de timpanismo. Ello se debe a la influencia del potasio, ya que en suelos con alto nivel del mismo se presentan casos importantes de empaste.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Siendo el catión principal en el líquido intracelular, las fuentes más importantes de potasio dietético son los materiales celulares que se consumen como alimentos, por lo que es excepcionalmente raro encontrar una deficiencia alimenticia de potasio.

Los requerimientos son ampliamente cubiertos en raciones con alto contenido de forrajes, los cuales usualmente contienen entre 1 y 4 % de potasio, pero en pasturas primaverales e invernales muy tiernas, el exceso de potasio es un factor asociado a la tetania de la hierba.

El nivel de potasio en los forrajes es extremadamente variable, y se influencia por especies y variedades, la madurez de las plantas, el tipo de terreno y la fertilización.

Un silaje de maíz contiene menos potasio que las pasturas. Los niveles de potasio en las plantas disminuyen con el incremento de la madurez. El potasio es soluble en agua, y puede ser lavado con la lluvia. Los suelos arcillosos acumulan más potasio y lo pasan a las plantas.

Una fuerte fertilización con fertilizantes inorgánicos o con excremento es una de las causas principales de los altos niveles de potasio en los forrajes.

Los granos contienen 0,5 a 0,8 % de potasio y frecuentemente menos de 0,5 %, por lo que el nivel puede llegar a ser crítico en raciones concentradas o compuestas totalmente de granos (feedlot). Algunos silajes también pueden poseer niveles críticos.

En general, para animales a pastoreo no sería necesario suplementar con potasio, pero los forrajes, tradicionalmente reconocidos como buena fuente de este elemento, pueden variar significativamente su contenido con la estación del año.

El potasio se encuentra presente en todas las aguas naturales, aunque en concentraciones muy bajas, por lo que su incidencia sobre la ingesta es mínima. En las aguas dulces hasta 10 mg/l. Raramente se encuentran aguas con más de 100 mg/l (Bavera, 2001).

DEFICIENCIA

Su deficiencia se puede manifestar por pica, crecimiento retardado, pérdida de peso, debilidad muscular, irritabilidad, incoordinación, parálisis, tetania, reducción del consumo alimenticio (anorexia), acidez intracelular, degeneración de órganos vitales y desórdenes nerviosos.

Ha sido demostrado que el potasio afecta el apetito de los rumiantes. Varios experimentos han comprobado que el consumo diario de alimento en novillos fue reducido debido a deficiencias de potasio (Drieger, 1966).

En las pruebas efectuadas por Devlin et al (1969) y Roberts et al (1965), las máximas ganancias de peso y eficiencia alimenticia ocurrieron con niveles de 0,72 % de potasio como carbonato de potasio y de 0,93 % como cloruro de potasio en la materia seca de la ración.

Según el NRC (1984 y 1996), los requerimientos de potasio para el ganado de carne se consideran entre 0,5 y 0,7 % y para ganado lechero 0,8 % de la materia seca de la ración. Por la secreción relativamente alta de potasio por leche (1,5 g/kg de leche), estos requisitos pueden ser ligeramente más altos en vacas de carne durante la lactancia. La leche de vaca contiene 1.43 g K/litro, siendo las necesidades de potasio de una vaca de cría lactando, mayores que las de otras categorías; pero estas se compensan cuando los terneros nacen al comienzo de la primavera, cuando los pastizales comienzan a rebrotar y la disponibilidad de minerales es mayor.

Los requerimientos de potasio de los rumiantes varían dependiendo de la clase de animal. El ganado de engorde en feedlot, el ganado a campo y las vacas para cría requieren alrededor de 0,6 % de potasio en su dieta. El ganado que experimenta un estrés significativo, sea éste de producción, de salud o ambiental (altas temperaturas), pierde cantidades importantes de potasio de sus cuerpos, y la dieta debe ser formulada para compensar esta pérdida. Las vacas lecheras amamantando requieren 1,2 % de potasio sobre una base de alimento seco. Las vacas lecheras estresadas por celo requieren 1,5 % de potasio. Las dietas para las crías que llegan al lote, deberían ser formuladas con 1,3 % de potasio.

El potasio ha recibido una gran atención dietética en los bovinos recién llegados al feedlot. Los animales estresados pueden tener aumentada su producción de aldosterona y/o hallarse acidóticos, lo cual puede aumentar la excreción de potasio y resultar en deficiencia del mismo. Además los músculos traumatizados pierden potasio volcándolo a la sangre, lo que puede mantener los niveles de calemia dentro del rango normal, aún cuando se está excretando una gran cantidad de potasio. Por esto se aconseja que, luego del transporte, los terneros reciban 24 g de potasio/kg de MS durante las dos primeras semanas. Si arriban en un estado de depleción de potasio y el nivel del catión no se repone, los mismos podrán permanecer en un estado de balance negativo si se los cambia demasiado rápido de una ración rica en potasio a una rica en concentrados y baja en potasio. Además, debido a la acidosis producida por dietas ricas en concentrados, esta deficiencia podrá mantenerse a través de todo el engorde. La acidosis aumenta el potasio plasmático mediante la liberación del mismo a partir de los tejidos; luego el catión es excretado en orina debido al aumento de secreción de aldosterona. Por lo tanto, el potasio de la dieta se deberá determinar antes de iniciar la suplementación (Nockels, 1992).

Mufarrege (2004) indica que con forrajeras de buena calidad, como raigras, festuca, pasto ovillo ó verdeos, como avena y trigo, la ingestión de excesos moderados de potasio pueden crear desbalances, que predisponen a los vacunos y lanares a desordenes en la utilización del magnesio y del calcio.

Con respecto a los electrolitos en la dieta, West (1992) indica que en climas calurosos las vacas necesitan más potasio que lo recomendado por el NRC, y que debe agregárselo a la dieta de vacas con estrés por calor en un rango del 1,3 al 1,6 % de la materia seca. Las investigaciones hechas hasta el momento indican que se requiere un balance electrolítico para mantener una óptima performance, el que es calculado como sodio (Na + K - Cloruro (Cl) en miliequivalente por kg (meq/kg) de alimento.

Los resultados con ganado bovino han sido muy variables, pero algunos trabajos mostraron que un balance electrolítico de 200 aumenta la producción de leche en climas fríos. También se encontró que al aumentar el balance electrolítico hasta 324 meq/kg de materia seca de la dieta se incrementa el consumo de

alimento y el rendimiento en leche en forma lineal. Este aumento en rendimiento de leche ocurrió cuando los estudios fueron hechos tanto en climas fríos como calurosos, por lo que el efecto fue independiente del ambiente.

Un estudio para determinar que catión, Na o K, es el más importante en alterar el balance electrolítico mostró que un incremento de dicho balance (100, 217, 334, 451 meq/kg) resulta en un aumento lineal en el consumo de alimento e indica que cualquier catión es efectivo para aumentar el balance electrolítico de la dieta.

DIAGNÓSTICO

La evaluación de una deficiencia de potasio es dificultosa, lo que determina que la concentración de potasio en la dieta sea el mejor indicador de su nivel (NRC, 1984).

La reducción del consumo de alimento es un indicador de una deficiencia marginal de potasio, pero como esta reducción es de una magnitud relativamente pequeña, es difícil establecerla a campo. En algunos casos, la adición de potasio en la suplementación mineral ha demostrado efectos beneficiosos.

Welt et al (1960) citan como nivel normal de potasio en suero la cantidad de 4,7 mEq/litro, pero el contenido de potasio del suero o plasma no es un indicador fiable de su estado en el organismo.

TOXICIDAD

Altos niveles de potasio en la dieta interfieren con la absorción del magnesio (Newton et al, 1972; Fontenot et al, 1973; Blood y Radostits, 1992)). La aplicación de grandes cantidades de potasio en los pastos como fertilizante puede contribuir al desarrollo de hipomagnesemia. Incrementando los niveles de magnesio, se puede prevenir la toxicidad del potasio.

La concentración máxima tolerable ha sido fijada en 3 % (NRC, 1980).

PREVENCIÓN

Será necesario tomar precauciones únicamente en feedlot, especialmente al ingreso de los animales.

"...el uso de la sal influye en la salud de los animales, mejora la calidad de la carne, precave y disminuye los efectos de las epizootias, y ayuda favorablemente todas las principales funciones del organismo".

Hernández, José. 1882. "Instrucción del Estanciero". Edit. Casavalle, Bs.As., :176-177.

CAPÍTULO III

OLIGOELEMENTOS

Las necesidades de suplementación con oligoelementos se han visto acrecentadas en la actualidad por las siguientes razones:

- Las investigaciones sobre ellos han permitido un mayor conocimiento sobre su acción.
- Las desmejoras en la performance de los rodeos provocadas por estas deficiencias son mejor detectadas. Estas deficiencias también existieron en el pasado, pero no eran reconocidas.
- El incremento productivo de los bovinos ha aumentado los requerimientos minerales. Hoy en día económicamente es necesario que el ganado desarrolle todo su potencial genético.
- Si bien se emplean fertilizantes en la producción agrícola, la cantidad de minerales en los suelos ha decaído con el transcurso del tiempo. Cada cosecha y cada animal que sale del campo se lleva una importante cantidad de minerales.
- Se ha evidenciado que muchos problemas sanitarios tienen su origen causal o como factor contribuyente en deficiencias minerales, especialmente de oligoelementos (diarreas en terneros, fallas vacunales, neumonía, mortalidad embrionaria, abortos, terneros débiles, fallas reproductivas, reducida ganancia de peso diaria, pietín, fracturas, etc.).
- En rumiantes en pastoreo las deficiencias de oligoelementos mas frecuentes son las de cobre, cinc, selenio, cobalto y yodo.

COBRE (Cu)

INTRODUCCIÓN

La hipocuprosis, después del fósforo, es la carencia mineral más frecuente en la Argentina y en el mundo.

FUNCIONES

El cobre es necesario para la formación de hemoglobina, absorción de hierro en el intestino delgado y movilización del mismo de las reservas de los tejidos, formando parte de varias enzimas, entre las que se destacan:

- Ceruloplasmina: Es una globulina que se sintetiza en el hígado y que participa en el metabolismo del hierro.
- Metalotioneína: Se encuentra en el hígado, riñón y otros órganos parenquimatosos y actúa como reservorio intracelular de elementos esenciales como el cobre y el cinc.

- Citocromooxidasa: Se localiza en la membrana interna de las mitocondrias, actúa transfiriendo electrones al oxígeno participando de este modo en la respiración celular.
- Polifeniloxidasa: Cataliza la oxidación de la tirosina, reacción básica para la síntesis de melanina.
- Superóxidodismutasa: Previene la acumulación de radicales superóxido que causan daño celular.
- Aminooxidasas: En este grupo se incluyen la lisiloxidasa y las monoamino y diamino oxidasas, necesarias para la síntesis de elastina y colágeno, constituyentes base de las túnicas vasculares.
- Glisiloxidasa, tirosinasa, glutatioperoxidasa, etc.

La presencia del Cu en estas enzimas justifica las principales manifestaciones clínicas relacionadas con su deficiencia.

ABSORCIÓN

Es absorbido en la primera porción del intestino delgado, especialmente duodeno y primera parte del yeyuno, y en mucha menor proporción en el intestino grueso y preestómagos. Los animales jóvenes aprovechan un 15 a 30 % del cobre de la dieta y los adultos un 5 a 10 %.

La absorción varía en función de la raza, de la forma química del cobre y de la presencia de factores de interferencia.

EXCRECIÓN

Su excreción se realiza principalmente por bilis y en menor proporción por orina.

También se elimina por leche, ya que es un constituyente normal de la misma, con un rango de 0,02 a 0,05 ppm, variando su concentración con la alimentación, estadío de la lactancia y por factores individuales del animal.

RESERVAS

El principal órgano de depósito es el hígado, donde la concentración del cobre es de más de 20 ppm en MS, pudiendo llegar hasta 200 ppm. También se lo encuentra en otros órganos y tejidos.

Cuadro 3.1.- Rangos del contenido de cobre en distintos órganos y tejidos.
(Gorosito, 1988).

Tejido	Contenido en µg/100 g de tejido tal cual
Hígado	800 - 10.000
Sangre	80 - 120
Bazo	120 - 1200
Riñón	200 - 400
Corazón	300 - 400
Músculo	200 - 300
Cerebro	50 - 530
Hueso	370 - 4.000

Al nacer el ternero posee una concentración hepática hasta 300 ppm mayor a la de su madre, pues durante la gestación la vaca transfiere al hígado fetal una gran cantidad de cobre. Esta transferencia es una adaptación fisiológica para compensar la baja concentración de cobre en leche y puede disminuir en estados de deficiencia, pero no se incrementa más allá del rango normal al aumentar el aporte de Cu en la dieta (Underwood, 1981). Las vacas después del parto presentan depósitos de cobre en el hígado inferiores que los almacenados durante las ultimas etapas del periodo de lactación ya que el hígado fetal acumula el cobre mas ávidamente que el de la madre.

Las bajas concentraciones hepáticas de cobre indican que el bovino está agotando las reservas.

REQUERIMIENTOS

Las concentraciones de cobre consideradas necesarias en la dieta se encuentran entre 4 y más de 15 ppm de la MS, dependiendo de la concentración del molibdeno, azufre e hierro dietéticos. Dietas con menos de 3 a 5 ppm pueden dar niveles subnormales de cobre en plasma e hígado. Se recomienda 10 mg de cobre/kg MS de la dieta, lo que es adecuado si la dieta no excede 0,25 % de azufre y los 2 mg de molibdeno/kg MS. En feedlot puede emplearse menos de 10 mg de cobre/kg MS porque el cobre está más disponible en dietas concentradas que en el forraje.

En bovinos adultos, la ración debe contener 10 ppm en relación a la MS si la tasa de molibdeno es inferior a 3 ppm, y 20 ppm si la tasa de molibdeno se encuentra entre 10 y 30 ppm. En general, se considera una relación segura cobre:molibdeno de 2:1.

EL RUMEN

La microflora y microfauna del mar ruminoreticular tienen requerimientos específicos de cobre, por lo que es necesario el ingreso, por lo menos de parte del cobre, por vía oral.

Se ha encontrado una correlación altamente positiva entre úlceras abomasales y deficiencia de cobre (Streitenberger et al, 1996) .

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

El contenido de cobre de los forrajes varía considerablemente, pero por lo general proporcionan más de la cantidad necesaria, pero al madurar las plantas y al aumentar los contenidos de fitasas y de lignina la disponibilidad del cobre disminuye rápidamente.

Los cereales contienen un poco menos que la mayoría de los forrajes, disminuyendo su concentración en pasturas muy tiernas (primavera y otoño).

Ruksan (1985) manifiesta que en las plantas existen grandes diferencias genéticas en las velocidades de absorción del cobre por las raíces, que dependen del metabolismo propio de la planta y son afectadas por otros iones, pero el conocimiento del mecanismo hasta el momento es incompleto. La capacidad de las plantas para extraer molibdeno del suelo también depende de la especie y aumenta con las lluvias, radiación solar y humedad relativa, que afectan la velocidad de transpiración.

Viet y Lindsay (1973), citados por Ruksan (1985), encontraron que en suelos alcalinos, el trébol extraía más molibdeno que la alfalfa, y ésta más que el "blue grass" (Panizo azul), y sugirieron que las leguminosas no se deberían implantar en suelos donde la molibdeniosis es un problema. Angelino (1986) comprobó en la provincia de Córdoba que al pasar un rodeo de cría con hipocuprosis diagnosticada de pasturas naturales y pasto llorón a una mejor alimentación en base a pastoreo rotativo sobre alfalfa y tréboles, los problemas de hipocuprosis aumentaban, según la observación clínica, análisis sanguíneos y productividad.

Ruksan (1985), encontró diferencias significativas en el contenido de cobre entre un potrero de gramíneas con problemas de hipocuprosis en los animales y otro sin problemas. En cambio, en dos potreros de leguminosas (con y sin problemas de cobre en los animales) no hubo diferencias en el contenido de cobre, pero si en el de molibdeno y sulfato.

La misma autora indica que los resultados de los análisis de pastos de las distintas áreas del país demuestran que la concentración de cobre promedio está entre 5 y 10 ppm, con algunos valores individuales de hasta 2,9 ppm. A la vez, halló concentraciones de molibdeno superiores a 2 ppm, con valores excepcionales de hasta 40 ppm y de sulfato inorgánico superior a 0,50 %, agravado en muchos casos por el alto contenido de sulfato en las aguas de bebida, que reflejaban el alto contenido de sulfato en los suelos.

DEFICIENCIA

Hay dos tipos de deficiencia de cobre. La simple ocurre cuando el contenido de cobre de la dieta es inadecuado, en general menos de 5 ppm de la MS. La deficiencia se denomina condicionada o secundaria cuando siendo normal o aún más alto el contenido de cobre del forraje, existen altas concentraciones de otros componentes que interfieren en la absorción y utilización del cobre de la dieta (Corbellini y Carrillo, 1985), tales como las altas concentraciones de molibdeno (Mo), azufre (S), hierro (Fe), calcio (Ca), cadmio (Cd), zinc (Zn), fitatos y ácido ascórbico.

En nuestro país se estima que el 90 a 95 % de los casos clínicos de hipocuprosis bovina corresponden a una carencia condicionada o secundaria debido al exceso de molibdeno y/o sulfatos en las pasturas y/o en el agua (García Calderón et al, 1994).

Las pasturas que tienen más de 3 mg de molibdeno/kg MS y concentraciones de cobre hasta 14 mg/kg de MS producen deficiencias de cobre. Concentraciones altas de cinc o hierro también aumentan las necesidades de cobre.

Smart y col. (cit. por Rosa y Mattioli, 2002) provocaron la deficiencia con una concentración de azufre en el agua de 500 mg/l, a pesar de que la dieta poseía cantidades adecuadas de Cu (10 ppm) y buena relación Cu:Mo (4:1).

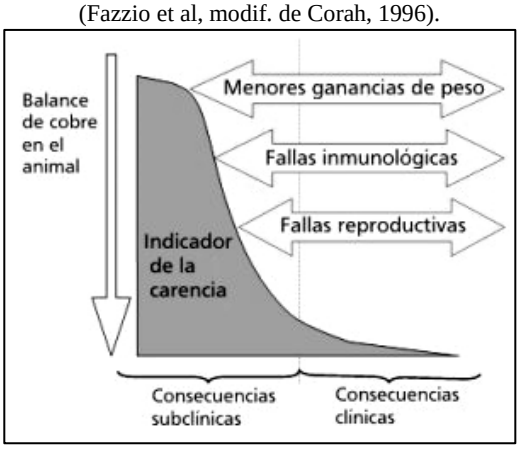
Los síntomas de deficiencia y sus posteriores consecuencias se producen a lo largo del año, pero con mayor intensidad en primavera. Los síntomas generales son pérdida de apetito (uno de los primeros síntomas) y de estado, menor ganancia diaria de peso (debida a un menor consumo de alimento y a una menor conversión alimenticia), pica, anemia, diarrea (por menos actividad de la citocromooxidasa, que lleva a una atrofia de las vellosidades y mucosa intestinales), cuartillas rígidas, fracturas espontáneas en animales jóvenes, despigmentación del pelo por menor actividad de la enzima tirosinasa y falta de melanina (acromotriquia, arratonamiento), comenzando alrededor de los ojos (anteojeras), pelaje áspero, estro débil, demorado o suprimido y muerte súbita. Algunos animales llegan a presentar graves signos clínicos antes de que la acromotriquia se haga evidente.

Figura 3-2.- Rodeo de cría Hereford con aparición periódica de deficiencia clínica secundaria de cobre. Agua de bebida con 3 g/l de sulfato y molibdeno en las pasturas. Observar el clásico color abayado del pelaje de algunas vacas. Concarán, prov. de San Luis.

Una expresión común de la deficiencia de Cu es la anemia, puesto que este mineral es indispensable para la síntesis de hemoglobina, participando en la maduración de los eritrocitos en la médula ósea. Sin embargo, Soler et al (2004) no pudieron comprobar que la deficiencia de cobre es causante de anemia en bovinos, tanto en los animales investigados que presentaron concentraciones hepáticas bajas como en los hipocuprémicos, coincidiendo con el trabajo de Ramírez y otros (1996). Teniendo en cuenta los mecanismos fisiopatológicos que llevan al desarrollo de la anemia, debería esperarse que este proceso se de en los casos de deficiencias muy extremas y que se extiendan por períodos de tiempo prolongados. También se ha postulado que la anemia se suele dar frecuentemente en las deficiencias de tipo primarias, pero que es muy leve en las secundarias (Blood D. C. y Radostits O. M., 1992).

La deficiencia de cobre puede cursar en forma subclínica, por lo que muchas veces pasa inadvertida, pero produciendo pérdidas económicas por disminución de los aumentos de peso, especialmente en animales jóvenes (Suttle et al, 1980). Es decir, las consecuencias de la hipocuprosis comienzan antes de hacerse clínicamente evidente la carencia.

Figura 3.1.- Relación entre balance de cobre, indicador de la carencia y consecuencias
(Fazzio et al, modif. de Corah, 1996).



La edad de los animales atacados fluctúa desde los dos o tres meses hasta los tres años principalmente. En terneros es más común y visible la deformación articular ("rodillas hinchadas") y el envaramiento de los miembros posteriores. En vaquillonas de 2-3 años de edad, además de claudicaciones ("manqueras" y "rengueras") se observan casos de fracturas de húmero o huesos de miembros posteriores. Las claudicaciones pueden evolucionar, si no se cambia de potrero o se medica, hasta producir fracturas espontáneas. Cualquiera sea el grado de la lesión, se produce un grave deterioro económico por el atraso en la crianza y los descartes y muertes.

El cobre forma parte de la enzima lisiloxidasa, la que es necesaria para la elaboración del colágeno, material fibroso de la pezuña y huesos, y para proveer los grupos de enlaces cruzados en la queratina de la pezuña. Las claudicaciones (vaca renga) y la marcha dificultosa y lenta es frecuente en tambos y en algunos rodeos de cría, lo que puede estar asociado a un reblandecimiento de la pezuña por deficiencia de cobre con lesiones secundarias de la misma (pietín).

Puede producirse diarrea, aparentemente relacionada con la deficiencia secundaria de cobre debida a molibdenosis.

La disminución de la producción de leche se produce debido a la pérdida de apetito y a las perturbaciones en la respiración celular.

En caso de deficiencias muy graves se puede producir degeneración lenta y progresiva del miocardio con fibrosis de sustitución y roturas vasculares.

La ataxia enzoótica es la manifestación más típica de la deficiencia de cobre en pequeños rumiantes, pero es rara en bovinos. Esta enfermedad se caracteriza por incoordinación de movimientos, parálisis parcial de los cuartos posteriores y elevada mortalidad de los animales afectados. De Gea et al (1983) comunicaron el hallazgo en ovinos del sur de la provincia de Córdoba de un síndrome compatible con la ataxia enzoótica.

Las deficiencias de cobre y de selenio, podrían afectar negativamente al sistema inmunológico de los bovinos y consecuentemente la capacidad de respuesta a la infección con Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis (Map) predisponiéndolos al desarrollo de paratuberculosis (PTBC) o enfermedad de Johne (Perea et al, 2002).

Como consecuencia de la pérdida de función de los neutrófilos, secundaria a la menor actividad de las enzimas intracelulares, se produce una reducción de la respuesta inmunitaria y resistencia a enfermedades e infecciones. Boyne y Arthur (cit. por Spears, 1998), indican que la habilidad de los neutrófilos para matar a

Candida albicans se hallaba reducida en novillos alimentados con una dieta deficiente en cobre. Los granulocitos presentes en la circulación periférica de ovejas y terneros alimentados con dietas deficientes en cobre, tuvieron similar capacidad fagocítica pero reducida habilidad para matar a Candida albicans fagocitada, comparado con aquellos controles con niveles de cobre adecuados (Jones y Suttle, 1981, cit. por Spears, 1998). La deficiencia de cobre inducida por exceso de molibdeno o de hierro en la dieta perjudicó también la función de los neutrófilos (Boyne y Arthur, 1986, cit. por Spears, 1998).

Muchas muertes de corderos en zonas con deficiencia de cobre están asociadas con enfermedades bacterianas, siendo los agentes más comunes Pasteurella haemolítica y Escherichia coli. También las deficiencias de cobre se encontrarían relacionadas a una susceptibilidad mayor a queratoconjuntivitis y leptospirosis.

El estrés asociado con al desarrollo fetal y al parto aumenta el requerimiento de cobre.

Las alteraciones reproductivas en bovinos están relacionadas especialmente con hipocuprosis secundaria por exceso de molibdeno. La presencia de molibdeno, más que la carencia de cobre, parece ser la responsable de la menor fertilidad en bovinos, causando demoras en la pubertad, menor tasa de concepción y alteraciones del ciclo estral. Los mecanismos no son claros, pero los bovinos suplementados con molibdeno presentan una menor liberación de hormona luteinizante (Phillippo et al, 1987).

En la cupremia existen variaciones individuales. También la raza puede influir en las necesidades de cobre. Se ha encontrado que la raza Simmenthal excreta más cobre por bilis que la Angus, y que la Simmenthal y Charolaise eran más susceptibles a la deficiencia de cobre que el Angus cuando se los alimentó con la misma dieta (Gooneratne et al, 1994; Ward et al, 1995). La Jersey es más susceptibles a la toxicidad por cobre que la Holstein (Du et al, 1996), lo que se debería a que posee una mayor eficiencia de absorción intestinal y una mayor acumulación de cobre en el hígado que la Holstein. En ovinos también se han encontrado diferencia entre razas. Esto confirmaría la existencia de índices de heredabilidad de las concentraciones de cobre y otros minerales en suero sanguíneo.

La concentración de cobre en el hígado puede ser influenciada por diversos factores dietéticos. Niveles de sulfatos en el agua superiores a 500-700 mg/litro limitan la disponibilidad del cobre. En numerosas zonas de la región pampeana existen valores de 1000 a 2000 mg/litro, donde los sulfatos son claramente la principal causa en la alteración.

Un incremento en el molibdeno dietético reduce la síntesis hepática de ceruloplasmina, la proteína de transporte del cobre. De esta forma, pese a que la concentración hepática de cobre es adecuada, ese cobre no estaría disponible cuando el ingreso de molibdeno es muy alto (Corbellini y Carrillo, 1985).

El efecto combinado del azufre y del molibdeno sobre el cobre de la dieta es sinérgico. Esto es debido a la formación de sulfuro de cobre y de tiomolibdato de cobre inabsorbibles. La formación de estos dos compuestos explica las instancias donde el molibdeno o el molibdeno y el azufre causan una disminución en la absorción del cobre, y por consiguiente, una disminución de cobre en sangre e hígado. La formación de molibdato de cobre, el cual es absorbido pero no utilizado, explica las instancias donde los niveles de cobre en sangre son elevados y en hígado normales, pero el animal exhibe signos de deficiencia (NRC, 1984).

El carbonato de calcio reduce los depósitos hepáticos, mientras que el fosfato dicálcio no. También los depósitos de cobre se ven reducidos por exceso de cinc o níquel, tanto cuando el cobre es deficiente como cuando está en niveles tóxicos. El cobalto mejora la utilización del cobre cuando el ganado no recibe molibdeno, pero esto no ocurre en presencia de molibdeno. Hill y Matrone (1970) indican que el cinc y la plata son antagónicos en la absorción del cobre, mientras que Forth et al (1973) comunican que la histidina favorece la absorción de cobre, hierro y cinc.

La vitamina A suplementaria aumenta los depósitos de cobre hepático, mientras que el cobre suplementario reduce la vitamina A hepática. La vitamina E incrementa el depósito de cobre hepático, mientras el hierro en exceso lo reduce.

Ricciardino et al (1993) resume los principales factores que afectan la depleción del cobre en hígado en: tasa de crecimiento del animal, agentes bloqueantes de la absorción en el alimento y las diarreas de origen vírico, parasitario, bacteriano o nutricional.

El sulfuro y cloruro de hierro afectan la absorción de cobre más que la ingesta del óxido de hierro presente en la tierra, por la formación de sulfuros mixtos de hierro y cobre, pudiendo reducir también el hierro la captación de cobre en las células hepáticas.

Cantidades elevadas de hierro (250 a 1200 ppm de carbonato ferroso) disminuyen la absorción del cobre. Sin embargo, en terneros lactantes (Bremner et al., 1987) se ha observado que el hierro no ejerce un efecto antagonista sobre el cobre, posiblemente debido a que sea necesario la presencia de un rumen funcional para que el hierro interaccione con el cobre. Complicando aún más la situación, cuando el hierro y el molibdeno se añaden a una ración pobre en cobre no se produce un antagonismo adicional porque el hierro y el molibdeno compiten para unirse a los sulfitos.

Beck (1956) considera para el bovino como niveles normales en sangre de 70 a 170 µg/100 ml. Generalmente, 60 µg/100 ml de cobre en plasma son indicativos de deficiencia. Bingley et al (1978) consideran en regiones templadas como indicativo de deficiencia a 0,5 µg/ml de cobre en plasma, cifra que también contempla Gartner et al (1980) para zonas cálidas. Sin embargo, la presentación de signos clínicos depende de que al prolongarse el agotamiento de cobre hepático, comiencen a manifestarse disfunciones tisulares caracterizadas por la falta de enzimas tisulares cobredependientes. Por ello la hipocupremia es un indicador tardío de que las reservas hepáticas se han agotado o están próximas a hacerlo. Todd et al (1967) encontró que para que se manifiesten los síntomas clínicos la cupremia debe estar por debajo de los 29 µg/dl y que los animales que la tenían entre 30 y 59 µg/dl no manifestaban trastornos.

Rabotnikof et al (1983) encontraron que a pesar que la relación Cu:Mo en el forraje fue lo suficientemente baja como para producir hipocupremia, y que ésta realmente se presentó durante un lapso prolongado, no observaron síntoma alguno de manifestación de deficiencia, a excepción de los bajos niveles séricos de cobre. Estos no fueron extremadamente bajos en ningún momento, pero si inferiores al umbral de 0,5 µg/ml. Esto coincide con trabajos de otros autores. Es decir, que no toda caída en los niveles séricos de cobre está asociada con síntomas clínicos. El autor cita a Smith y Coup (1973), quienes sugieren que el nivel umbral debería ser más bajo para bovinos, y a McPherson et al (1979) que manifiestan que debe esperarse una respuesta económica a la suplementación sólo cuando los niveles de cobre en sangre son lo suficientemente bajos, quizá 0,2 µg/ml.

Los niveles de cobre en la sangre pueden ser alterados cuando los animales entran en gestación, de la misma forma que lo hacen los estrógenos. La cupremia aumenta levemente hasta la mitad de la gestación, disminuyendo marcadamente a partir del séptimo mes de gestación.

Las parasitosis de cuajo disminuyen la actividad de la ceruloplasmina.

La concentración de cobre en la sangre es influenciada por el nivel de cobre dietético y por la relación entre cobre y otros componentes de la dieta, principalmente molibdeno, sulfatos inorgánicos, cinc e hierro. Adiciones de cobre a dietas normales tienen poco efecto sobre el nivel de cobre sanguíneo. Los fitatos también pueden reducir la absorción de cobre, así como la alta concentración de ácido ascórbico en la dieta aumenta la severidad de la deficiencia, reduciendo la absorción. Alto niveles de cadmio en la dieta reducen la absorción y alteran la distribución del cobre en el cuerpo. El mercurio presente en la dieta puede también reducir la absorción del cobre, mientras que la plata tiene menos efecto, pero cada uno de ellos ejerce influencia sobre la distribución del cobre en el organismo (Underwood, 1977).

Los tenores medios de cobre en suelos varían entre 10 a 100 mg/kg de MS. Los suelos ricos en molibdeno son los mal drenados o con fuertes concentraciones de materia orgánica. El molibdeno aumenta la solubilidad a medida que aumenta el pH, mientras que por el contrario, la solubilidad del cobre disminuye con el aumento del pH.

Bingley y Carrillo (1964) confirman por primera vez hipocuprosis en la provincia de Buenos Aires.

Renolfi et al (1985) informan que en Santiago del Estero, en campos de cría próximos al río Salado, bajos y susceptibles de inundaciones, se observan clínicamente casos que encuadran en hipocuprosis por desbalance de molibdeno y otros minerales.

Balbuena (1985), en Formosa, informa que se han comprobado casos clínicos de hipocuprosis, deficiencia que parecería estar bastante difundida, sospechándose también deficiencias de sodio e iodo.

Stritzler (1985), en el área de la E.E.A Anguil (La Pampa), informa sobre problemas de deficiencia de cobre, tanto en la zona árida como en la subhúmeda.

Marcos (1985), en el área de la E.E.A Rafaela (Santa Fe), informa que en el ganado de carne, por las zonas en las que se realiza su explotación, se destacan las deficiencias de cobre.

Somma de Fere et al (1983), en distintas zonas de la provincia de Corrientes, encontraron que de las vacas de cría testeadas, el 8,5 % se encontraba bajo 0,3 mcg de cobre/ml de plasma, el 48 % entre 0,3 y 0,5 mcg de cobre/ml de plasma y solamente el 43,5 % sobre 0,5 mcg de cobre/ml de plasma. Los bajos niveles de cobre sérico encontrados fueron atribuidos principalmente a una mala nutrición general de los rodeos, más que a una deficiencia directa o condicionada de cobre debido a la composición de las pasturas. Observaron también un posible efecto estacional que disminuiría los niveles de cobre en sangre, ya que los menores promedios correspondieron a los meses de noviembre y mayo.

Habich (1985), en Salta, informa que hay muchos rodeos con valores hemáticos de cobre muy bajos, pero en la mayoría de ellos no se observan signos clínicos, aunque no hay datos de producción confiables.

Se han detectado niveles bajos de cobre en muestras de forraje, en hígado y sangre provenientes del Este del Chaco y del Este y Centro-Este de Formosa. En muchos casos la deficiencia de cobre fue tan marcada, que el diagnóstico pudo realizarse clínicamente, observándose en los bovinos decoloración del pelaje, diarrea, pérdida de estado, fracturas óseas y problemas de fertilidad en las hembras. En los ovinos y caprinos jóvenes la falta de cobre produce falta de coordinación del tren posterior (Balbuena, 2003).

Coppo (1985) informa el diagnóstico de hipocupremias en animales procedentes de algunos departamentos del Chaco y Corrientes, preferentemente en temporadas invernales, frecuentemente asintomáticos, pero en algunos casos con antecedentes de fracturas espontáneas, despigmentación, falta de estado, etc.

Peruchena y Arias, citados por Arias et al (1985 a), indican que la carencia de cobre puede ser un problema en ciertas áreas de Corrientes, aunque hasta ahora no hay datos concluyentes. También han registrado análisis con altos contenidos de molibdeno en pasturas y sulfatos en el agua de bebida, junto a niveles marginales de cobre. El suministro de cobre inyectable no mejoró la ganancia diaria de vaquillonas hasta los dos años.

En Entre Ríos, la concentración de cobre plasmático en pastoreo de festuca alta, sola o consociada con Lotus corniculatus y Trifolium repens, oscila entre 0,10 y 0,75 mcg/ml, y sobre pastizal natural los valores extremos encontrados son de 0,45 y 0,78 mcg/ml (Hofer et al, 1985 a). Ha podido ser confirmada hipocuprosis.

En campos del Crea Melo-Serrano (Sudeste de Córdoba), Forchetti et al (1986) obtuvieron en novillos sin suplementación mineral en julio y agosto de 1986 y en campos del Crea Comechingones (zona sur de la Sierra de Comechingones, Cba.), trabajando con vacas de cría preñadas también sin suplementación mineral, en las mismas fechas, las siguientes cifras:

Cuadro 3.2.-

	Media		Menor a 55 μg/100 ml plasma	
	Julio	Agosto	Julio	Agosto
Melo Serrano - Novillos	58,7 μg/100 ml plasma	54,2 μg/100 ml plasma	48 %	45 %
Comechingones - Vacas cría	72 μg/100 ml plasma	82 μg/100 ml plasma	30 %	2,6 %

Mombelli y Fader (1985), en la zona de la E.E.A Manfredi (Norte de Córdoba), informan que la carencia de cobre parece ser subclínica, de origen secundario, ocasionada por el exceso dietético de molibdeno.

Arano (1985) informa que en la zona de jurisdicción de la E.E.A Marcos Juárez (Córdoba), en el área donde predominan suelos bajos de pH elevado, se han encontrado tanto en suelo como en forrajes, altos contenidos de molibdeno que han provocado "arratonamiento" en el ganado. La causa de este problema se

atribuye a la falta de asimilación del cobre por bloqueo por el molibdeno. Se ha diagnosticado hipocuprosis, molibdeniosis (producida por Melilotus albus), paresia puerperal y tetania hipomagnesémica.

Balbuena et al (1989) informan que la deficiencia de cobre observada en el este de Chaco y Formosa correspondería a una deficiencia primaria (menos de 0,3 ppm de cobre en forraje), agravada en algunas áreas por elevados niveles de molibdeno y/o azufre. Los mismos autores (1990) informan que el cobre puede ser uno de los minerales más limitantes de la producción en el este del Chaco y Formosa, y que se debería prestar atención también al selenio, cinc, sodio, fósforo y calcio.

Coppo et al (1992), en una revisión de 13.700 análisis efectuados entre 1977 y 1992 en el nordeste argentino, encuentran que la indisponibilidad orgánica del cobre provoca trastornos en el ganado de las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa, norte de Entre Ríos, Misiones, bajos submeridionales (norte) de Santa Fe, Salta, Santiago del Estero y sur de Santa Fe. En algunas zonas sería carencia primaria agravada por exceso de molibdeno en pastos y azufre en aguas, o bien por exceso de hierro en forrajes. En otros lugares se trataría de una carencia secundaria debida a la molibdeniosis, exceso de molibdeno y azufre o exceso de molibdeno en pasturas de melilotus.

Pechin et al (1995), en el departamento de Maracó, Pcia. de La Pampa, encontraron que la deficiencia mineral más importante es la de cobre, secundaria a altos niveles relativos de molibdeno en pastos y a altos valores de sulfatos en agua, aunque se encuentran casos de deficiencias primarias, sobre todo en primavera.

Ramírez et al (1997) entre marzo de 1993 y julio de 1995 analizaron muestras de bovinos hembras mayores de 2 años y sin antecedentes de suplementación con cobre, pertenecientes a cinco partidos de la provincia de Buenos Aires. En todos los partidos los animales hipocuprémicos (30-59 µg/dl) superaron el 50 % de la población muestreada. Los severamente hipocuprémicos (< 29 µg/dl) en un partido alcanzaron al 25 % y en promedio en los cinco partidos el 17,7 %. La cantidad de animales con hipocupremia severa fue mayor en el año 1994 que en 1993 y 1995 y la mayor ocurrencia de hipocupremia severa se detectó durante los meses de primavera-verano, existiendo una tendencia a la recuperación durante el otoño-invierno. Como conclusión, justifican ampliamente la suplementación con cobre como medida profiláctica para prevenir pérdidas económicas.

Mattioli et al (1996) trabajando en el partido de Magdalena, provincia de Bs. Aires, concluyen que la hipocupremia es un problema endémico en la zona y que se debe principalmente a niveles inadecuados de cobre en los forrajes, por lo que se la clasificaría como deficiencia simple. Los niveles de azufre en forrajes, por su alta concentración, actuarían como interferentes de la absorción de cobre agravando aún más la depleción de las reservas hepáticas.

Ricciardino et al (1997), en Concepción del Uruguay, Entre Ríos, encontraron que el 72 % de las vacas primíparas con cría al pie al inicio del segundo servicio mostraron signos de hipocupremia (Cu < 50 mcg/dl).

Minatel et al (1997; 1998), en los partidos de Gral. Villegas, Ameghino y Rivadavia de la Prov. de Bs. Aires, de acuerdo a los valores de cobre obtenidos en sangre, hígado y pelo, y la ausencia de signos clínicos característicos de hipocuprosis, concluyeron que existe en la zona relevada una deficiencia subclínica de cobre, posiblemente de tipo secundaria, que podría estar perjudicando la producción animal. Se considera secundaria pues los niveles de cobre en forrajes fueron normales y los altos niveles de hierro podrían estar también influyendo en el desarrollo de la deficiencia.

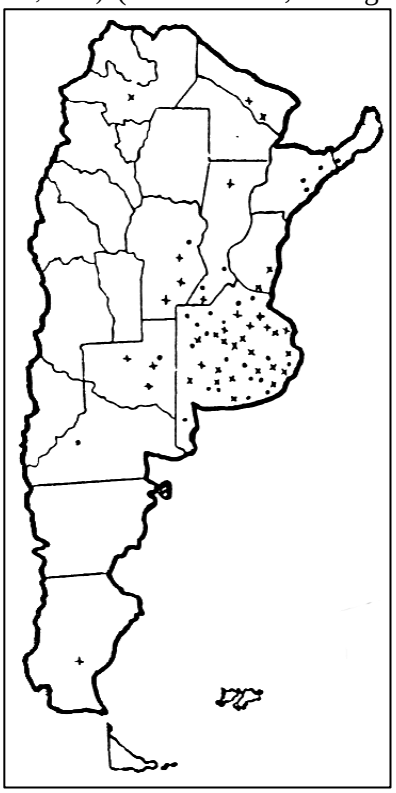
Iglesias et al (1998) concluyen que la hipocupremia detectada en el valle bonaerense del Río Colorado es de tipo secundaria, y que como factores involucrados en la misma se deberían considerar al molibdeno, hierro, sulfato y posiblemente un exceso de proteínas en la dieta.

Cseh et al (1998) encontraron que de los animales testeados, el 26 % de los animales del partido de Puán y el 82 % de los animales del partido de Saavedra (Prov. de Bs.As.) resultaron hipocuprémicos. El hierro consideran que es el principal factor responsable de la deficiencia de cobre. La escasa disponibilidad forrajera, que obligaba a los animales a comer a nivel del suelo, y los fuertes vientos de la región, que depositaron importantes cantidades de tierra sobre el pasto, pueden ser considerados como los responsables del elevado contenido de hierro en el forraje y de la hipocupremia detectada en los animales.

Castelli (1999), trabajando con vacas lecheras en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe, encontró variabilidad estacional en el contenido de cobre presente en suero, manifestándose la deficiencia hacia el final del verano y principios de otoño. El nivel bajo de cobre en los pastos en verano sería la determinante que ocasionaría la hipocupremia hacia el final del verano y principios del otoño. Es probable que en los animales estudiados no haya habido manifestaciones clínicas severas de deficiencia de cobre debido a que la concentración de este mineral en pastos, baja en verano, es seguida de una concentración normal en otoño. Esta fluctuación evitaría el agotamiento de las reservas hepáticas, y en consecuencia, la cupremia no llegaría a valores de marcada deficiencia.

Balbuena et al (1999), en el Chaco, encontraron que la suplementación con cobre inyectable resultó en un aumento del 18 % del peso al destete de los animales chicos (menos de 80 kg de peso vivo inicial) cuando el rodeo presentó bajos niveles de cobre en sangre.

Figura 3.3.- Distribución geográfica de cobre contenido en sangre de rumiantes según análisis efectuados hasta 1985 (Ruksan, 1985). (+ menos de 0,50 mcg/ml; • más de 0,50 mcg/ml).



Fader (2001) indica que los análisis de forrajes del área estudiada (centro de la prov. de Córdoba) demuestran que la concentración de cobre se ubica en el límite inferior para cubrir las necesidades normales de los animales (4-9 ppm) y que además se hallaron concentraciones elevadas de molibdeno (2-12 ppm) y de hierro (más de 150 ppm). Las relaciones Cu/Mo, excepto dos establecimientos en el caso de pasturas naturales, siempre fue menor a la mínima óptima (2:1).

Minatel et al (a), en la prov. de Bs. As., encontraron que el 43,9 % y el 33,3 % de las muestras de hígado de los muestreos de invierno y verano presentaron valores de cobre inferiores a 19 g/dl (V.C. bajo). Para ambas fechas de muestreo, un 83 % y un 72,5 % de las muestras de pelo exhibieron niveles de cobre inferiores a 7,9 g/g de MS (V.C. bajo) en invierno y verano, respectivamente.

Ruksan (1985) efectuó una revisión sobre deficiencia de cobre en la República Argentina, llegando a la conclusión que se la puede considerar, junto con la deficiencia de fósforo, como la más importante para el

ganado en pastoreo por su extensión a vastas regiones del país y por su influencia limitante de la producción ganadera.

DIAGNÓSTICO

Soler, J. et al (2004) concluyeron que la utilización de los niveles sanguíneos de cobre (cobre total y ceruloplasmina oxidasa) como único parámetro para evaluar el estado en que se encuentra un rodeo puede llevar a diagnósticos erróneos, si se tiene en cuenta que estas variables no son correctos indicadores de las reservas hepáticas de cobre que posee el animal. Por esta razón aconsejan que el muestreo no sólo incluya a los animales, sino que también se complemente con el análisis del alimento (pasto) y el agua que están consumiendo (Larson B. L., et. al., 1995).

Una técnica que posee un gran valor diagnóstico por aportar el real estado de reserva de cobre del organismo, es el análisis de las muestras de hígado obtenidas mediante biopsia hepática o de animales que han muerto en el campo (Minatel, L. y Carfagnini, J. C., 1997).

La anamnesis del estado sanitario del rodeo, la categoría de animales con la que se esté trabajando, la ubicación geográfica del campo, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, el contenido de molibdeno de las pasturas y el de sulfatos del agua de bebida también son datos que deben ser tenidos en cuenta para poder otorgar al diagnóstico un grado de confiabilidad aceptable.

TOXICIDAD

El bovino posee mayores tasas de excreción del cobre por vía biliar, presentando por este motivo mayor susceptibilidad a la deficiencia que el ovino, el cual es más susceptible a la intoxicación por exceso de suplementos cúpricos inyectables por la mayor capacidad de retención de este mineral que presentan.

El máximo de cobre tolerable en la dieta durante el crecimiento es de 100 mg de cobre/kg MS (NRC, 1980). Los máximos tolerables son mayores para adultos que para jóvenes. La intoxicación cúprica puede ocurrir por exceso de cobre en la suplementación o por contaminación de los alimentos o el agua. Bavera et al (1999) indican que cuando el agua contiene naturalmente cobre, lo que es poco común, su concentración siempre es inferior a los 0,05 mg/l. Presencias mayores significan algún tipo de contaminación, y que esto puede ocurrir cuando se emplean sales de cobre como molusquicidas, como por ejemplo contra el caracol Limnaea viatrix, intermediario de la Fasciola hepática, o como anticriptogámico (algas, hongos, líquenes, musgos). El hígado almacena grandes cantidades de cobre antes de aparecer señales de toxicidad, pero cuando éste es rebasado en su capacidad de almacenamiento, se produce la crisis hemolítica que puede llevar a la muerte. Esta intoxicación puede ocurrir cuando el bovino ingiere, a través del agua de bebida y/o de la materia seca de la ración, dosis diarias superiores a 3 mg/kg de peso vivo. Esta concentración de cobre en la dieta necesaria para causar toxicidad está supeditada a las concentraciones de sulfatos, molibdeno e hierro en la misma.

Niveles de 8 ppm de cobre ya pueden causar toxicidad en corderos. Los animales que pastan raramente se ven afectados. En ovejas que han acumulado cobre en el hígado, cuando movilizan reservas justo después del parto puede aparecer toxicidad si los niveles de cobre de la ración son demasiado elevados, puesto que el hígado libera grandes cantidades de cobre.

Blood et al (1983) señalan que la mayoría de los casos de intoxicación aguda por cobre con gran mortandad son originados, entre otras causas, por la administración accidental de grandes cantidades de sales solubles de ese mineral.

Fazzio et al indican que la intoxicación aguda depende de la cantidad de cobre inyectada y de la rapidez con la que el cobre llega al hígado desde el sitio de inyección. La cantidad de cobre a suplementar está establecida en 0,5 mg/kpv. Esta dosis terapéutica está cercana en terneros a la dosis tóxica de 1 a 2 mg/kpv. Los errores que pueden llevar a usar una dosis tóxica son varios, incluyendo la doble dosificación a los terneros en la manga, donde por ser chicos pueden cambiar de posición y confundir a quien inyecta; el empleo de productos sin homogenizar, que permite que se concentre cobre en el fondo, o bien simples errores

como cambios de productos comerciales sin verificar su concentración o el uso de la dosis del adulto para el ternero.

El riesgo de la intoxicación depende también de la tasa de transferencia de cobre al hígado, es decir, la cantidad de cobre que llega al hígado en un tiempo determinado. Un animal puede ser inyectado con la misma cantidad de cobre, pero puede variar la velocidad con que se absorbe y alcanza al hígado, variando así la tasa de transferencia. Esta tasa varía con el tipo de sal de cobre que posee el producto. Si ésta es soluble, como son los edetatos y sulfatos, la tasa de transferencia es mayor. A medida que la sal de cobre empleada es menos soluble, como el glicinato y el metionato, la tasa disminuye. Si bien esta información haría que la elección del producto a inyectar se volcara hacia estas últimas, las sales de cobre que más tardan en absorberse también provocan mayores reacciones en el sitio de inoculación, pudiendo llegar a causar abscesos asépticos, que incluso pueden encapsularse reteniendo parte del producto, lo cual finalmente disminuirá la reserva hepática en el animal.

En nuestro medio es más frecuente la intoxicación aguda, especialmente después de la dosificación parenteral con los productos inyectables de cobre (Costa y col., 2003). Los signos clínicos predominantes son depresión, letargia, dolor abdominal (vientre "agalgado"), inmovilidad, envaramiento para finalmente caer en decúbito lateral, pudiendo presentar también signos nerviosos y finalmente la muerte a las 12 a 48 hs de comenzados los signos.

Las alteraciones a nivel hepático impiden que el amonio, un producto altamente tóxico del metabolismo nitrogenado, sea convertido en urea y así neutralizado. La consecuente acumulación de amonio a nivel del SNC y del liquido cerebroespinal sería responsable de la somnolencia, la inconsciencia, el andar tambaleante y las convulsiones nerviosas que acompañan a la intoxicación (Fazzio et al).

Canton Castillo et al (1994) indican que el hecho de que los bovinos toleren niveles elevados de cobre en la dieta (115 ppm) se debe al sistema de control a partir de la síntesis de la metalotioneína secretada por las células epiteliales del intestino delgado, la cual se conjuga con los iones de cobre intracelulares para después provocar el desprendimiento de la célula epitelial dentro de la luz intestinal. A pesar de este sistema, exposiciones extremas de bovinos al cobre pueden desencadenar toxicidad. Los mismos autores citan un caso de intoxicación con mortalidad en Sudáfrica debido a la polución del aire y otro en Estados Unidos atribuible al consumo de pollinaza (subproducto avícola con deyecciones de pollo de engorde) conteniendo 620 ppm de cobre.

Uzal et al (1992) comunican un caso de intoxicación aguda por cobre en ovinos con gran mortandad por la administración de un producto polivitamínico y mineral, posiblemente sinergizada por el mal estado nutricional de los animales. Robles et al (1993) comunican un caso de intoxicación por cobre en ovinos lecheros en Neuquén que recibían un alimento balanceado para bovinos lecheros y un suplemento mineral con cobre. Este caso indicaría la necesidad de no utilizar raciones, suplementos o medicamentos en una especie animal para la cual no están indicados.

PREVENCIÓN

Tratamientos inyectables

Los compuestos inyectables de cobre de liberación lenta (tipo glicinato o edtato de cobre) son un avance indiscutible en el manejo práctico de la deficiencia (Corbellini y Carrillo, 1985). Núñez et al (1976) diagnosticaron en la zona de Laboulaye (Córdoba) una deficiencia de cobre condicionada por exceso de molibdeno en pasturas y de sulfato en el agua de bebida. Con inyecciones de 200 mg de cobre elemental cada cuatro meses, lograron en un año aumentos de peso en novillos 24 % superiores a los testigos, aunque reconocen que además del cobre hay otras deficiencias que también deberían ser tratadas. En los análisis de cobre en sangre total de los testigos y de los tratados encontraron los siguientes valores:

Cuadro 3.3.-

Fecha	Testigos (ppm ± 0,1)	Tratados (ppm ± 0,1)
22.08.73	0,5	0,9
19.10.73	0,3	0,5
19.12.73	0,3	0,6
23.02.74	0,3	0,6
20.04.74	0,5	0,9
09.09.74	0,4	0,6

En los tratamientos de deficiencias de cobre por vía parenteral se deben ajustar las dosis según categorías de animales y estados fisiológicos, utilizando la vía subcutánea.

Descarga et al (1991), trabajando en la región subhúmeda del sur de la provincia de Córdoba, aplicando a terneros de destete cobre bimestral de distintos laboratorios y antiparasitario mensual, ambos inyectables, comprobaron el efecto negativo de la deficiencia de cobre sobre la ganancia de peso, deficiencia que fue corregida aceptablemente por la administración bimestral de cobre inyectable, aunque el rápido descenso de la cupremia postratamiento advierte sobre el posible riesgo de ampliar el intervalo mencionado.

Viejo y Casaro (1993) encontraron en un campo con hipocuprosis diagnosticada, que la suplementación parenteral con cobre en terneros aumentó la cupremia, las ganancias de peso diarias y los pesos al destete, independientemente de si los terneros provenían de madres con o sin suplementación con cobre. Los más bajos niveles de cobre hepático al nacimiento provinieron de las madres sin suplementación con cobre, y la falta de suplementación en esos terneros durante su período de crecimiento, produjeron los mas bajos niveles de cobre plasmático y hepático y los más bajos pesos al destete. La mejor respuesta se obtuvo en la combinación madres suplementadas-terneros suplementados.

Los inyectables que suplen la deficiencia de cobre deben contener 50 a 200 miligramos de este mineral por dosis y ser de efecto prolongado y absorción lenta; con estos requisitos se puede esperar que su eficacia evite esta deficiencia por un lapso de dos a cuatro meses (Balbuena, 2003).

Minatel et al (1998) encontraron que el glicinato de cobre al 10 % aportó cantidades importantes de cobre a los animales tratados, evidenciadas por las reservas hepáticas de cobre y por las concentraciones plasmáticas alcanzadas. Dichas reservas se mantuvieron elevadas aún después de transcurridos 90 días de la aplicación.

Quiroga et al (1995) comprobaron, bajo sus condiciones experimentales, que el glicinato de cobre cumplió con la condición de mantener una reserva hepática de cobre elevada durante un período prolongado (más de 90 días en animales de menos de 150 kg y más de 180 días en bovinos de más de 150 kg), lo que se reflejó en la actividad sérica de la ceruloplasmina. Concluyen que el glicinato de cobre empleado puede ser utilizado con resultados satisfactorios para el tratamiento de la deficiencia de cobre, ya que aporta cantidades importantes de cobre biodisponible y de cobre de depósito, lo que garantiza la persistencia de su efecto.

Pechín et al (1996 y 1999a), trabajando en campos con rodeos con hipocuprosis en el norte de la provincia de La Pampa, encontraron que existieron respuestas al tratamiento con cobre inyectable en todos los rangos de deficiencia y que las diferencias en ganancia diaria de peso entre grupos guardaron relación con la gravedad de la deficiencia de cobre. Las mayores respuestas a este parámetro se obtuvieron en primavera.

Buffarini et al (1997) en un trabajo para medir el efecto de la administración parenteral de cobre y cinc en la zona de Villegas, Pcia. de Bs. Aires, encontraron que el aporte de cobre parenteral aumentó el cobre sérico disponible e incrementó la ganancia de peso en un 20 %, mientras el aporte de cinc parenteral no modificó la concentración de cinc sérica ni tuvo efecto sobre la ganancia de peso a pesar del déficit de cinc observado en el forraje.

Suplementación oral

Como la microflora y microfauna del mar ruminoreticular tienen también requerimientos específicos de cobre, su administración por boca tiene gran importancia. Corbellini y Carrillo (1985) señalan la conveniencia de la dosificación oral de cobre suplementario sobre la administración parenteral cuando el estado de hipocuprosis es inducido fundamentalmente por altas dosis de molibdeno. También informan que el empleo de óxido de cobre en forma de agujas por vía bucal ha resultado muy eficaz en ovinos para corregir la hipocupremia y aumentar las reservas hepáticas por períodos prolongados. En bovinos, la utilización del cobre a partir de las agujas de óxido de cobre es menos rápida que en el ovino.

El óxido de cobre en agujas o partículas de alambre son fragmentos de alambre de cobre oxidado de más de 8 mm de longitud y 0,5 mm de diámetro, las que son retenidas en los preestómagos por más de 100 días, siendo el cobre liberado lentamente, absorbido y almacenado en hígado. Es un tratamiento de bajo costo, que puede ser efectivo durante toda una estación. Las dosis recomendadas para bovinos son de 5 g para terneros, 10 g para animales de un año y 20 g para animales adultos. En vacas adultas 50 g mantienen mayores niveles plasmáticos que el glicinato subcutáneo.

Rosa y Mattioli (2002) indican que la influencia de la forma química del cobre sobre el porcentaje de absorción queda demostrado en los trabajos de Kegley y Spears, quienes en dos experiencias demostraron igual biodisponibilidad del sulfato de cobre ($CuSO_4$) de cobre-lisina (Cu-lisina), mientras que el óxido de cobre (CuO) no era prácticamente absorbido.

Pechin et al (1998) compararon la respuesta a la suplementación con cobre oral versus inyectable en una situación de deficiencia condicionada de cobre, cuyo resumen se ve en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.4.-

Grupo	Fecha de muestreo (en μg/ml)				Peso final en kg	Ganancia de peso diaria en g/día
	16.06.96	27.07.96	28.08.96	03.10.96		
Control	0,29 ± 0,19	0,38 ± 0,10	0,22 ± 0,12	0,24 ± 0,15	266,6 ± 33,4	705 ± 140,9
Cobre oral	0,29 ± 0,15	0,47 ± 0,10	0,49 ± 0,07	0,60 ± 0,09	279,5 ± 25,6	797,2 ± 143,4
Cobre inyectable	0,36 ± 0,17	0,63 ± 0,15	0,53 ± 0,09	0,68 ± 0,14	279,2 ± 32	796,7 ± 113,3

Se puede observar que la suplementación con cobre mejoró la ganancia de peso diaria, sin diferencia entre las dos formas de administración. La suplementación oral con sulfato de cobre demostró en esta situación ser igualmente valiosa que la suplementación inyectable, aún en presencia de minerales que compiten con la absorción del cobre (molibdeno, hierro, sulfato).

Blood et al (1983), como control para carencias manifiestas, aconsejan un 2 % de sulfato de cobre en mezclas minerales ad libitum.

Conclusión

Ante un caso diagnosticado de deficiencia de cobre, aplicar tratamiento inyectable como forma de ataque y simultáneamente proseguir con suplementación oral por ser necesario el cobre para la fauna y flora ruminal y por economía y practicidad.

CINC (Zn)

INTRODUCCIÓN

El cinc es el microelemento que exhibe mayor multifuncionalidad, actuando principalmente en los tejidos de alta formación celular.

FUNCIONES

Forma parte o es activador de más de treinta enzimas involucradas en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos. Su carencia provoca un bloqueo de la ADN polimerasa dando lugar a la inhibición de la multiplicación celular y de la síntesis proteica, lo cual se manifiesta fundamentalmente a nivel de la piel provocando envejecimiento cutáneo y ejerciendo un efecto adverso sobre las células que median la respuesta inmune.

Es necesario para el desarrollo normal y el funcionamiento del sistema inmune. El tejido linfoide no puede desarrollarse sin cinc y no pueden producirse linfocitos ni anticuerpos si se halla deficiente, siendo necesario para la función fagocítica y la inmunidad celular y humoral. Como consecuencia, ante la deficiencia se observa una reducción en el número de leucocitos (Gupta et al., 1985), en la concentración total de gamma-globulinas y en la producción de anticuerpos específicos (Verma et al., 1988). Además, hay una atrofia marcada del timo, un aumento de formas inmaduras de neutrófilos y una mayor susceptibilidad a enfermedades (Miller, 1985).

También participa en otras vías metabólicas a través de su presencia en varias enzimas, de las cuales las más distintivas son:

- Anhidrasa carbónica: Se localiza en los glóbulos rojos donde actúa combinando el anhídrido carbónico (CO_2) y el agua en la sangre capilar periférica para liberar posteriormente el CO_2 a nivel pulmonar. También se encuentra en las células parietales del estómago, en las que participa en la secreción de ácido clorhídrico en la mucosa gástrica.
- Fosfatasa alcalina: Presenta dos átomos de cinc en su núcleo activo.
- Metalotioneína: Actúa como reservorio intracelular del elemento.

ABSORCIÓN

La absorción del cinc se produce principalmente en el abomaso e intestino delgado y está controlada por las necesidades de crecimiento y lactación (Miller, 1975).

El factor más importante que afecta la absorción del cinc es su contenido en la ración. Animales deficientes en cinc tienden a aumentar los porcentajes de absorción, llegando hasta un 80 % de lo consumido. Por otro lado, las vacas lecheras compensan, en una semana, la deficiencia de cinc, incrementando en un 50 % la absorción y disminuyendo el cinc de la leche y las heces (Neathery et al, 1973).

Ciertos factores reducen su absorción o limitan su utilización. El metabolismo del cinc puede estar influenciado en los monogástricos por su interacción con otros elementos. Sin embargo, en muchos casos los factores que afectan la absorción del cinc en rumiantes son desconocidos. Hasta el presente no existe evidencia directa que el calcio, ácido fítico u otros factores, asociados con la proteína de las plantas, disminuya la absorción del cinc en rumiantes (Mills et al, 1967; Miller, 1970), pero un exceso de calcio puede reducir su disponibilidad en el duodeno.

En general, podemos decir que el cinc de las pasturas no es aprovechado en su totalidad.

La vaca lactando tiene los requerimientos aumentados, ya que la leche contiene de 3 a 5 mg/litro, pero esta mayor demanda se obtiene a través de un aumento de la absorción.

EXCRECIÓN

Se elimina principalmente por heces, y en las zonas calurosas en forma abundante por sudor, lo que puede provocar una deficiencia aguda.

RESERVAS

Se encuentra en altas concentraciones en depósitos de poca circulación (estancos): hueso (15 %) y tejidos blandos como músculo (45 %), hígado, páncreas, riñón, ojo, pero no existe un órgano de depósito de cinc de

fácil movilidad, por lo que los vacunos dependen directamente de la dieta para el mantenimiento de la cinquemia.

REQUERIMIENTOS

Los requerimientos de cinc se encuentran en los 30 mg/kg de materia seca de la dieta, siendo el nivel máximo tolerable 500 mg/kg de materia seca consumida (NRC, 1980).

EL RUMEN

La degradación ruminal de la urea disminuye su velocidad con 250 ppm de cinc en la MS (Arelovich et al, 2000), lo que es importante cuando se suplementa con nitrógeno no proteico (urea).

CONTENIDO DE LOS ALIMENTOS

En general, toda dieta natural contiene suficiente cinc, pero numerosos factores, incluyendo suelo, plantas, estado de madurez, manejo de pastos y clima pueden afectar la deficiencia de cinc en los rumiantes. Un drenaje pobre del suelo incrementa el contenido de cinc en los pastos (Mitchell et al, 1957), mientras que un incremento en el pH de los suelos disminuye la disponibilidad del cinc y su obtención por las plantas (Miller et al, 1972). En muchas circunstancias, los niveles de cinc disminuyen a medida que las plantas envejecen (Underwood, 1968; Mayland, 1975). En condiciones de déficit hídrico generalmente la biodisponibilidad del zinc en las gramíneas disminuye.

Por lo tanto, la carencia de cinc puede presentarse con mayor frecuencia en la época seca o cuando la alimentación es exclusivamente a base de pasturas secas, no siendo común cuando las mismas son verdes.

Las leguminosas poseen mayor concentración de cinc que las gramíneas. En general, los henos y silajes contienen menos de 60 ppm. Los granos de los cereales normalmente tienen una concentración de 20 a 30 ppm, los suplementos proteicos de origen vegetal 50 a 70 ppm y los de origen animal 90 a 100 ppm.

Altos tenores de fósforo en las plantas pueden producir una deficiencia de cinc en las mismas.

Bavera (2001) indica que aunque es muy rara su presencia en aguas de bebida, puede aparecer debido a la solubilización de dicho elemento contenido en los suelos y minerales, o proveniente del galvanizado de caños e instalaciones. En las concentraciones normalmente encontradas, no produce efectos tóxicos, pero comunica al agua un sabor desagradable, acompañado de una leve opalescencia cuando la concentración supera los 5 mg/l.

DEFICIENCIA

La deficiencia de zinc en forma severa es de rara aparición en nuestro país y su diagnóstico no ofrece inconvenientes, pero en los estadios iniciales o en la forma subclínica puede producir mermas en la producción láctea y en la ganancia de peso

La forma más común y leve es la formación de seborrea difusa en todo el cuerpo del animal (sarnilla), sin localizarse en ningún área en particular como lo hace la sarna. No responde a los tratamientos antisárnicos, pero sí lo hace al cinc inyectable.

En la carencia de cinc severa se inflaman nariz y boca, con hemorragias submucosas, apariencia desmejorada, pelambre hirsuta, rigidez de las articulaciones con edemas en las regiones inferiores de los miembros, cuarteo de la piel sobre las pezuñas y grietas entre ellas, con fallas en su queratinización y reblandecimiento con una mayor susceptibilidad a los agentes físicos y bacterianos (pietín), engrosamiento y cuarteo de la piel nasal, desarrollo de callos en la mucosa de los labios (paraqueratosis), encogimiento, rugosidad y costras en escroto y arqueamiento de patas, se reduce el crecimiento y hay apatía.

En el macho hay bajas concentraciones de gonadotrofinas, inhibina y testosterona e hipoplasia testicular con baja producción de espermatozoides.

El zinc tiene una influencia muy importante en el desarrollo testicular, como se ha demostrado en terneros:

Cuadro 3.5.- Efecto del cinc sobre el desarrollo de los testículos de terneros en cm (Miller y Miller, 1991).

Tratamientos	Edad de los terneros	
	120 días	154 días
A- Control (sin Zn)	4,50	5,10
B- Con Zn después de los 105 días	4,30	6,40
C- Con Zn desde inicio	6,60	9,20

En la hembra hay anestro, reabsorción embrionaria, muerte fetal y retenciones placentarias.

A las patologías del pie comúnmente se las denomina pietín, pero el uso de este término debería limitarse a los procesos infecciosos que afectan el pie. Las lesiones que responden al tratamiento con cinc como única terapia son lesiones secas y proliferativas que comienzan en los talones, sin afectar los tejidos blandos por encima de pezuña, siendo responsables de las dobles suelas observadas. Esta condición se denomina pododermatitis proliferativa, tomando la forma de verrugas y úlceras de talón. El crecimiento desmedido predispone, a causa de lesiones y por acumulación de suciedad, a la aparición de infecciones bacterianas que dificultan el tratamiento, produciéndose así el verdadero pietín.

Fiore (1999), en carencias no muy graves, indica que en nuestros campos se observa comúnmente seborrea en la tabla del cuello, una cinta pulverulenta y grisácea bordeando las pezuñas, dolor en las patas (claudicación) y tumefacción y rigidez articular. Estos síntomas son velados, por lo que se requiere experiencia para su diagnóstico. A esto le sigue el pietín, que además de con cinc, debe ser tratado con antibióticos.

Farina (1998) manifiesta que la presentación del pietín en forma endémica está correlacionada con déficit manifiesto de cobre y cinc en suero sanguíneo. Con la administración de estos dos minerales ha obtenido respuesta favorable en la curación de esta enfermedad, incluso en aquellos animales en que la destrucción del tejido vivo del pie era muy grande. Por ello aconseja que en los establecimientos donde el pietín sea endémico se debe administrar cobre y cinc en forma sistemática.

Corbellini (1988) indica que el uso de complejos orgánicos de cinc (metionina-Zn) parecen tener un mejor efecto de protección podal, en especial cuando el ingreso de cinc por la dieta es marginal. Cita a Kellog (1990) quien resume los resultados de ocho ensayos efectuados con vacas lecheras de alta producción en EE.UU., comparando el uso de metionina-Zn con la suplementación con cantidades similares de cinc bajo la forma de óxido de cinc o sulfato de cinc. La suplementación con metionina-Zn mejoró en un 4,8 % en promedio la producción de leche, con una reducción significativa en los costos de tratamientos podales y necesidad de desvasados.

Resultados esencialmente similares se obtuvieron en un ensayo efectuado por el Proyecto Lechero de la E.E.A. INTA Pergamino en tambos del oeste de la Prov. de Buenos Aires. Se suplementaron durante los últimos 30 días preparto y toda la lactancia con 2 g/vaca/día de Biomet-Zn vaquillonas de primera parición marginalmente deficientes. El aumento de la producción de leche corregida al 3,5 % de grasa butirométrica y 305 días de lactancia fue de un 5,4 %, reduciéndose significativamente el porcentaje de células somáticas de la leche, pero el parámetro de mayor impacto fue el de la patología podal, que fue reducido de una prevalencia del 31 % sobre vaquillona parida/año al 13,5 %.

La reducción voluntaria de la ingestión de alimentos y una menor eficacia en la utilización de lo ingerido, explica la inhibición del crecimiento que manifiestan los animales deficientes.

En el posparto inmediato se produce una caída brusca de la concentración de cinc en el plasma con recuperación lenta subsiguiente hasta valores normales. Esta depresión es mayor en vacas que experimentan distocia, lo que ha inducido a formular la hipótesis de que la distocia en vaquillonas quizá dependa en parte de una deficiencia nutricional de cinc y que la suplementación con cinc antes del parto puede reducir la aparición de problemas durante el mismo (Blood y Radostits , 1992).

Las deficiencias subclínicas dan disminuciones de los aumentos de peso y de la perfomance reproductiva sin otro síntoma específico.

Hay una alteración del sistema inmunitario, involución tímica y pérdida de función de los linfocitos T.

Los trastornos de la osificación están representados por hipertrofia de los alvéolos dentarios, arqueamiento de los miembros posteriores y marcha envarada, puesto que el Zn forma parte de enzimas relacionadas con el metabolismo del calcio.

También se encuentra relacionada la deficiencia de cinc a una mayor susceptibilidad a queratoconjuntivitis.

Los niveles considerados normales en plasma varían entre 80 a 120 mcg/100 ml. Factores ajenos a la alimentación pueden hacer variar estos valores, como ser ataques al sistema inmunológico, vejez, época del año, estrés por hipertermia, stress preparto, vacunaciones, mastitis.

Sin embargo, empleando la vía subcutánea con cinc en forma de lactobionato (0,667 % de cinc) a la dosis de 25 ml, Buffarini et al (1998) no vieron afectada la concentración de cinc en plasma, pelo y piel, la ganancia de peso diaria y la prevalencia de patologías podales.

Balbuena et al (1989), en el este de las provincias de Chaco y Formosa, encontraron que fueron deficientes en cinc el 32 % de las muestras de suelos, el 50 % de las de forraje, el 30 % de las de suero y el 25 % de las de hígado. También las determinaciones de cinc en pelo estuvieron por debajo de los valores de referencia. Concluyeron que la deficiencia de cinc aparece claramente en forraje y en menor medida en muestras de origen animal, y que se debería estudiar el efecto de la suplementación con cinc sobre la producción de bovinos de carne en la región.

Coppo et al (1992) en su estudio de 13.700 análisis del NEA en el período 1977-92, encontraron que muestras de suelo, pasturas, sangre e hígado de bovinos de Chaco y Formosa resultaron deficitarias en cinc. Se presume que el mismo problema puede ocurrir en bovinos de Corrientes, en campos con pastura de pangola irrigados. La carencia también fue reportada en la zona central de Santa Fe.

Ridado et al (1995), en la zona de Balcarce, Pcia. de Buenos Aires, a pesar de haber detectado variaciones entre categorías en algunas situaciones, encontraron que los valores sanguíneos de cinc siempre estuvieron dentro de los límites considerados normales (0,5 a 1,5 μg/ml, Kaneko, 1989), y que las variaciones son probablemente más dependientes de la composición química de la dieta que de la edad y el estado fisiológico.

Pechin et al (1995), en el departamento de Maracó, Pcia. de La Pampa, encontraron indicios de deficiencia subclínica de cinc en primavera y verano.

Minatel et al (1996) en 18 campos del noroeste de la provincia de Buenos Aires encontraron valores promedios de cinc superiores a 60 μg %, con tres excepciones (57,50 ± 9,65; 53,80 ± 15,60 y 45,74 ± 5,29). Los mismos autores (1998) encontraron, en la misma zona, que los bajos niveles de cinc observados en forraje, plasma e hígado podrían ser indicativos de una deficiencia estacional de este elemento. En otro trabajo encontraron que sólo el 7,3 % y el 1,8 % de las muestras de plasma de los muestreos de invierno y verano, respectivamente, presentaron valores de zinc inferiores a 60 y que las muestras de forraje en ambas fechas tuvieron niveles de zinc superiores a 20 g/kg MS.

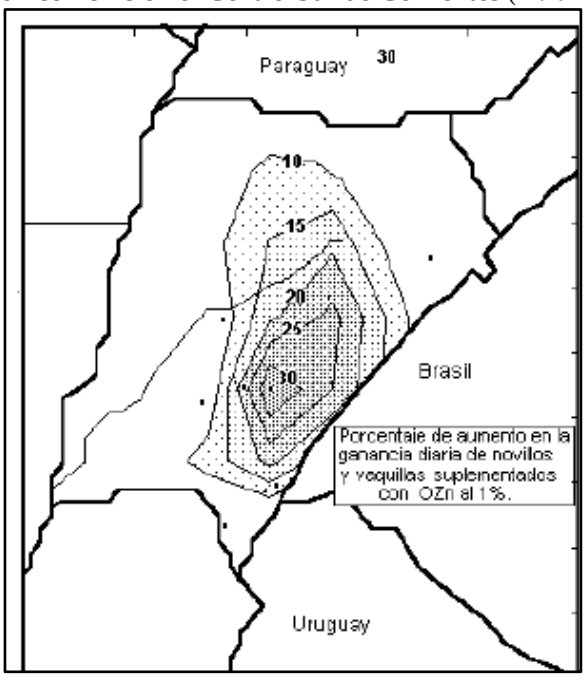
En general, podemos decir que las carencias de cinc no revelan una difusión homogénea sino focalizada.

Ruksan (1985) informa que de los resultados encontrados en la Argentina sobre concentraciones de cinc en pasturas y cereales, se desprende que posiblemente estemos en presencia de una deficiencia de cinc marginal, ya que en otros países, con las concentraciones aquí encontradas, se presentan casos severos de deficiencia clínica de cinc, por lo cual sería necesario estudiar este elemento más detenidamente, pues podría estar afectando la producción ganadera en nuestro país.

Mufarrege y Aguilar (2001) indican que en experiencias en Corrientes, el efecto promedio de la suplementación con cinc en el aumento de peso vivo de vacunos en recría fue en promedio del 15.3 % sobre los animales suplementados con sal y harina de hueso solamente. El efecto del cinc parecería que se manifiesta en campos naturales con Paja Colorada (*Andropogon lateralis*) ó con un mosaico de esta forrajera acompañado con otras especies como son el *Paspalum notatum* (Pasto horqueta), el *Andropogon selloanus* y la *Botriocloa laguroides.* El efecto parecería no manifestarse en la zona de monte al norte de Mercedes; en

pasturas naturales con pasto Jesuita, y tampoco en el Pasto Pangola. Un esquema de las isolíneas de esta experiencia se muestra en la figura 3.4. La máxima respuesta coincide con la de menor contenido de cinc en pastos, que es inferior a 20 ppm, y que está ubicada en el centro de la provincia de Corrientes. Esta zona corresponde con la Región Natural Meseta Central Mercedeña, con campos sin monte, afloramientos rocosos y pasturas naturales tipo mosaico con dominancia de *Andropogon lateralis*.

Figura 3.4.- Respuesta en aumento de peso vivo de vacunos en recría,
a la suplementación con cinc en el Centro-Sur de Corrientes (Mufarrege y Aguilar, 2001).



Se recomienda incorporar 0.5 % a 1 % de cinc a las mezclas minerales, especialmente en regiones tropicales y subtropicales, considerando esta cantidad como suficiente como para corregir cualquier probable deficiencia marginal.

DIAGNÓSTICO

La concentración de zinc en el plasma sanguíneo es el indicador de la deficiencia más utilizado aunque carece de certeza y sensibilidad como criterio para el diagnóstico. Debe emplearse con precaución para diagnosticar una deficiencia de zinc. Valores de 0.4 mcg/ml, o menores, si son persistentes, pueden ser considerados como prueba presuntiva de una deficiencia de zinc.

La deficiencia de cinc es dificultosa de detectar, tanto en su estado inicial como en su forma subclínica. A través de cambios bioquímicos en sus niveles sanguíneos, pelo y huesos, se podría obtener un diagnóstico, igualmente que al detectar una reducción de la fosfatasa alcalina (Blackmon et al, 1967).

INTOXICACIÓN

El cinc es relativamente atóxico, necesitándose más de 1 g/kg de MS para intoxicar.

Bavera (2001) indica que a concentraciones de 6-8 mg/l en el agua de bebida produce en el bovino una constipación crónica, acompañada de disminución de la producción láctea en vacas lactantes. Los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos. El estreñimiento crónico de un rodeo, por ser un fenómeno

colectivo poco frecuente, llevaría a sospechar una intoxicación por cinc. La administración experimental de grandes cantidades de sales de cinc produjo diarreas, disentería, debilidad de los cuartos traseros y muerte.

No existen tratamientos específicos, de manera que las medidas a tomar se reducen a la eliminación de la fuente de intoxicación y proporcionar medicación sintomática.

PREVENCIÓN

La deficiencia de zinc no es la principal limitante en la producción, pero ha adquirido una creciente importancia a medida que se desarrolla el potencial genético de producción y se perfeccionan los sistemas de alimentación. Los resultados de la suplementación con cinc se muestran más en las zonas donde el contenido de este mineral en los pastos es inferior a las 20 ppm.

Bajo las condiciones de nuestro país, es racional suplementar con cinc al ganado en pastoreo, en porcentajes de 0,5 de óxido o 1,5 de sulfato de cinc. Es un elemento relativamente no tóxico para los rumiantes, ya que existe un amplio margen de seguridad entre los consumos normales y aquellos que pueden ser tóxicos, aunque consumos elevados, sin ser tóxicos, pueden agravar problemas de deficiencias de otros minerales, tales como el cobre.

SELENIO (Se)

INTRODUCCIÓN

El selenio actúa en el crecimiento, reproducción, prevención de enfermedades e integridad de los tejidos. Produce problemas por carencia y por exceso.

FUNCIONES

Es un componente de la enzima glutation peroxidasa (GSH-Px), la cual contiene 4 átomos de selenio. Esta enzima previene el daño de la membrana celular porque actúa como antioxidante.

También forma parte de la iodotironina 5-deiodinasa (Arthur et al, 1990), lo que explica la disminución de la función hormonal en la tiroides observada en los animales con deficiencia de selenio. Algunas de las consecuencias de la deficiencia de selenio podrían resultar de la falta de función normal de la tiroides más que de la metabolización de los radicales libres.

Selenio y vitamina E tienen funciones relacionadas y poseen un mutuo efecto de ahorro. La vitamina E ayuda a mantener al selenio reducido, o sea en estado activo, disminuyendo los requerimientos del mismo y protegiéndolo de la interferencia de los lípidos.

El selenio es efectivo en la reducción de la toxicidad del cadmio, mercurio (Parzek et al, 1973), talio y el herbicida paraquat, ya que tiende a complejarse con los metales pesados.

ABSORCIÓN

El selenio se absorbe principalmente en el duodeno, siendo en los rumiantes la absorción entre un 20 a 40 % de lo ingerido, cifra menor que en los monogástricos. Esto posiblemente se debe a la reducción en el rumen de los selenitos a formas insolubles, como son el selenio elemental o selénidos.

EXCRECIÓN

La excreción se produce por materia fecal, en menor grado por orina y cuando la ingestión es alta, la secreción por pulmón es elevada (Ganther et al, 1966).

RESERVAS

La mayor parte del selenio se encuentra dentro de las células rojas.

El selenio no tienen un órgano de deposito definido y de fácil acceso por lo que al producirse una deficiencia, el organismo tiene dificultades para compensar rápido sus efectos.

REQUERIMIENTOS

Se protege a las crías contra la enfermedad del músculo blanco o distrofia muscular nutricional con 0,1 mg de selenio/kg MS de la dieta en forma de selenito de sodio. La necesidad de selenio depende de que la dieta contenga elementos que mejoren o entorpezcan su función (forma química del selenio, vitamina E, proteína ingerida, sulfato, cobalto, arsénico y lípidos).

Loerch (1998) indica que los niveles recomendados de selenio para el ganado de carne dependen de la cantidad de vitamina E en la dieta, pero sugiere los siguientes rangos: para vaquillonas y novillos en desarrollo y terminación 0,1 mg/kg de MS; para toros y vacas preñadas en lactancia 0,05 a 0,1 mg/kg de MS. En todas las especies los requerimientos están cubiertos con 0,1 a 0,3 mg/kg de MS de la dieta. El límite máximo tolerable es de 2 mg/kg de MS de la dieta (NRC, 1980).

CONTENIDO DE LOS ALIMENTOS

La mayoría de estudios indican que las disponibilidades del selenito y el selenato sódico son similares. Las formas orgánicas, como las levaduras con selenio, son más disponibles. Las levaduras representan una fuente de selenio más biodisponible que las formas inorgánicas.

DEFICIENCIA

La deficiencia de selenio produce una reducción del crecimiento y la enfermedad del músculo blanco en el músculo esquelético y cardíaco en animales jóvenes, y muy pobre rendimiento reproductivo en adultos. Esta enfermedad está caracterizada por músculo blanco (rigidez, cojera), falla cardiaca, parálisis, destetes de bajo peso, inmunidad reducida y anemia.

Spears (1998) indica que con respecto a la respuesta inmunitaria y a la resistencia a enfermedades, la deficiencia de selenio produce:

- Disminución de la respuesta inmune humoral frente a desafío con virus.
- Disminución de la respuesta inmune medida por células.
- Disminución de la habilidad de los neutrófilos para matar organismos fagocitados.
- Reducción in vitro de la migración al azar y quimiotática de neutrófilos.

Hay suficientes evidencias de la relación entre la retención de placenta y la deficiencia de vitamina E y de selenio, pero el mecanismo por el que estas deficiencias causan mayores retenciones placentarias no está claro. En rodeos lecheros se la ha logrado disminuir del 51,2 % al 8,8 % administrando 50 mg de selenito de sodio y 680 UI de acetato de alfatocoferol 20 días antes del parto (Comaleras, 1988).

La deficiencia de selenio puede incrementar la susceptibilidad de vacas lecheras a las infecciones intramamarias. La inyección de selenito de sodio a vacas alimentadas con dietas deficientes en selenio no afectó la incidencia de mastitis clínica, pero se redujo la duración de los síntomas clínicos.

Los rebaños lecheros de la provincia de Valdivia (Chile) presentan deficiencias nutricionales de selenio, siendo más afectados los animales en crecimiento que son mantenidos en pastoreo y con mayor intensidad en primavera (Ceballos et al, 1998).

Correa Luna y Lagos (1985) informan que en el centro norte de Santa Fe (bajos submeridionales) en el año 1982 se muestrearon vaquillonas en servicio para determinar valores de selenio en sangre, dando los análisis valores marginales a deficientes (valores normales + 0,075 mcg/ml; valores marginales 0,050 a 0,075 mcg/ml; valores deficientes < 0,050 mcg/ml).

Balbuena et al (1990), trabajando en el este de las provincias de Chaco y Formosa, encontraron que fueron deficientes en selenio el 81 % de las muestras de forraje, el 48 % de las muestras de suero sanguíneo y el 12 % de las muestras de hígado, concluyendo que el selenio sería marginal a deficiente para la nutrición del ganado de carne en la zona estudiada.

Coppo et al (1992) en su revisión de análisis del período 1977-92 en el NEA, indican que la zona más afectada por el déficit de selenio, generalmente asociado a la de vitamina E, es la del norte de Santa Fe, aunque también existe en el sur de dicha provincia, en la zona entre Chaco y Formosa, en Santiago del Estero y en Entre Ríos.

El Laboratorio de Bioquímica Clínica Veterinaria del Grupo de Salud Animal del INTA de Balcarce ha detectado deficiencia de selenio en la provincia de Buenos Aires en los partidos de Balcarce en vacas de cría y toros. En Las Flores y 25 de Mayo en vacas lecheras, en Lincoln y Chivilcoy en vacas de cría y en Guaminí en novillos. En la provincia de Río Negro en el departamento de Pichi-Mahuida en vacas de cría. En la Provincia de Córdoba, en novillos y vaquillonas y en Santa Fe, departamento de Las Colonias en vacas lecheras. En estos casos, la presentación fue estacional entre los meses de noviembre a marzo.

Los signos clínicos encontrados, asociados con esta deficiencia fueron: "animal despaletado", mal estado general del rodeo, pelaje defectuoso, problemas reproductivos, mastitis y edema de ubre. En algunos casos la deficiencia estaba asociada a enfermedades tales como pietín, hipocuprosis y paratuberculosis.

Minatel et al (a) encontraron en la prov. de Bs.As. que las muestras de forraje tuvieron concentraciones de selenio inferiores a 0,2 mg/kg MS (V.C. bajo) en ambos muestreos. El 77 % y el 68,5 % de las muestras de sangre de los muestreos de invierno y verano, respectivamente, presentaron niveles de actividad de la enzima GSH-Px inferiores a 30 UI/g Hb (V.C. bajo), por lo que consideran que en la zona hay deficiencia de selenio.

Fader (2001), en el área de influencia de la E.E.A. Manfredi (centro de Córdoba), detectaron carencias de zinc, magnesio, calcio y selenio y que esta última podría ser una de las causales de la baja fertilidad en algunos de los rodeos del área en cuestión. No debe descartarse la posibilidad de que existan deficiencias combinadas que potencien sus efectos clínicos y otros elementos que en cierta época del año también influyen.

Las carencias de selenio en nuestro país, según se desprende de las investigaciones realizadas hasta el momento y como se observa en la figura 3.5, no son homogéneas en su distribución, sino focalizadas.

Figura 3.5.- Distribución geográfica de la deficiencia de selenio en bovinos según análisis efectuados hasta 1994 (Ruksan, 1994).

Ruksan (1994) llega a las siguientes conclusiones:

- La deficiencia de selenio en bovinos existe en el país y abarca una amplia zona ganadera desde Chaco hasta la cuenca del Salado en la provincia de Buenos Aires.
- En la mayoría de los casos, aunque no siempre, se presenta junto con la deficiencia de cobre.
- Afecta a bovinos, ovinos, equinos y llamas.
- En los bovinos se ha encontrado enfermedad del músculo blanco, muerte perinatal, abortos, repetición de celos.
- Afecta más a vaquillonas Holando que a las Aberdeen Angus o cruza cebú cuando pastorean en un mismo campo.
- La carencia no sufre variaciones significativas a través del año para cada zona.

TOXICIDAD

El exceso de selenio en forma crónica (enfermedad alcalina o alkali disease) produce pérdida de apetito y de pelos largos en la región de la cola, deformación de pezuñas, resquebrajadas, alargadas, que pueden llegar a desprenderse, dolor, cojera, emaciación. Hay atrofia del músculo cardíaco, cirrosis, nefritis y anemia microcítica e hipocrómica de gravedad progresiva. La muerte suele ser consecuencia de la inanición y sed, ya que además de pérdida de apetito, el animal no puede trasladarse.

En la intoxicación aguda (ceguera tambaleante, vértigo ciego o blind stagger), la muerte suele ser debida a paro respiratorio.

El selenio atraviesa la placenta y las mamas, naciendo terneros con deformaciones típicas en pezuñas.

La intoxicación con selenio puede ocurrir por suplementación mineral excesiva del mismo o por consumo de plantas naturalmente altas en selenio. Las pasturas en áreas seleníferas pueden contener de 5 a 20 ppm de selenio (Underwood, 1977), aunque algunas de estas plantas pueden llegar a tener 3.000 mg de selenio por kg de MS. El consumo de forrajes que contengan de 5 a 40 mg de selenio por kg producen la intoxicación crónica.

Hay descripciones de la toxicidad aguda y crónica del selenio en la Argentina (Lemley, 1943; Ammerman et al, 1978). El selenio de las tierras seleníferas aparece en diversas formas químicas, con una utilidad variable para las plantas. Las diversas especies vegetales presentan una gran variabilidad en su capacidad para absorber y retener el selenio de los terrenos que presentan diversas cantidades y compuestos del mismo. Por consiguiente, la incidencia real y la gravedad de la selenosis en los rumiantes depende de la interacción entre las cantidades y formas del selenio existente en los terrenos y las especies vegetales presentes y que consumen los animales. Por lo tanto, las tierras ricas en selenio no determinan necesariamente niveles elevados del mismo en los forrajes (Underwood, 1968).

Dietas altas en proteínas y arsénico parecen ofrecer alguna protección contra ingestiones elevadas de selenio (Levander y Baumann, 1966; Underwood, 1977).

La concentración en la ración de selenio en la Unión Europea (UE) está limitada a 0.5 ppm. Los niveles máximos establecidos por la UE están lejos de la toxicidad en los animales, que está alrededor de los 3-5 ppm en suplementaciones permanentes (ARC, 1980; NRC, 2001). Sin embargo, con niveles en la ración del animal superiores a 0.5 ppm la acumulación de selenio en forma de sales en la res puede resultar tóxica para el consumidor final. Por este motivo la legislación de EE.UU. prohíbe aportes de selenio superiores a las 0.3 ppm.

PREVENCIÓN

Se puede corregir la deficiencia mediante el tratamiento de los animales con selenio inyectable como selenito de sodio, el que debe repetirse cada 3-4 semanas o como selenato de bario de absorción lenta, el que mantiene la actividad de GSH-Px en valores normales.

La dosis recomendada para suplementación inyectable es de 3 mg de selenio/45 kg de peso vivo por vía intramuscular o subcutánea, dosis que debe repetirse cada 90 días (Sereno et al, 1999).

También se puede emplear la suplementación oral ad libitum o en raciones, agregando selenito de sodio a razón de 1,5 mg por día por animal.

La deficiencia grave de selenio es un problema regional. Se debe estar atento a las áreas donde el contenido de selenio en los forrajes es alto, ya que si en ellas suplementamos con una mezcla mineral conteniéndolo agravaremos el problema, a pesar de los supuestos beneficios de los otros minerales aportados.

COBALTO (Co)

INTRODUCCIÓN

La vitamina B_{12} o cianocobalamina tiene en su molécula un átomo de cobalto que representa un 4,5 % de su peso molecular, siendo sintetizada solamente en el rumen.

FUNCIONES

La vitamina B_{12} es necesaria para el metabolismo propiónico, energético y proteico, por lo que lo hace muy importante en el metabolismo de la energía.

EXCRECIÓN

Se excreta por orina. Esta vía de excreción tiene cierta importancia cuando se suplementa con cobalto en zonas deficientes, ya que hace aumentar en poco tiempo el contenido de cobalto de las pasturas.

RESERVAS

La ingestión de cobalto debe ser permanente, porque la vitamina B_{12} se almacena en el hígado pero disminuye rápidamente cuando ocurre una deficiencia de cobalto.

REQUERIMIENTOS

Una concentración de 0,10 ppm en la MS de la dieta es considerada adecuada para todas las categorías del ganado de carne (Smith y Loosli, 1957; Smith, 1987). Otras observaciones promedian entre 0,07 y 0,11 ppm en MS (Underwood, 1977).

Loerch (1998) aconseja concentraciones de 0,10 ppm en la MS de la dieta, considerándola adecuada para todas las vacas. Sanders (1990) considera que esa cantidad es inadecuada para vacas que producen mas de 35 kg de leche por día porque la mayoría de los estudios se han realizado en animales adultos y castrados que no tienen los altos requerimientos de las vacas lecheras de alta producción.

EL RUMEN

El cobalto es requerido por los microorganismos del rumen para crecer y reproducirse normalmente y para producir vitamina B_{12} o cianocobalamina, por lo que los rumiantes no son dependientes de la ingesta de vitamina B_{12}, sino que la sintetizan en el rumen a partir del cobalto ingerido.

El rumen del bovino a las 6 a 8 semanas ya está en condiciones de sintetizar la vitamina B_{12}.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Sanders (1990) considera que la deficiencia de cobalto es más probable en bovinos alimentados en suelos de origen volcánico o con subsuelo de piedra caliza, pero considera que las prácticas de abono juegan un

papel más importante que el tipo de suelo. Donde el pH del suelo excede a 6,7, la captación de cobalto por las plantas es usualmente pobre. Este pH bajo causa asimismo aumento de la captación de molibdeno por parte de las plantas, por lo que es común la deficiencia simultánea de cobalto y cobre.

Un suelo que contiene menos de 2 ppm de cobalto es generalmente considerado deficiente para rumiantes (Corner y Smith, 1938; Correa, 1957). Debido a los muchos factores que pueden afectar la disponibilidad de cobalto para las plantas y animales, Latteur (1962) advirtió contra el uso aislado del nivel de cobalto en el suelo como indicador de la suficiencia o insuficiencia de este elemento. Cuando los niveles de cobalto en el suelo son elevados, la cantidad disponible en la planta generalmente es suficiente. Con niveles intermedios de cobalto en el suelo, es difícil correlacionar niveles en suelo con síntomas de deficiencia en bovinos.

Las leguminosas contienen mayor cantidad de cobalto que las gramíneas. La alfalfa posee entre 0,09 y 0,56 ppm sobre la MS (NRC, 1978).

Las harinas de oleaginosas son en general buenas fuentes de cobalto, mientras que los granos de los cereales, especialmente el maíz, son pobres (0,01 a 0,06 ppm de MS).

DEFICIENCIA

Los síntomas de la deficiencia de cobalto son similares a los de la inanición. La pérdida de apetito es uno de los primeros síntomas, que se alivia rápidamente cuando se suministra cobalto en la dieta, ya que se vuelve a producir vitamina B_{12} en el rumen. Otros síntomas son retraso en el crecimiento, pérdida de peso, anemia, andar vacilante, pelo áspero, piel frágil, disminución de la producción láctea, alto índice de mortandad en los terneros, fertilidad deprimida y finalmente muerte.

Con respecto a la respuesta inmunitaria y resistencia a enfermedades, MacPherson et al, 1988 (citados por Spears, 1998), informan que los neutrófilos aislados de ovejas y terneros deficientes en cobalto tuvieron una reducida habilidad para matar a Candida albicans. También se ha observado un incremento en la susceptibilidad a enfermedades en ovejas deficientes en cobalto.

Los animales con deficiencia de cobalto son más susceptibles al parasitismo. La presencia de una parasitosis masiva no descarta el diagnóstico de carencia primitiva de cobalto (Andrews, cit. por Blood y Radostits, 1992).

Las dietas ricas en molibdeno parece que reducen la síntesis de vitamina B_{12}. El cobalto mejora la utilización del hierro para la formación de hemoglobina cuando el molibdeno está presente en la dieta. Los terneros son ligeramente más sensibles a la deficiencia de cobalto que el animal adulto.

A pesar que los síntomas agudos son dramáticos, Latteur (1962) ha sugerido que en áreas subdeficientes en cobalto puede existir una pérdida económica aún más importante. Un efecto estimado de la subdeficiencia de cobalto sobre la producción bovina en general no puede establecerse, pero en muchas partes del mundo es una de las principales causas de baja producción.

El contenido total de cobalto en sangre es de alrededor de 0,9 ng de vitamina B_{12} por ml en terneros y 0,5 ng/ml en vacas adultas (Smith y Loosli, 1957).

En Entre Ríos existe la presunción, no confirmada, de una deficiencia de cobalto (Hofer et al, 1985 a).

Balbuena et al (1990), en el este de las provincias de Chaco y Formosa, encontraron que el 27 % de las muestras de forrajes resultaron deficientes en cobalto, pero las muestras de biopsias de hígado presentaron valores normales, por lo que concluyen que el cobalto en la mayor parte esta zona resultaría adecuado para la nutrición del ganado de carne.

DIAGNÓSTICO

Una proporción de vitamina B_{12} menor a 0,1 mcg/g de hígado fresco indica una deficiencia moderada de cobalto. Por debajo de 0,07 mcg/g indica una deficiencia severa (Andrews et al, 1959). Niveles de vitamina B_{12} en plasma en adultos de alrededor de 0,2 ng/ml indican una deficiencia de cobalto, con una gran variabilidad individual.

Otro indicador de una deficiencia de cobalto es un elevado piruvato en sangre.

Underwood (1977) considera que los niveles de cobalto en sangre son tan variables que resultan de poca utilidad en el diagnóstico de su deficiencia. En la práctica, la concentración de cobalto en el hígado de los rumiantes es suficientemente sensible a los cambios en el consumo de cobalto como para emplearlo en el diagnóstico de deficiencia. Sanders (1990) indica que los niveles normales en hígado son de 0,2 a 0,3 ppm, mientras que en la deficiencia de cobalto alcanzan niveles tan bajos como 0,04 a 0,08 ppm.

Sin embargo, Sanders (1990) opina que resulta más fácil evaluar los niveles de molibdeno en los forrajes para el diagnóstico presuntivo de la deficiencia de cobalto que realizar análisis de cobalto en hígado, ya que el mismo pH del suelo que incrementa la captación de molibdeno por el forraje suprime la captación de cobalto. Si los niveles de molibdeno en el forraje exceden 1,5 ppm probablemente la captación de cobalto por el mismo será inadecuada. También la cetosis recurrente sugiere la deficiencia. Este diagnóstico se podría completar con la administración de vitamina B_{12} inyectable, lo que habitualmente mejora el apetito y la producción en los animales deficientes.

TOXICIDAD

La ingesta excesiva da lugar a policitemia, debida a la inhibición por el cobalto de algunos sistemas enzimáticos respiratorios, tales como la citocromo oxidasa y la succínico deshidrogenasa (Dukes y Swenson, 1981).

La intoxicación con cobalto no es probable, salvo grandes errores en la formulación de la suplementación dietética mineral. El bovino puede tolerar hasta 100 veces mas de los requerimientos (NRC, 1980) o hasta 50 mg/45 kg de peso corporal (Sanders, 1990).

PREVENCIÓN

A pesar que con inyecciones de vitamina B_{12} se pueden prevenir los síntomas de deficiencia de cobalto, es más conveniente y económico suplementar la dieta con cobalto, permitiendo a los microorganismos del rumen la síntesis de la vitamina B_{12} para la subsecuente absorción.

Houser et al (1978 a) aconsejan un nivel de 150 g de sulfato de cobalto cada 100 Kg de sal ofrecida ad libitum a los bovinos. Esta cifra es varias veces superior a la que resultaría de aplicar las normas del NRC. Blood et al (1983) aconsejan como tratamiento aplicar 10 veces la dosis profiláctica.

Sanders (1990) aconseja agregar continua y rutinariamente cobalto a la ración de los rodeos de alta producción.

La suplementación al 200 % es aconsejable por ser el cobalto imprescindible para las bacterias del rumen

IODO (I)

INTRODUCCIÓN

El iodo está presente en la mayoría de las células del cuerpo.

FUNCIONES

La glándula tiroides lo requiere para la síntesis de la hormona tiroidea. El iodo participa, como única función conocida, en la formación de las hormonas producidas por la glándula tiroides, tiroxina (T_4) y triyodotironina (T_3). Estas hormonas regulan el metabolismo de los carbohidratos, proteico y lipídico, la temperatura corporal, el crecimiento y desarrollo, la reproducción y la función muscular; además, controlan la tasa de oxidación celular (McDowell, 1992).

ABSORCIÓN

El 70-80 % del iodo ingerido se absorbe en el rumen y hay una resecreción considerable en el abomaso, que es nuevamente absorbido en el intestino delgado y grueso.

EXCRECIÓN

El iodo absorbido es capturado por la glándula tiroides o excretado por orina. En las vacas en lactación, se secreta por leche aproximadamente el 8 % del iodo dietético.

RESERVAS

El órgano de reserva es la glándula tiroides, pero en escasa cantidad.

REQUERIMIENTOS

Los requerimientos de iodo en los rumiantes no han sido bien establecidos, pero se estiman para una vaca de 500 kg en aproximadamente 1 mg/día. Para una vaca lactando esta cifra es 3 a 5 veces superior. Se considera que 0,5 mg de iodo/kg MS es adecuado, a menos que la dieta contenga sustancias goiotrogénicas (bociógenas) que interfieran en el metabolismo del iodo, dificultando la captación del iodo por la tiroides.

El requerimiento de iodo en los bovinos lecheros mantenidos en pastoreo varía según la edad y el estado productivo, alcanzando a satisfacerse el requerimiento en animales no lactantes cuando la concentración de este mineral en la ración es de 0,3 ppm base seca; durante la lactancia, la producción de leche impone un incremento en el requerimiento y la concentración en la ración debe elevarse hasta 0,5 ppm, considerándose que estas concentraciones son suficientes en ausencia de bociógenos en la dieta (Grace, 1989; McDowell, 1992; NRC, 2001). La presencia de bociógenos induce un incremento en la necesidad de iodo que puede llegar a ser hasta cuatro veces el requerimiento señalado (Grace, 1989; Grace, 1994; NRC, 2001; Contreras et al, 2003).

EL RUMEN

Produce un efecto levemente estimulante de la digestión ruminal (Maidana, 1982).

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

La cantidad de yodo en los alimentos depende del disponible en los suelos. La estabilidad de los compuestos yodados es importante porque el iodo es fácilmente destruido en los alimentos por el calor, humedad, luz y contacto con otros minerales, a menos que sea protegido contra la oxidación. Sales como el yoduro de potasio o de sodio son fácilmente perdidas. Los yodatos, tales como el de calcio, o algunas formas orgánicas de iodo (etilendiamina dihidroiodo, EDDI) son mas estables y disponibles en suplementos minerales y dietas. La concentración máxima que puede emplearse por animal adulto se ha establecido en 10 mg de iodo como EDDI por día.

Bavera et al (1999) indican que los yoduros en el agua de bebida sólo se encuentran en cantidades mínimas y en casos aislados en aguas subterráneas, por contaminaciones, especialmente con agua de mar.

Los efectos goiotrogénicos sobre la inhibición de la actividad tiroidea han sido bien documentados, existiendo una variedad amplia de plantas implicadas (Underwood, 1977), tales como el trébol blanco (tiocianatos), Panicum coloratum, Paspalum dilatatum, Leucaena leucocephala, crucíferas como col (progoitrina), repollos, nabos y mostacillas (glucosinolatos), soja y semilla de algodón y sus subproductos, etc.

La alimentación con forrajes tales como un alto consumo de silaje de maíz, ha dado terneros con bocio. La solución en la mayoría de los casos es incrementar los aportes de iodo de 2 a 4 veces los requerimientos.

DEFICIENCIA

La carencia de iodo produce retardo del crecimiento, supresión, depresión o irregularidad del estro, disminución de la libido, deterioro de la calidad del semen, reabsorción embrionaria, abortos, fetos muertos al nacer, gestación y partos prolongados, placentas retenidas, nacimiento de terneros muertos, débiles, con bocio o alopécicos, presentando a menudo caída del pelo en animales jóvenes y síntomas de bocio (coto).

En el bovino hay cuatro causas comunes de hipotiroidismo clínico:

1ª) El pastoreo de forrajes con bajas concentraciones de iodo.

2ª) La deficiencia de selenio. La deiodinasa en el hígado es una selenoenzima, y al haber una deficiencia de selenio se afectan las concentraciones de las hormonas tiroideas debido a la disminución de la actividad de esta deiodinasa. Esto se ve al comparar las concentraciones de las hormonas tiroideas de terneros alimentados en una pradera deficiente en selenio y terneros que recibieron suplementación con este mineral, donde los terneros deficientes en selenio presentaron menores concentraciones de T_3 que los que recibieron suplementación con selenio (Wichtel y col., 1996).

3ª) La ingestión de plantas y semillas con sustancias bociogénicas (tiocianatos, tioglucósidos, percloratos).

4ª) La excesiva ingestión de calcio.

En las circunstancias señaladas las concentraciones de hormonas tiroideas en la sangre disminuyen, lo que induce a una reducción en el intercambio de energía y en la liberación de calor corporal, es decir, se produce una disminución en el metabolismo basal del animal. Esto trae como resultado la activación de secreción de TSH de la adenohipófisis, lo que provoca una modificación de la estructura y un aumento compensatorio del tamaño tiroideo (bocio) en una tentativa de compensación del déficit de iodo.

El bocio o "coto" en algunas zonas del país, es el signo clínico más frecuentemente observado, sin alteraciones anatómicas en otros órganos. Por lo tanto, desde el punto de vista clínico, el diagnóstico de una deficiencia de iodo se basa en la presentación de una deformación en el cuello, blanda al tacto, generalmente bilateral, producida por la hipertrofia de los lóbulos de la tiroides. Estos signos se observan más frecuentemente en terneros, novillitos y vaquillonas que en animales adultos, porque los animales con esta sintomatología son refugados.

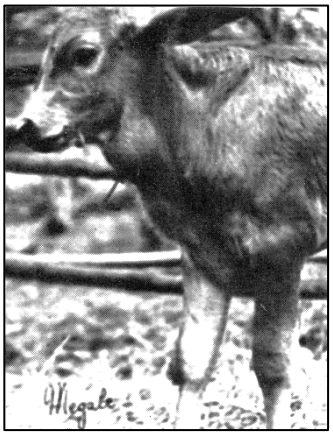


Figura 3.6.- Bocio en ternera (F. Megale, Univ. Fed. Minas Gerais, Brasil)

Cuadro 3.6.- Contenido total de iodo en glándulas tiroides frescas normales y muy hipertrofiadas (Adapt. de Hansen, 1995).

Especie	Glándula tiroides fresca	
	Normal	Hipertrofiada
Bovino	111 mg	5 mg
Ovino	68 mg	0,3 mg

Hansen (1995) indica que cuando el frío se presenta repentinamente aumenta la actividad de la tiroides y disminuye el contenido de iodo al reducir la cantidad de tiroglobulina contenida en los alvéolos; se intensifican los efectos de las sustancias antitiroideas y se puede precipitar la aparición de los síntomas subclínicos. Cuando la exposición al frío es muy larga, el estrés determina una secreción de ACTH que tiende a frenar la actividad de la tiroides.

Por otra parte, el exceso de calor deprime la función tiroidea, hecho muy importante a tener en cuenta cuando se introducen bovinos europeos en áreas bociógenas subtropicales. La tiroides juega un papel importante en la regulación de la temperatura corporal, ya que alrededor de un 40 % del calor producido depende del control tiroideo.

El agrandamiento de la glándula tiroides en el recién nacido es la primera manifestación de una deficiencia de yodo. Si durante los primeros días se ayuda a mamar a estos animales (terneros dormilones), suelen recuperarse, pero todos los terneros que sobrevivan con deficiencia de yodo o tratados con yodo o iodotiroxina, cuando adquieren una aceptable terminación deben venderse para faena, pues no se deben mantener estos animales como reproductores por los problemas inherentes a su carencia congénita.

La cantidad de iodo que se incorpora en las hormonas tiroideas es variable y depende de la cantidad consumida en la ración; así, es que frente a una disminución en el consumo, la glándula tiroides capta hasta un 30 % del iodo ingerido para destinarlo a la síntesis hormonal (McDowell, 1992; NRC, 2001), no observándose una disminución significativa en la concentración de T_4. La disminución en la concentración de esta hormona se alcanzaría cuando el déficit en el consumo de iodo se mantiene por períodos prolongados y con dietas cuya concentración del mineral sea inferior a 0.1 ppm (McCoy y col., 1997).

Las carencias de iodo pueden aparecer hasta un año después que los animales comienzan a alimentarse con una dieta deficiente.

Underwood (1977) indica distintas interrelaciones que interfieren en el metabolismo del iodo: tiocianatos, percloratos, sales de rubidio, tenores altos de arsénico, fluoruros y calcio en la dieta, niveles deficientes o altos de cobalto y bajas ingestas de manganeso. Blood et al (1983) citan como factor importante el calcio en exceso en la dieta, que reduce la absorción del iodo.

Coppo (1985) informa de una deficiencia de iodo en Formosa en gran cantidad de terneros y vientres.

Renolfi et al (1985) comunican que en Santiago del Estero la mayor deficiencia mineral comprobada es el bocio en caprinos.

Mombelli y Fader (1985) informan que en la zona de la E.E.A Manfredi (norte de Córdoba) se cree existe una carencia subclínica de iodo, pues los animales responden a los toques medicamentosos debido a la abundancia de actinomicosis, requiriéndose aún diagnóstico confirmatorio.

La Cátedra de Clínica de Grandes Animales de la Universidad Nacional de Río Cuarto ha diagnosticado clínicamente bocio en bovinos en la zona de sierra cercana a Río Cuarto, y ha advertido que muchos productores lo confunden con actinomicosis, por lo que al medicamentar sin intervención veterinaria al animal con yoduro de sodio o de potasio endovenoso, solucionan indirectamente el caso clínico individual.

García Torregrosa (1991), en Salta, en equinos de un establecimiento donde se habían presentado abortos y casos clínicos de bocio en yeguas y en sus potrillos, encontraron que los resultados de los análisis en leche y sangre confirmaban la deficiencia de yodo diagnosticada clínicamente, coincidiendo la variación estacional con observaciones realizadas en otros países.

Pechín (1994) informa la carencia de iodo en el oeste de La Pampa en caprinos.

Coppo et al (1992) en su revisión sobre análisis efectuados en el NEA, indican que varias comunicaciones alertaron sobre las posibilidades de que los bovinos de la zona estén padeciendo carencias subclínicas de iodo en Corrientes, Formosa y Chaco. Su grupo de trabajo las constató en el norte de Formosa (departamentos Pilcomayo y Laishí), ocasión en que el bocio afectó tanto a ganado adulto como terneros, con severa disminución de la T_4.

La especie más susceptible parece ser el caprino, habiéndose reportado en ellos trastornos clínicos en las provincias de Chaco, Formosa y Santiago del Estero. La deficiencia fue detectada también en ovinos de Uruguay.

En el este de las provincias de Chaco y Formosa se ha visto deficiencia de iodo con bocio en terneros y cabritos (Balbuena, 2003).

Sager (1994a) informa carencia de yodo en el noreste y centro este de San Luis en caprinos.

Las carencias de yodo en nuestro país no son de difusión homogénea, sino focalizadas, estando bien diferenciadas las zonas bociógenas de las no bociógenas por las variaciones significativas del yodo en suelo, agua y pasturas.

DIAGNÓSTICO

El diagnóstico se debe confirmar por el dosaje de T_4 y T_3 por radioinmunoensayo (RIA) en sangre.

TOXICIDAD

La toxicidad por iodo es muy rara debido a que los niveles tóxicos son muy superiores a los presentes en la dieta. El máximo tolerable en la dieta es de 50 mg de iodo/kg de MS. Con esta dosis como iodato de calcio en terneros se produjo una reducción del consumo y de los aumentos de peso, con tos y descargas nasales, pero la misma dosis como EDDI en terneros y vacas lactando no produjo efectos adversos (NRC, 1980).

A tener en cuenta para la salud humana, es que la leche de las vacas de regiones con plantas bociógenas contiene una sustancia capaz de inducir al desarrollo de bocio en quien la bebe durante un tiempo prolongado, lo que no es solucionable con el aumento de iodo en al dieta de esas vacas (Hansen, 1995).

PREVENCIÓN

Como tratamiento individual se puede utilizar 1 g de yoduro de potasio disuelto en agua por boca durante 8 días, quince de descanso y repetir otros 8 días. También se debe pincelar a los terneros en la zona del cuello día por medio con tintura de yodo.

Administración de suplemento mineral ad libitum durante todo el año, conteniendo un mínimo de 0,007 % de una sal iodada estable. Esta sal puede ser, por ejemplo, el yodato de potasio, que debe administrarse en zonas bociógenas a razón de 200 mg/kg del suplemento mineral (0,02 %).

La recuperación de los animales con bocio es inmediata al ser suplementados con yodo.

En la Argentina es obligatorio el agregado de yodo a la sal para consumo humano, pero no es obligatorio en la sal para alimentación del ganado.

MANGANESO (Mn)

INTRODUCCIÓN

El manganeso es necesario en el metabolismo de los carbohidratos y en la reproducción.

FUNCIONES

La función principal es la de actuar como cofactor de la glicosiltransferasa que interviene en la formación del polisacárido condroitín sulfato, componente esencial del cartílago y de la correcta formación del hueso. También actúa en la síntesis de oligosacáridos y glucoproteínas. El Mn_2^+ es parte de la enzima pirúvico carboxilasa y es necesario para la actividad de la superóxido dismutasa.

ABSORCIÓN

Se absorbe muy bien a lo largo del intestino delgado, transfiriéndose a través de las células de la mucosa hacia la sangre portal. Aumenta la absorción cuando hay deficiencia de hierro, disminuyendo en presencia de este. En el hígado equilibra el Mn_2^+ de las mitocondrias hepáticas.

EXCRECIÓN

Por heces.

RESERVAS

Las reservas de manganeso que posee el organismo son limitadas, localizadas principalmente en los huesos y en menor cuantía en el hígado y otros tejidos.

REQUERIMIENTOS

Hawkins et al (1955) y Lassiter et al (1972) indican que dietas con excesivo nivel de calcio y/o fósforo incrementan sustancialmente los requerimientos de manganeso, ya que interfieren en su absorción. También existen interacciones del manganeso con el magnesio, cobre, hierro, cinc y molibdeno. Esto dificulta la determinación de los requerimientos.

Las hembras adultas tienen mayores requerimientos que los animales en engorde (Bentley y Phillips, 1951; Rojas et al, 1965). Las necesidades de manganeso para la reproducción son mayores que para el crecimiento y desarrollo del esqueleto. El NRC (1984) considera que 40 ppm de manganeso en la MS serían los requerimientos adecuados para una reproducción normal, mientras que para el ganado en crecimiento y terminación serían de 20 ppm (Underwood, 1977), con un máximo tolerable de 1.000 ppm.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Los terrenos que contienen menos de 3 ppm y los pastos con menos de 80 ppm deben considerarse pobres en manganeso para la fecundidad normal de los bovinos. Si bien los pastizales generalmente poseen un contenido normal de manganeso (44 a 199 ppm), pueden ocurrir trastornos debido a deficiencias condicionadas de manganeso por factores ambientales que limitan su absorción o utilización. La presencia de manganeso en los pastos depende fundamentalmente de su tasa en el suelo y del pH.

Los suelos con aptitud agrícola tienen menor contenido de manganeso.

El manganeso contenido en las pasturas en base a gramíneas y leguminosas es en promedio 100 ppm sobre MS, mientras que los granos de maíz, cebada y avena contienen 5 a 40 ppm (Redshaw et al, 1978; Hidiroglou, 1979). El maíz es especialmente bajo en manganeso. Las fuentes vegetales de proteína contienen entre 30 y 50 mg de Mn/kg de MS, mientras las proteínas de origen animal contienen entre 5 y 15 mg de Mn/kg de MS. Por lo tanto, en principio, solo haría falta suplementar con manganeso en raciones basadas en maíz, sorgo, mijo, cebada y suplementos de origen no proteico. Los concentrados proteicos proporcionan suficiente manganeso adicional cuando éste falta en el resto de los componentes de la dieta.

Como en el caso del hierro, en las aguas subterráneas la disolución de los minerales manganíferos se debe a la acción del dióxido de carbono y las aguas de alcalinidad elevada tienen menor tenor de manganeso. Es un elemento poco frecuente en las aguas naturales, pero que puede ser hallado más comúnmente en las de origen subterráneo. Este elemento se solubiliza como bicarbonato manganoso, y en oportunidades como nitrato, cloruro o sulfato. Las aguas que lo contienen, incoloras, al contacto con el aire se enturbian, y el manganeso oxidado forma depósitos oscuros y tenaces. Al igual que el hierro, las aguas con un contenido apreciable de manganeso adquieren sabores desagradables e intensos (Bavera, 2001).

DEFICIENCIA

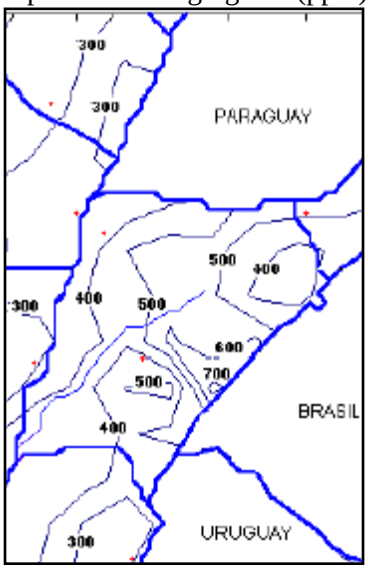
La manifestación de los síntomas varía con la intensidad y duración de la deficiencia y con la edad del animal. Los animales jóvenes mantienen el apetito y crecimiento tras varias semanas de consumir una dieta deficiente, dependiendo la duración de esta normalidad aparente de la intensidad de la deficiencia. Durante este período se movilizan las limitadas reservas de manganeso que posee el organismo. La continuidad de la deficiencia produce anormalidades en el esqueleto, rigidez, miembros deformados y articulaciones aumentadas de tamaño.

Las funciones reproductoras del macho y de la hembra son especialmente sensibles a la carencia de manganeso. Las terneras experimentan retraso en el estro y en la concepción sin que disminuya el crecimiento o se reduzca posteriormente la producción de leche. En las vacas adultas se produce subfertilidad, con disminución de concepciones y falta de celo o celo irregular, abortos y pesos al nacimiento bajos. Hay defectos del desarrollo fetal, verificados en anormalidades óseas y nerviosas al nacimiento, con ataxia. Un cambio bioquímico que acompaña a los trastornos de la reproducción en las hembras consiste en una concentración notablemente inferior a la normal del manganeso en los ovarios. En los toros, el efecto se muestra por una producción de semen de baja calidad.

Hidiroglou et al (1978) consideran como promedio normal de manganeso en plasma a 25 mg/ml.

Balbuena et al (1989), en el este de Chaco y Formosa, encontraron que el manganeso se encuentra en valores adecuados para la nutrición del ganado de carne de la región.

Figura 3.7.- Isolíneas del contenido de manganeso en pastizales de la región NEA.
Partes verdes de las plantas. En mg/kg MS (ppm) (Mufarrege, 2003).



Ruksan (1985), basándose en los datos existentes sobre manganeso en pasturas en nuestro país hasta el momento, opina que los mismos indicarían que dicho elemento aparentemente no sería un factor limitante para la producción ganadera. De todos modos, sería necesario ampliar la zona de investigación y profundizar sobre el tema.

Mufarrege (2003) considera que en pastizales de la región NEA es improbable que ocurran deficiencias de manganeso en el ganado, dado que siendo su contenido en los pastizales un reflejo del nivel del elemento en los suelos, el mismo es suficientemente alto como para que no se produzcan deficiencias del elemento, ni en los vacunos ni en los lanares. Pero en la región templada podrían producirse deficiencias, ya que hay un mayor número de muestras deficientes en manganeso.

DIAGNÓSTICO

Van Koestneld (1958) determinó que el pelo del ganado vacuno adulto y sano contiene una media de 8 a 15 ppm de manganeso, mientras que el del bovino que presenta alteraciones en el suministro de manganeso contiene menos de 8 ppm. También los niveles subnormales de alcalino-fosfatasa en sangre y huesos y la actividad reducida de la arginasa hepática pueden mostrar la deficiencia de manganeso.

McDowell et al (1993) proponen, una vez descartadas otras causas, diagnosticar suplementando con manganeso un lote de vacas problema en fertilidad comparándolo con otro no suplementado.

TOXICIDAD

Es uno de los minerales con menor efecto tóxico. Su máximo tolerable es de 1000 ppm (NRC, 1996).

PREVENCIÓN

Las deficiencias de manganeso se corrigen proporcionando una suplementación oral con un mínimo del 50 % de los requerimientos.

HIERRO (Fe)

INTRODUCCIÓN

El hierro es un componente de la hemoglobina y de la mioglobina.

FUNCIONES

Está involucrado en el transporte del oxígeno celular y en la respiración celular. Varias enzimas (citocromo e hierrosulfuroproteínas) lo contienen o son activadas por el hierro.

ABSORCIÓN

Es absorbido en la primer porción del intestino delgado, captado por la ferritina. La absorción se produce cuando la concentración de hierro en las células intestinales está disminuida. Con un nivel adecuado de concentración, no se absorbe.

EXCRECIÓN

Se excreta en muy pequeñas cantidades por orina y materia fecal.

RESERVAS

Más del 50 % del hierro del cuerpo está en la hemoglobina. El hígado, bazo y médula ósea son los reservorios más importantes.

REQUERIMIENTOS

Los terneros tienen mayores requerimientos (100 ppm) que los adultos (50 ppm) (Bremner y Dalgarno, 1973; Matrone et al, 1957). Esto se debe principalmente a que los terneros necesitan aumentar su volumen

sanguíneo y muscular, mientras los animales adultos reciclan gran parte del hierro sin aumentar el volumen corporal.

EL RUMEN

Es importante para el crecimiento de la flora y se encuentra en cantidades variables según el tipo de alimento. La concentración media es de 1 a 6 ppm. Si el hierro supera una concentración de 900 ppm, inhiben el desarrollo bacteriano (Maidana, 1982).

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Los forrajes tienen un contenido inconstante de hierro, pero la mayoría tiene de 70 a 500 ppm sobre MS. Los granos de cereales entre 30 y 60 ppm, las harinas de semillas de oleaginosas 100 a 200 ppm (Underwood, 1981), las harinas de carne y pescado 400 a 500 ppm y la harina de sangre más de 3.000 ppm.

Gran parte de la variación en el contenido de hierro del forraje se debe a su contaminación con tierra. El agua y la ingestión de tierra también pueden ser fuentes significativas de aporte de hierro.

La leche y sus subproductos no contienen hierro, o muy poco (menos de 1 mg/l).

En las aguas subterráneas, la disolución de los minerales ferríferos se atribuye a la acción del dióxido de carbono. La disolución de estos minerales puede tener lugar en condiciones anaerobias y en presencia de agentes reductores (sustancias orgánicas, sulfuro de hidrógeno) capaces de reducir los óxidos superiores de hierro al estado ferroso. Las concentraciones de hierro disuelto en las aguas naturales suele estar limitada por la solubilidad de sus carbonatos (siderita). Por lo tanto, las aguas que tienen una alcalinidad elevada suelen tener concentraciones bajas de hierro. En condiciones naturales, está en solución en niveles inferiores a 20-30 mg/l, como bicarbonato ferroso, que con la aireación pasa a hidróxido férrico soluble. También puede aparecer en aquellas aguas con materia orgánica en estado coloidal (Bavera et al, 1999).

La disponibilidad de algunos minerales, como el Fe, es mayor en el agua que en los alimentos.

Los mayores valores de Fe en pastizales se encuentran en la provincia del Chaco, con un promedio de 1100 ppm; pero allí se han encontrado muestras con 2600 ppm, ó sea 2,6 g de Fe/kg MS. En esa zona las aguas de pozo son herrumbrosas debidas al oxido de hierro que contienen, indicando que la posibilidad de una deficiencia de cobre debida al hierro en este lugar es muy alta (Mufarrege, 2003).

DEFICIENCIA

Clínicamente, la deficiencia de hierro está caracterizada por un crecimiento lento, palidez de las mucosas, incremento en el ritmo circulatorio y respiratorio, susceptibilidad a infecciones, pobre estado general, anemia microcítica hipocrómica, apatía, reducción del consumo de alimentos, atrofia papilar en la lengua, disminución de la fertilidad y, en casos muy severos, muerte.

Los terneros alimentados ex-profeso únicamente con leche hasta su faenamiento, evitando toda contaminación posible con fuentes de hierro (lechales, vitelo de late), desarrollan anemia hipocrómica microcítica, y a la faena, su carne es rosada muy clara, blanda y algo gelatinosa.

Una alta infestación parasitaria intestinal también produce anemia, lo mismo que una pérdida directa y crónica de sangre.

Balbuena et al (1989) en el este del Chaco y Formosa, encontraron que la concentración de hierro en hígado fue alta, influenciada por las altas concentraciones del mismo en pasturas, pudiendo contribuir estos altos niveles de hierro a la deficiencia de cobre descripta en la región.

Ridado et al (1995) en la zona de Balcarce, Pcia. de Buenos Aires, encontraron que los valores de hierro se hallaban dentro de los límites considerados normales (0,89 a 2,5 μg/ml, Underwood, 1981), y que las diferencias entre las categorías podría ser atribuido a diferencias en el tipo de alimentación y no a la edad o el estado fisiológico.

Minatel et al (1996) trabajando en 18 campos del noroeste de la provincia de Buenos Aires encontraron en plasma que todos los valores medios de hierro eran superiores a 150 μg %.

Debido a la alta concentración de hierro en los pastos y a la contaminación de la dieta por el suelo, la deficiencia de hierro en animales a pastoreo es un caso muy poco frecuente, excepto cuando existen grandes pérdidas de sangre ó elevadas infestaciones de parásitos internos y/o externos.

Sin embargo, deficiencias de hierro existen, y en algunos casos los suplementos de hierro han producido marcado mejoramiento (Thomas, 1970).

INTOXICACIÓN

En el caso del Fe, el consumo por encima de las necesidades, no sólo puede resultar tóxico, sino que también interfiere en la absorción de otros minerales como el Cu y el Zn conduciendo a deficiencias indirectas de estos minerales.

El exceso de hierro causa diarrea, acidosis metabólica, hipotermia, consumo de alimento y ganancias de peso reducidas. El máximo tolerable de hierro se ha establecido en 1.000 mg de hierro/kg MS (NRC, 1980). En áreas donde los forrajes o el agua tienen contenidos altos de hierro, es necesario suplementar con cobre para prevenir su deficiencia.

PREVENCIÓN

Únicamente donde los análisis forrajeros sugieren concentraciones muy bajas de hierro y/o el ganado está infestado con parásitos internos y/o externos que dan pérdidas substanciales de sangre, es aconsejable suplementar con hierro.

MOLIBDENO (Mo)

FUNCIONES

El molibdeno es necesario para la oxidación de las purinas y su reducción a citocromo C. Es un componente esencial de la metaloenzima xantina oxidasa que convierte la xantina en ácido úrico.

EXCRECIÓN

El molibdeno ingerido por la vaca es eliminado por leche, lo que puede dar diarrea en terneros lactantes.

REQUERIMIENTOS

Los requerimientos de molibdeno no están establecidos, dado que el cobre y el sulfato alteran su metabolismo, pero son muy bajos. El NRC (1996) aconseja 0,1 ppm en la MS.

La mayoría de los estudios sobre molibdeno se han centrado en su interrelación con el cobre y el sulfato, los cuales determinan un requerimiento específico de molibdeno, pero 5 a 6 ppm de molibdeno es el máximo nivel tolerable compatible con el almacenamiento de cobre.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Lo que más interesa, no son las cantidades absolutas, sino la relación entre cobre y molibdeno. Tasas de 5 ppm de cobre y de 1-2 ppm de molibdeno en MS de pasturas no producen problemas, pero si el molibdeno aumenta a más de 2 ppm de MS aparecen trastornos que se ponen en evidencia por una disfunción del rumen, con disminución de la digestión de celulosa. Esto desaparece al incrementar el cobre de la dieta.

Los forrajes tienen grandes variaciones en su contenido en molibdeno. Las leguminosas tienen mayor concentración que las gramíneas, dependiendo por otra parte del tipo de suelo y de su pH. El pH neutral o alcalino junto con alta humedad favorecen su captación por las plantas. Ricciardino et al (1993) remarcan el hecho de que en este tipo de suelos, ante exceso de agua y presencia de abundante rebrote aún de gramíneas, se produce la movilización del molibdeno y su absorción por las plantas.

El molibdeno del forraje seco no está tan disponible como el del verde, ya que el molibdeno del forraje verde interfiere con el metabolismo del cobre, lo que no ocurre con el del seco.

DEFICIENCIA

En condiciones de pastoreo, en la Argentina es muy improbable la deficiencia de molibdeno.

TOXICIDAD

Si bien el molibdeno tiene efectos tóxicos por sí mismo en los vacunos, no se han reportado casos en el país. En general, el problema que presenta su exceso está directamente relacionado con sus interferencias con el cobre, el que a su vez protege al animal de la intoxicación por molibdeno.

El exceso de molibdeno da un bajo porcentaje de concepción en la hembra. Igarza et al (1995) indican que la molibdeniosis crónica en bovinos altera la presentación y/o magnitud del pico de la hormona luteinizante. En el macho produce falta de libido y degeneración testicular. Otros síntomas son semejantes a los producidos por la carencia de cobre. Resaltan que la mayoría de los trabajos realizados indican que una de las características más salientes del síndrome molibdeniosis es la falta de desarrollo corporal, ganancia de peso e incluso pérdida de estado en bovinos en crecimiento y en adultos.

Boggiatto y Ruksan (1989) trabajando en el departamento Jiménez, provincia de Santiago del Estero, en un rodeo de raza Nelore con signos clínicos de hipocuprosis, encontraron los siguientes valores en forrajes:

Cuadro 3.7.-

	Cobre	Molibdeno	Cu/Mo
Chloris gayana	6,5 ppm	8,7 ppm	0,76
Melilotus alba	7,8 ppm	50 ppm	0,16

Por lo tanto, descartaron una deficiencia primaria de cobre. Los valores de molibdeno fueron elevados y la relación Cu/Mo desfavorable. La cantidad de sulfatos en el agua fue baja, de 333 mg/l, por lo que se consideró los elevados valores de molibdeno en la pastura como la causa del cuadro clínico.

Balbuena y Mastandrea (1992), en el Chaco, en un rodeo donde se observaba diarrea profusa en vacas y claudicaciones de distinta intensidad, y en novillos desde ligero envaramiento a decúbito, que se encontraban pastoreando Melilotus alba, constataron una elevada concentración de molibdeno en las muestras de forraje e hipocuprosis. La pastura estaba implantada en suelo de pH neutro a ligeramente alcalino. Los síntomas remitieron con la administración de cobre inyectable. Se han descripto alteraciones del esqueleto y del metabolismo del fósforo en animales con molibdeniosis que podrían contribuir a explicar las manifestaciones clínicas. Los autores recomiendan monitorear los valores de cobre en bovinos en pastoreo sobre melilotus y/o aplicar cobre inyectable en forma preventiva.

Brem et al (2001/02) encontraron que la actividad ovárica de vaquillonas fue alterada significativamente por el exceso de molibdeno y que el tratamiento correctivo con una dosis única de cobre subcutáneo fue suficiente para mantener un ritmo normal del ciclo durante los 4 meses que duró el ensayo, lo que indica que no existió una acción per se del exceso de molibdeno sobre la actividad ovárica, sino que las alteraciones observadas fueron provocadas por la deficiencia de cobre secundaria a la molibdenosis.

PREVENCIÓN

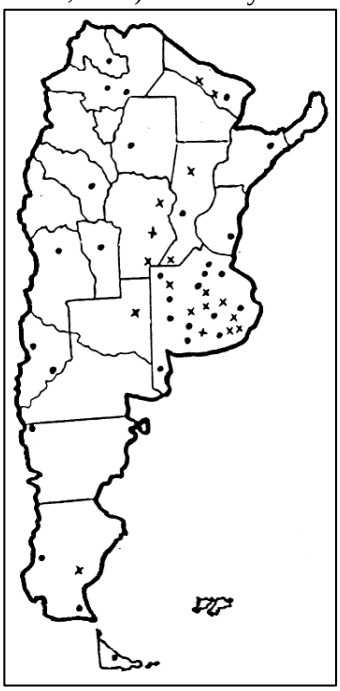
Salvo casos fehacientemente comprobados de deficiencia, no es aconsejable suplementar a los bovinos con molibdeno. El NRC (1996) indica como máximo nivel compatible con el almacenamiento de cobre en hígado 5 a 6 ppm de molibdeno en la MS.

En regiones donde predomina un forraje de gran contenido de molibdeno, se necesitan mezclas minerales con un contenido de tres a cinco veces mayor de cobre que los indicados en los requerimientos (Cunha et al, 1964).

El nivel exacto de cobre necesario para contrarrestar la toxicidad del molibdeno es un problema complejo que deberá estudiarse para cada zona o campo particular, incluyendo en el estudio al sulfato del agua.

Mufarrege (2005) indica que en Australia se emplea la fertilización con sulfato de cobre a razón de 5 a 7 kg/ha en zonas donde existe deficiencia de cobre, y que si hay exceso de molibdeno, la fertilización se debe repetir cada dos años.

Figura 3.8.- Distribución geográfica del contenido de molibdeno en pasturas según análisis efectuados hasta 1985 (Ruksan, 1985). + mayor de 2 ppm; • menor de 2 ppm



FLÚOR (F)

INTRODUCCIÓN

Los animales normalmente consumen bajos niveles de flúor que en pequeñas cantidades es beneficioso y esencial. Cuando consumen cantidades elevadas, sus efectos son adversos.

FUNCIONES

En cantidades adecuadas este elemento es necesario para mantener la dureza de los dientes y huesos.

ABSORCIÓN

La absorción es intestinal, siendo muy variable de acuerdo a la solubilidad del compuesto ingerido.

EXCRECIÓN

Se excreta en la materia fecal y la orina. Ante un exceso se deposita en huesos y dientes hasta su saturación, que ocurre con 15 a 20.000 ppm, es decir, 30 a 40 veces el fluor normal contenido en los huesos.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Los niveles de flúor en materiales alimenticios comunes no contaminados son muy bajos para constituir un peligro para el ganado.

El flúor se encuentra en el agua principalmente en forma de fluoruro sódico. Los niveles normales en el agua de bebida para mantener la dureza de los dientes los dan concentraciones entre 0,8 y 1,5 mg/l, siendo esta última concentración la considerada máxima. En general, las aguas que contienen elevadas concentraciones de flúor en el país tienen menos de 2 mg/l y en pocas áreas superan los 4 mg/l.

DEFICIENCIA

La deficiencia de fluor en la dieta del ser humano favorece la aparición de caries dentales. En los vacunos raramente ocurren deficiencias de fluor, pero si problemas por el exceso.

DIAGNÓSTICO

La confirmación del diagnóstico de la intoxicación fluorósica depende por lo tanto del análisis de agua y alimentos.

López et al (1999) opinan que el origen fluorósico del desgaste dental prematuro en el ganado no había sido diagnosticado en la Argentina, aunque es bien conocido en otros países, porque en la literatura internacional se ha señalado que para efectuar un diagnóstico definitivo de fluorosis como causa del desgaste prematuro de dientes, deben coincidir varios factores:

- Desgaste dental prematuro;
- exceso de flúor en aguas;
- exceso de flúor en huesos y
- exceso de flúor en orina de los animales afectados.

TOXICIDAD

El consumo de cantidades tóxicas o potencialmente tóxicas de flúor para el bovino ocurre frecuentemente bajo las siguientes circunstancias:

- El principal problema puede surgir en zonas donde el agua de bebida posee naturalmente un tenor alto de flúor. Esto puede producir la fluorosis endémica y generalmente resulta en una intoxicación crónica. Bavera el al (1999) indican que se lo encuentra principalmente en forma de fluoruro sódico y que la mayoría de las aguas ricas en fluor son aguas duras, en las cuales el calcio y el magnesio que contienen actúan favorablemente dificultando la absorción del flúor a través del tubo digestivo y aumentando su excreción fecal, ya que el fluor combinado con ellos es menos soluble.
- Cuando las dietas son suplementadas con una fuente extra de calcio y fósforo proveniente de minerales que contienen flúor, como ser fosfatos ricos en fluor y las harinas de carne y huesos cuando en su elaboración se utilizan porcentajes muy elevados de animales adultos (Underwood y Suttle, 1999).
- En áreas reducidas adyacentes a plantas industriales (cerámica, aluminio, etc.) o minas que emiten humos o polvo conteniendo flúor que contaminan los suelos, pastos y/o agua de bebida.

- En áreas que pueden llegar a ser extensas, por contaminación por cenizas volcánicas. Por ejemplo, el volcán Lonquimay en los Andes del sur de Chile, entró en erupción en diciembre de 1988 y permaneció activo 13 meses. Cuatro meses más tarde, se encontraron signos clínicos de osteofluorosis y fluorosis dental en vacunos del valle de Lonquimay, Chile (Araya et al, 1994). Este volcán afectó también extensas áreas patagónicas argentinas, lo mismo que el Hudson en 1991, por lo que el problema también podría existir en esas zonas de nuestro país. Araya (2003) indica que la principal fuente de intoxicación fue el forraje contaminado con flúor, ya que además, y de acuerdo con Weinstein (1977), el gas flúor es rápidamente fijado al material foliar. La máxima concentración de flúor permitida en el forraje para los bovinos es de alrededor de 40 ppm base materia seca (Suttle, 1977), observando en los análisis realizados valores de hasta 315 ppm.

En dosis excesivas actúa retardando el crecimiento por intoxicación crónica, debida a la ingestión de pequeñas cantidades durante largo tiempo, pero siendo raros los casos de muerte.

Los animales jóvenes son menos tolerantes a los excesos de flúor que los adultos. El flúor no atraviesa la barrera placentaria y se encuentra en cantidades mínimas en la leche y el calostro, de manera que el ternero se halla expuesto al riesgo de intoxicaciones sólo luego del destete, cuando comienza a ingerir agua en mayores cantidades.

En la intoxicación crónica son características las lesiones de los dientes y de los huesos. Las anomalías de los dientes son muy tempranas. Sin embargo, suelen pasar desapercibidas hasta después de manifestarse otros síntomas, como ser retraso en el crecimiento y cojera. Esta última, común en todas las edades, se acompaña de cierta rigidez, lo que da una marcha dolorosa, con sensibilidad acentuada por la presión sobre los miembros y lomo.

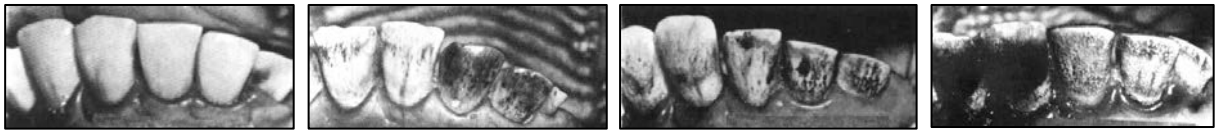


Figura 3-9.- Todos estos bovinos recibían dietas con 7 ppm de fluor; a) Testigo; b) Se le agregó 30 ppm de fluor a la dieta; c) Se le agregó 50 ppm de fluor a la dieta; d) Se le agregó 100 ppm de fluor a la dieta. Observar el incremento progresivo en el moteado de los dientes (Campbell y Lasley, 1969).

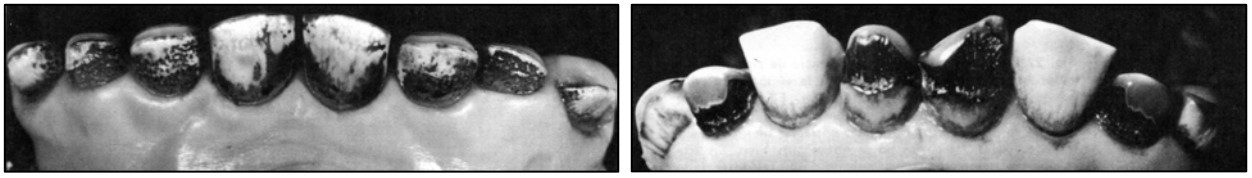


Figura 3.10.- Incisivos de bovino de cuatro años con severa fluorosis dental: hipoplasia del esmalte, hipocalcificación, manchado y desgaste anormal, que refleja un constante consumo alto de flúor durante la formación de los dientes.
Figura 3.11.- Incisivos de bovino de cinco años con fluorosis dental severa con períodos intermitentes de consumo elevado de fluor durante la formación de los dientes (McDowell y Conrad, 1978).

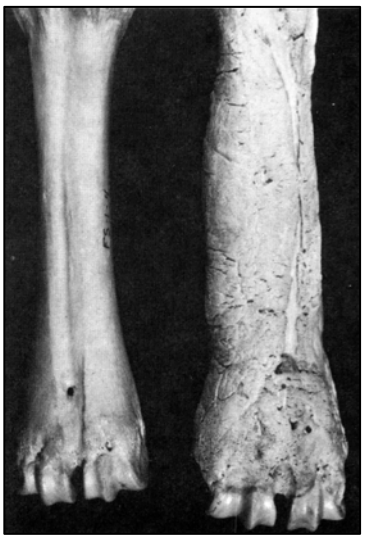


Figura 3.12.- Metatarsos. Izquierdo normal. Derecho: osteofluorosis con severa hiperosteosis periostal con superficie áspera e irregular por crecimiento desordenado del hueso y pobre mineralización. Las superficies articulares no fueron afectadas (McDowell y Conrad, 1978).

Figura 3.13.- Severa alteración dentaria en vaca con fluorosis como consecuencia de erupción volcánica; Figura 3.14.- Cifosis y cojera en un novillo con niveles óseos de fluor de 13200 ppm (Araya, 2003).

Los dientes de leche no son afectados por estar formados antes del nacimiento. Los animales jóvenes sometidos a ingestiones excesivas de flúor antes de la aparición de los dientes permanentes, sufren modificaciones en el tamaño, forma, color, orientación y estructura de los mismos. El moteado de los dientes se presenta en tonos pardos amarillento hasta negro y verdoso. Estas manchas son más frecuentes en los incisivos y aparecen varios meses después de haber emergido. Debido a la defectuosa calcificación del esmalte provocada por la fluorosis, los dientes se desgastan prematuramente, en especial los más moteados. El desgaste rápido y desigual dificulta la masticación, produciéndose además infección en los alvéolos y caída de los dientes, lo que trae como consecuencia la falta de crecimiento del animal y pérdida de estado. Los animales afectados lamen el agua en lugar de sorberla normalmente.

En los huesos se puede encontrar osteomalacia, osteoporosis y exostosis (sobrehuesos), las tres debidas a la extrema movilización de fósforo y calcio para compensar los excesos de pérdida por orina de estos elementos junto con el flúor. Con frecuencia se presentan huesos engrosados, sobre todo el esternón, mandíbula, metacarpianos, metatarsianos y falanges. Estas alteraciones en el metabolismo del calcio y fósforo predisponen a los huesos a fracturas.

El contenido normal de flúor en hueso va de 300 a 600 ppm en el bovino adulto, superando ocasionalmente las 1.200 ppm. Valores de 2.000 a 4.000 ppm indican una absorción de una cantidad anormal

de flúor. Cuando la concentración está por debajo de las 2.500 ppm no hay engrosamiento del hueso, anormalidades microscópicas ni cambios en la acción enzimática (Aguado Sánchez et al, 1996).

También pueden ocurrir alteraciones degenerativas en la médula ósea, riñón, hígado, glándulas adrenales, miocardio y sistema nervioso central.

En estas intoxicaciones crónicas actúa un mecanismo de desintoxicación al depositarse el flúor junto con el fósforo en los tejidos dental y óseo. Mientras que en los dientes el depósito se da sólo en las fases de formación de los mismos, en los huesos ocurre constantemente. El depósito en los huesos es variable. Los huesos de los animales jóvenes en crecimiento pueden incorporar cantidades similares de flúor en todo el hueso, mientras que en los adultos se deposita en menor cantidad y sólo en la superficie perióstica de las diáfisis, dando lugar a la aparición de exóstosis o hiperostosis periostal. Así, en los jóvenes, los extremos de los huesos largos y articulaciones costocondrales aparecen abultados. La hiperostosis periostial puede afectar todos los huesos, principalmente en los puntos de inserciones tendinosas o de las fascias, siendo más grave en los miembros, el cinturón pélvico, costillas, mandíbula y vértebras torácicas, lumbares y sacras. A concentraciones más elevadas se sobrepasa la capacidad de almacenamiento de los tejidos óseo y dental, por lo que aumentan las cantidades de flúor en orina y sangre, dándose síntomas generales de toxicidad.

La reproducción y los rendimientos de leche se resienten indirectamente a causa de la desnutrición. Entre los animales adultos, las vacas lecheras y las gestantes son las más afectadas debido a la movilidad y pérdidas minerales que se dan en la lactación y la preñez.

Son bastante variados los niveles tóxicos indicados para flúor en aguas de bebida. Esta variación está relacionada con la edad del animal, la cantidad y continuidad del consumo de agua con flúor, la naturaleza de los pastos y raciones y las combinaciones químicas del flúor en el agua y en el alimento (fosfatos minerales con flúor). Estas variables carecen relativamente de importancia cuando el flúor invade los tejidos blandos a causa de una ingestión masiva del mismo, es decir, cuando se presenta fluorosis aguda.

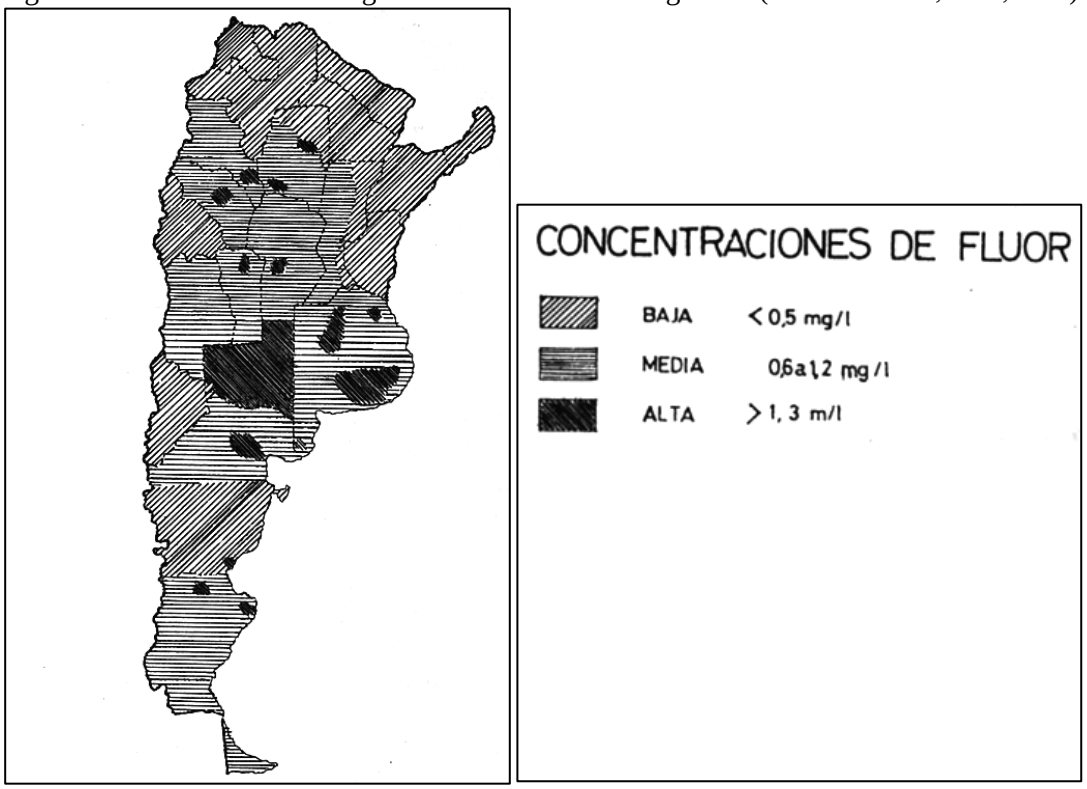
Niveles marginalmente tóxicos pueden provocar la intoxicación tan sólo cuando el animal se encuentra sometido a períodos de estrés fisiológico como desnutrición, temperaturas elevadas, gestación, lactación o enfermedad.

Cuando de un agua con flúor se pasa a otra sin el mismo, el flúor acumulado en los huesos durante el período de consumo elevado, se elimina lentamente con la orina, dejando la posibilidad a un posterior depósito.

Cuadro 3.8.- Flúor en las aguas en las provincias argentinas (Martínez Prieto, J. M., 1988)

Provincia	Concentración de flúor en mg/l		Provincia	Concentración de flúor en mg/l
Formosa	0,2 a 1,2		Entre Ríos	0,1 a 1,8
La Pampa	1,0 a 13,0		Córdoba	0,4 a 2,6
Tucumán	0,1 a 0,8		San Juan	0,3 a 1,0
Catamarca	0,26 a 1,84		Misiones	0,1 a 0,5
Chubut	< 0,2 a 1,6		La Rioja	< 0,2 a 3,0
Santa Fe	0,2 a 4,5		Jujuy	< 0,2 a 1,2
Salta	< 0,2 a 0,8		Buenos Aires	< 0,2 a 2,0
San Luis	0,3 a 6,2		Chaco	< 0,2 a 1,9
Corrientes	< 0,2 a 0,7		Río Negro	< 0,2 a 4,4
Santiago del Estero	0,4 a 8,4		Mendoza	0,3 a 1,7
Neuquén	0,1 a 1,5		Santa Cruz	0,1 a 3,5
Tierra del Fuego	0,5 a 1,0			

Figura 3.15.- Distribución de aguas con flúor en la R. Argentina (Martínez Prieto, J. M., 1988).



Los datos disponibles indican que el moteado de los dientes aparece ya con 2 a 5 mg/l en el agua de bebida, pero el desgaste de los mismos no se da hasta dosis mayores. La intoxicación crónica se ha visto en bovinos cuando el agua tenía 15 a 16 mg/l. Las grandes alteraciones generalizadas ocurren cuando el agua contiene 30 mg/l.

Los niveles normales en el agua de bebida para mantener la dureza de los dientes los dan concentraciones entre 0,8 y 1,5 mg/l. Las aguas que contienen elevadas concentraciones de flúor en el país tienen menos de 2 mg/l y en pocas áreas superan los 4 mg/l, lo que nos indica que en general la hacienda no ingiere dosis que provoquen efectos nocivos. En la Argentina, la provincia de La Pampa es la que registra el más alto y extendido índice de fluorosis en sus aguas.

Los cambios en los dientes son las primeras evidencias que resultan de la ingestión de flúor por el ganado en cantidades que exceden la capacidad del cuerpo para eliminar el excedente.

Una leve fluorosis dental en el bovino puede ser de una importancia económica despreciable, pero probablemente este signo cualitativo sea índice de un desarreglo metabólico indeseado.

Culot et al (1967) encontraron zonas de fluorosis crónica en los partidos de Tapalqué, Azul y Tandil de la provincia de Buenos Aires. Particularmente les llamó la atención los casos clínicos de exóstosis, engrosamiento de las articulaciones y desgaste casi total de los incisivos y muelas con exposición de la pulpa dentaria, en vacunos de 3 a 5 años de edad, pastoreando campos naturales con predominio de especies alcalinófilas en zonas aledañas de Tapalqué. Además, se observó enflaquecimiento de los animales como consecuencia de las dificultades para alimentarse. En otras zonas del sudeste bonaerense observaron sintomatología clínica más atenuada, manifestándose principalmente por el ennegrecimiento de los dientes en el ganado, problema que también afecta a los habitantes del lugar. Estos casos de fluorosis observados se relacionan con contenidos variables y altos de flúor en las aguas de bebida en las zonas afectadas (entre 2 y 6 ppm).

En pruebas efectuadas en la E.E.A Anguil y en un campo distante 30 km donde la ocurrencia de desgaste dental prematuro es común, determinaron que el mismo se debía al exceso de flúor en las aguas de bebida. Estos autores citan también que en zonas del partido de Benito Juárez, provincia de Buenos Aires, el desgaste dental prematuro causa en los rodeos de cría un aumento del orden del 100 % en el porcentaje de reposición (de 12 - 15 % al 25 - 30 %), lo que evidencia la gravedad económica del problema.

Los bovinos adultos alimentados durante periodos largos con fosfatos altos en contenido de flúor, tienden a acumular este elemento en el tejido óseo sin cambios importantes en el peso corporal, consumo de alimentos, ni en la mineralización del tejido (Godoy et al, 2000)

El flúor es un tóxico acumulativo, y por ello no sólo es importante el nivel de ingestión, sino también el largo del período en que ha ocurrido esta ingestión. Los niveles máximos tolerables están entre 20 a 100 ppm de la ingesta de MS. Por ello, el problema fundamental es en las vacas y su reposición, que permanecen varios años en el campo consumiendo agua con exceso de fluor. En cambio, los novillos y vaquillonas en engorde van a faena antes que aparezcan síntomas de fluorosis.

PREVENCIÓN

Si bien el flúor es un elemento esencial, raramente hay deficiencia del mismo en el bovino, y sí es más común el exceso. Por ello, salvo casos fehacientemente comprobados de deficiencia, no es aconsejable la suplementación con este elemento.

Los suplementos minerales deben contener el mínimo posible de fluor, nunca más del 0,2 %.

En un campo se deben reservar las aguadas con menor contenido de fluor para las categorías jóvenes después del destete. Si todas las aguas tienen alto nivel de fluor, será necesario llevar fuera del campo a las hembras de reposición luego del destete y traerlas nuevamente una vez preñadas y lo más cerca posible de la parición. Es decir, que las vaquillonas beban agua con fluor excesivo una vez que por lo menos han aflorado las pinzas y primeros medianos. El mismo manejo para los toritos nacidos en el campo. Con respecto a los machos castrados y las hembras para inverne, no hay problema que permanezcan en el campo pues se venderán gordos antes de que los dientes se desgasten, tanto por la edad como porque las pasturas empleadas en inverne son tiernas.

EN EL SER HUMANO

En casi todos los campos hay una o varias aguadas cuyas aguas son empleadas por el hombre y por los animales. Como en el hombre la fluorosis es también un problema grave, se debe prestar especial atención a este elemento y tomar las medidas necesarias.

CROMO (Cr)

INTRODUCCIÓN

El cromo trivalente y orgánico es su forma de oxidación más estable y como tal únicamente existe en los sistemas biológicos (Mowat, 1977, cit. por Marín Guzmán, 1998). La conversión de cromo inorgánico a orgánico es esencial para el funcionamiento fisiológico del mineral, pues su forma orgánica es 50 veces mas bioactiva que la inorgánica (McDowell, 1992, cit. por Marín Guzmán, 1998).

FUNCIONES

La función fisiológica del cromo es como componente del Factor de Tolerancia a la Glucosa (FTG) que activa a la insulina. También el cromo mantiene normales la sensibilidad a la glucosa y la producción de

insulina por parte de las células beta del páncreas (Striffler et al, 1993, cit. por Marín Guzmán, 1998), evitando así su hipersecreción. Otras funciones del cromo son mantener la integridad de los ácidos nucleicos, aumentar la síntesis de ARN y como antioxidante.

La suplementación con cromo redujo entre 19 y 27 % los niveles sanguíneos de cortisol en terneros mantenidos bajo condiciones de estrés (Chang y Mowat, 1992, cit. por Marín Guzmán, 1998). Por ello se considera al cromo como un nutriente antiestrés de importancia en los sistemas pecuarios modernos.

EXCRECIÓN

El cromo sólo se utiliza una vez y de inmediato se excreta por orina.

REQUERIMIENTOS

Los animales en crecimiento requieren de 0,3 a 1 ppm de cromo en la dieta (Puls, 1994, cit. por Marín Guzmán, 1998), mientras que los adultos de raza lechera necesitan 5 mg/animal/día durante las tres semanas anteriores al parto y 10 mg/animal/día durante los primeros meses de lactancia (Mowat, 1997, cit. por Marín Guzmán, 1998).

Marín Guzmán (1998) indica que Puls (1994) recomienda un nivel de cromo de 0,1 a 0,5 ppm en la dieta para animales lecheros adultos. Si se asume que vacas de alta producción lechera consumen 20 kg de MS por día, la ingesta de cromo/animal adulto/día recomendada por Puls es de 10 mg/animal/día. Estos valores son similares a aquellos recomendados por Mowat (1997) para ganado lechero lactando.

Recientes evidencias indican que incrementando los niveles de cromo en dietas de iniciación en feedlot se pueden tener efectos benéficos en la salud del animal (Loerch, 1998).

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Se lo encuentra en la carne de los animales, granos, levadura de cerveza y en el agua de bebida. La gran mayoría del cromo en plantas es orgánico, pero no forma parte del FTG. Sin embargo, la mayoría de los productos de origen animal presentan cromo en forma de FTG (McDowell, 1992, cit. por Marín Guzmán, 1998).

La fuente natural de cromo más rica para nutrición animal es la levadura de cerveza con un nivel de tan solo 1-2 mg/kg. Otra fuente disponible y biológicamente sintetizada es la levadura-Cr, que contiene 1.000 mg de Cr/kg, pero solo parte como FTG. Varios complejos bioactivos de cromo que han sido sintetizados, tales como el picolinato de cromo, nicotinato de cromo y quelatos de cromo con aminoácidos también se utilizan en nutrición animal.

Cuadro 3.10.- Contenido de cromo en algunos portadores (Adapt. de McDowell et al, 1978)

Portador	Contenido de cromo
Levadura de cerveza	1,17 ppm
Harina de maíz	0,11 ppm
Germen de trigo	0,25 ppm
Afrecho de trigo	0,42 ppm

DEFICIENCIA

Marín Guzmán (1998) manifiesta que los animales responden al estrés alterando su metabolismo, aumentando el nivel sanguíneo de cortisol y reduciendo el consumo de materia seca. Las situaciones de estrés también aumentan el metabolismo de la glucosa e insulina como respuesta al elevado nivel de cortisol en sangre. La hormona cortisol es antagónica a la insulina, pues previene la entrada de glucosa a músculo y tejido adiposo para que ese carbohidrato esté disponible en otros órganos tales como hígado y cerebro. Así se

aumenta el nivel de glucosa e insulina en sangre con pérdidas urinarias de cromo. Una característica importante del metabolismo del cromo es que sólo se utiliza una vez y de inmediato se excreta por orina. Por lo tanto, existe una correlación positiva entre el nivel sanguíneo de cortisol y la excreción urinaria de cromo.

En bovinos, el nivel sanguíneo de cortisol aumenta como respuesta a una condición aguda de estrés. Las condiciones de estrés tales como nutricionales, patológicas, metabólicas y ambientales a las que se someten los animales en nuestros rodeos, pueden resultar en una deficiencia de cromo, especialmente cuando el consumo del mismo es marginal.

Los síntomas de la deficiencia de cromo son: bajo índice de crecimiento y de conversión alimenticia, reducida producción de leche, pobre respuesta inmunológica a vacunas, cetosis subclínica, baja tolerancia a la glucosa, hiperinsulinemia, resistencia a insulina, hipoglicerina, hiperglicemia, elevado nivel de colesterol y/o triglicéridos en suero sanguíneo, alto nivel de cortisol en sangre, elevada respuesta inflamatoria, reducción de la longevidad.

Las principales causas de la deficiencia de cromo son: bajo consumo de materia seca, baja concentración de cromo bioactivo en los alimentos, alimentos deficientes en cromo, niveles elevados de hierro y cinc que interfieren en la absorción del cromo, pobre nivel y tipo de aminoácidos en la dieta, bajo contenido de niacina en la dieta, elevado nivel de sustancias amortiguadoras (buffers) en la ración, bajo nivel o reducida síntesis de ácido ascórbico y la edad de los animales.

Los factores que causan pérdida de cromo del organismo son: consumo de dietas con elevadas concentraciones de azúcares simples, lactosa, propionato, nitrógeno no proteico y/o grasa, somatotropina bovina, estrés, preñez, lactancia, ejercicio agudo, hemorragias, trauma físico, infecciones y obesidad.

Al principio de la lactancia, las vacas pasan por condiciones agudas de estrés al entrar en un balance energético negativo. Durante ese período inicial requieren de grandes cantidades de glucosa para la síntesis de lactosa, resultando en niveles sanguíneos de glucosa e insulina más bajos que en las etapas más avanzadas de la lactancia. El nivel sanguíneo de insulina es mayor en vacas de baja producción de leche comparado con el de aquellas de alta producción, probablemente por estar en un mejor balance energético. Por lo tanto, para mantener una óptima actividad de la insulina y un nivel apropiado de cromo, la suplementación con el mismo durante esos períodos de estrés es beneficiosa.

INTOXICACIÓN

La máxima concentración de cromo tolerable en el ganado para carne es de 1000 ppm, en la forma trivalente como $CrCl_3$. Las sales hexavalentes de cromo son mucho más tóxicas que las trivalentes por lo que no son recomendables para usar (NRC, 1996).

La Agencia de Seguridad Alimentaria de EE.UU. (2004) informó que en una explotación del estado de Washington habían muerto tres vacas por contaminación con una sustancia tóxica, identificándola como un compuesto de cromo altamente oxidante. Analizado la leche de las vacas que han estado en contacto con la sustancia, tanto si enfermaron como si no, se comprobó que el contenido de cromo en la leche no representaba ningún peligro para el hombre. En las vacas que enfermaron, el cromo estaba por debajo de 100 ppb, que es el límite establecido para el agua de beber para el ser humano, y en las vacas que no enfermaron, la concentración ha sido inferior a 1 ppb.

PREVENCIÓN

Los compuestos hexavalentes de cromo son inactivos; solo los que son derivados del cromo trivalente o del cromo con un estado menor de oxidación han demostrado actividad (McDowell et al, 1978).

El cromo suplementario afecta la producción de leche en vacas primerizas. Aumentos en la producción de leche de 7 a 13 % durante las primeras 16 semanas de lactancia y de 10 a 24 % durante las primeras 6 semanas de lactancia se obtuvieron en primíparas al suplementar con 0,5 ppm de cromo.

La adición de 0.05 ppm de cromo como picolinato de cromo ó polinicotinato de cromo a la dieta de terneros en crecimiento, aumentó la tasa de desaparición de glucosa. Agregando cromo a la ración (0.2 a 1.0

ppm), se aumentó la ganancia de peso vivo y la respuesta inmune en terneros afectados por el transporte (NRC, 1996). El suministro de picolinato de cromo a corderos hizo decrecer la deposición de grasa y alterar las características de la carcaza (Kitcharlong y otros, 1995). Estos estudios indican que en algunas situaciones pude ser necesaria la suplementación con cromo de los bovinos para carne (Mufarrege, 1999).

La forma de suplementación puede variar la disponibilidad del cromo. El picolinato de cromo es más eficaz que el cloruro de cromo para mejorar la calidad de la canal. Este factor, junto con el grado de estrés al que están sometidos los animales, permite obtener un mayor cuerpo de información para establecer las condiciones de uso del cromo en alimentación animal y la necesidad mínima del mismo.

NÍQUEL (Ni)

FUNCIONES

La función del níquel en el metabolismo de los rumiantes es aún desconocida.

REQUERIMIENTOS

En pequeñas cantidades el níquel es esencial, pero cuando es tomado en muy altas cantidades este puede ser peligroso. Aún no hay suficiente información para determinar los requerimientos de níquel.

EL RUMEN

Es un componente esencial de las ureasas de las bacterias ureolíticas y la suplementación con níquel ha aumentado la actividad ureásica en el rumen (NRC, 1996).

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Los granos y las plantas contienen naturalmente pequeñas cantidades de níquel. El níquel es captado y acumulado por los vegetales, y puede serlo en grandes cantidades en suelos contaminados.

La concentración de níquel de gramíneas y leguminosas no parece ser diferente cuando crecen en un mismo suelo; para un trébol rojo fue 1.98 ppm y para un raigrás 1.95 ppm (Underwood, 1981).

TOXICIDAD

Su exceso puede causar varios tipos de cánceres en los animales, especialmente en aquellos que viven cerca de refinerías.

La máxima concentración tolerable fue estimada en 50 mg/kg de MS (NRC, 1980).

No es conocido que se acumule en plantas o animales, por lo que no se lo biomagnifica en la cadena alimentaria.

PREVENCIÓN

Lo expuesto nos lleva a que por el momento no se considere su deficiencia en la práctica. Aparentemente, su disponibilidad en pastos y otros alimentos sería suficiente.

SILICIO (Si)

INTRODUCCIÓN

El silicio es el segundo elemento más abundante en la tierra, no encontrándose libre sino bajo la forma de silicatos y óxidos, cuya combinación más simple e importante es la sílice (SiO_2). Su forma más común es la arena.

FUNCIONES

Se ha comprobado la necesidad del silicio en algunas especies animales, pero aún no se ha probado su esencialidad en los bovinos. Los estudios sobre sus efectos en el crecimiento y producción en rumiantes son complicados debido a la dificultad de conseguir alimentos e instalaciones no contaminadas con silicio.

Los huesos lo contienen en forma de silicatos.

EXCRECIÓN

Por orina.

EL RUMEN

En zonas medanosas en años secos y ventosos se encuentran sílice y silicatos depositados en la parte inferior del saco ventral del rumen y en redecilla, a veces en cantidades muy importantes, de varios centímetros de espesor, que posiblemente dificulten los movimientos ruminales normales. En general, son hallazgos de necropsias.

CONTENIDO EN LOS ALIMENTOS

Está presente en la estructura de las plantas y en muchos casos en las aguas de bebida. En las zonas de fuertes vientos la sílice y los silicatos son depositados por los mismos sobre las plantas y en el agua. Por lo tanto, el silicio es muy consumido por los bovinos.

Mufarrege (1999) informa que el porcentaje de sílice de 297 muestras de pastos de la Región NEA fue 6.20 ± 2.98 % en la MS; con un promedio máximo de 8.3 % en los Altos Forestales del Chaco y un mínimo de 3.96 % en las Lomadas Arenosas del oeste de Corrientes. La sílice de un raigrás en rebrote fue: 2.9 %; de una alfalfa común: 1.2 % y del *Paspalum notatum* cortado verde en otoño: 5.0 %. En la E.E.A de Mercedes tampoco se encontró un efecto de la sílice en la digestibilidad en rumen de diversas forrajeras de la zona (Mufarrege et al, 1998).

Bavera (2001) indica que se lo encuentra en todas las aguas superficiales o subterráneas, bajo formas soluble y coloidal, generalmente en baja cantidad, en concentraciones de hasta alrededor de 60 mg/l, aunque en algunos casos puede superar ampliamente esta concentración. En el agua de bebida no se le conocen efectos sobre el bovino y se estima que a las dosis normales existentes en las aguas subterráneas no tiene efectos nocivos.

TOXICIDAD

Los problemas que puede ocasionar no son debidos a su deficiencia sino a su exceso.

Podría afectar la digestibilidad de las pasturas y/o bajar la disponibilidad de algunos microelementos para las bacterias ruminales.

Los cálculos urinarios están asociados a altos consumos de silicio.

El sílice y los silicatos pueden producir desgaste dentario por abrasión al estar sobre el forraje, reduciendo la vida útil de las vacas de cría, especialmente en zonas arenosas en años de sequía y vientos, lo que aumenta la tasa de reposición.

PREVENCIÓN

Por el momento los efectos del silicio a considerar en la producción bovina en el país son la disminución de la calidad del pasto y el desgaste de los dientes por erosión (Mufarrege, 2005).

INTERRELACIONES

Ammerman y Goodrich (1983) manifiestan que los nutricionistas deberán esforzarse en definir las cantidades reales absorbidas (biodisponibilidad) de un determinado mineral requerido por los rumiantes. Esto llevaría al conocimiento exacto de los factores que afectan las pérdidas metabólicas y al de la verdadera utilización de los minerales en la dieta.

Cuando se produce una disminución del aporte dietario (forraje y/o agua) del calcio, fósforo y varios elementos traza como ser el hierro, se incrementa su eficiencia de absorción, la que disminuye cuando el aporte dietario es elevado. En contraposición con esto, la absorción de otros minerales, tales como el potasio, sodio, cloro, yodo, molibdeno, no es tan bien controlada y todo lo que se absorbe en exceso de las necesidades del animal, es excretado por orina, pero esta excreción es costosa para el animal en términos de gasto de energía.

Hemos visto que existen numerosas interrelaciones metabólicas y absortivas entre los elementos minerales, lo que contribuye a variaciones en el grado de respuestas fisiológicas a niveles de ingestión deficitarios o tóxicos. Estas relaciones pueden ser antagonistas o sinérgicas y/o sustitutivas, donde un elemento puede ser sustituido por otro y pueden afectar a cualquier fase de la asimilación y metabolismo de los microminerales (absorción, transporte, utilización celular, reservorio, excreción, etc.). Los mecanismos por los que estas interacciones actúan son la formación de complejos iónicos no absorbibles en el intestino, la competición de iones similares por las mismas vías metabólicas, y la inducción de proteínas unidas a metales inespecíficos. Esto hace muy difícil determinar el nivel dietético óptimo para los elementos individuales como nutrientes. Por lo tanto, el nivel dietético de cualquier elemento no debe considerarse independientemente del nivel de otros nutrientes esenciales.

Ciria Ciria et al (2005) indican que aunque se da más importancia a las relaciones entre los elementos, no hay que olvidar las interacciones mineral-compuesto orgánico de la dieta. Así ocurre entre las Vit. D y calcio en la síntesis de proteínas ligantes de calcio para de esta forma aumentar la absorción del calcio. También interviene esta vitamina en el metabolismo del magnesio, cinc, cadmio y plomo. Hay interacción entre la Vit. E y el selenio, dado que un nivel alto de tocoferol explica la escasa deficiencia de selenio. También entre los fitatos y el fósforo de los cereales. Todas estas interacciones se complican al considerar que las hormonas pueden influir en la utilización de los minerales, tales como la paratiroidea (calcio y fósforo), aldosterona (sodio y potasio) y calcitonina y estrógenos (calcio).

También se deben tener en cuenta las asociaciones de los minerales con fracciones fibrosas que alteran su disponibilidad, incluso cuando se encuentran en las condiciones ácidas del abomaso (Spears, 2003).

Por ello, uno de los principales puntos sobre los que será necesario profundizar es el de las interrelaciones entre los minerales y entre ellos y otros nutrientes. A través de lo expresado en el texto anteriormente, se puede comprobar claramente la inmensa complejidad de las mismas, y la necesidad de afianzar los conocimientos de dichas interrelaciones y sus influencias en el metabolismo, para mejorar la producción bovina a través de la suplementación mineral.

"Cuando una sustancia tóxica no se elimina completamente del organismo en veinticuatro horas, la cantidad residual, más la dosis del día siguiente, se convierten en la dosis efectiva para este segundo día. Si se continúa dosificando diariamente, la dosis efectiva se incrementa.

Radeleff, R. D., 1967. Toxicología Veterinaria. Academia, España, 25.

CAPÍTULO IV

ELEMENTOS MINERALES TÓXICOS

INTRODUCCIÓN

Hemos visto que hay elementos minerales esenciales que en dosis muy elevadas con respecto a los requerimientos pueden ser tóxicos, pero además hay varios elementos que el bovino no requiere o que aún no se ha descubierto su necesidad, pero que pueden causar toxicidad.

En general, todos los metales tienen un poder contaminante potencial si se acumulan en grandes cantidades en el agua y en las capas superiores del suelo. Normalmente, las plantas toleran bien altos niveles de metales, pero éstos pueden acumularse en los vegetales y luego causar toxicidad a los animales y humanos tras su ingestión.

El NRC (1980) ha definido el máximo de la concentración tolerable para un mineral como "el nivel dietético que, cuando alimenta por un período determinado, no daña la performance animal y no produce residuos inseguros en la comida humana derivada del animal".

La concentración máxima tolerable de los elementos esenciales se ha mencionado al hablar de cada uno de ellos en los capítulos II y III y también se detalla en las tablas Nº 11.2 y 11.3.

La concentración máxima tolerable de varios de los elementos que el bovino no requiere, o que aún no se ha descubierto su necesidad, se da en la siguiente tabla Nº 4.1.

Cuadro 4.1.- Concentraciones tolerables máximas de elementos minerales tóxicos para el bovino en mg/kg de MS (Adapt. del NRC, 1996).

Elemento	mg/kg de MS
Aluminio	1.000
Arsénico	50
Arsénico orgánico	100
Bromo	200
Cadmio	0,5
Plomo	30
Mercurio	2
Estroncio	2.000

En la Unión Europea existe una legislación que fija valores máximos para metales pesados en alimentación animal. En España lo determina en el Real Decreto 747/2001.

Las características de ciertos terrenos, la contaminación de praderas y tierras de cultivo con metales pesados procedentes de industrias de fundición, heces, residuos, ciertos fertilizantes y materias primas, son las principales vías de entrada en la cadena alimenticia humana de los metales tóxicos al ser consumidos y acumulados por los animales domésticos. Para asegurar que las materias primas y piensos utilizados en alimentación animal no suponen un riesgo para el hombre, es necesario implementar sistemas de control de puntos críticos en las fábricas de piensos o incluso planes de muestreo a nivel nacional.

También es necesario el control de la contaminación del agua de bebida.

Tabla 4.2.- Niveles de seguridad de algunos nutrientes potencialmente tóxicos y contaminantes en el agua para el ganado (Adapt. de Herrick, 1982, cit. por Fay, 1988, y de Bavera 2001).

Elemento	Concentración máxima de seguridad
Aluminio	5,00 ppm
Arsénico	0,15 - 0,30 ppm
Boro	5,00 - 20,00 ppm
Cadmio	0,05 ppm
Cinc	6,00 - 25,00 ppm
Cobalto	1,00 ppm
Cobre	0,50 ppm
Cromo	1,00 ppm
Flúor	2,00 ppm
Mercurio	0,01 ppm
Níquel	1,00 ppm
Nitratos	200,00 ppm
Nitritos	10,00 ppm
Plomo	0,1 ppm
Selenio	0,05 ppm
Vanadio	0,10 ppm

ALUMINIO

El aluminio es el tercer elemento en abundancia sobre la corteza terrestre, encontrándose en los minerales, rocas y arcilla, pero está presente en complejos insolubles no disponibles para las plantas, por lo que no suele ser problemático. Únicamente cuando se utilizan aditivos tipo bentonitas o zeolitas ricas en aluminio o algún tipo de fosfato puede entrar en la alimentación de los animales.

En condiciones de climatología y suelos tropicales algunos forrajes pueden acumular aluminio (McDowell, 1992).

Su amplia distribución hace que esté presente en gran parte de las aguas naturales bajo la forma de sales solubles, coloides o componentes insolubles, generalmente en concentraciones mínimas y no tóxicas. Se acepta hasta un tenor de 5 mg/litro en el agua de bebida de bovinos (Bavera et al, 1999).

Su absorción es muy baja y se elimina por riñón, de forma que la acumulación en tejidos animales es muy reducida y no representa un claro riesgo para la salud tanto animal como humana.

Por lo anterior, no se considera a los productos animales entre las fuentes posibles de toxicidad para el hombre, siendo el riesgo más elevado cuando se utiliza sulfato de aluminio como floculante en las aguas corrientes o se emplean utensilios y envases de aluminio.

ARSÉNICO

Es el mineral más conocido popularmente como tóxico. Su forma inorgánica es la más tóxica.

Sus compuestos se han empleado para baños contra ectoparásitos, como reguladores de la microfauna del rumen, como medicamentos inyectables contra mixomatosis (verrugas), tónicos y como herbicidas, pero su empleo cesó por su toxicidad y por haberse logrado medicamentos más eficaces.

Los compuestos pueden clasificarse en dos grupos:

1) Arsenicales inorgánicos empleados como herbicidas y pesticidas y
2) compuestos orgánicos o fenilarsónicos empleados como aditivos alimentarios.

El envenenamiento por el primer grupo es usualmente el resultado de la ingestión de alimento contaminado con herbicidas o insecticidas arsenicales, aunque algunos compuestos (arsénico sódico) son fácilmente absorbidos por los pulmones y piel. Los compuestos fenilarsónicos son empleados en cerdos y pollos más que en bovinos (Fetcher, 1992).

Los compuestos solubles del arsénico están presentes en gran parte de las aguas a concentraciones variables. Su existencia en el agua como arseniato se debe al aporte que realiza el suelo en forma de óxido arsenioso (Bavera et al, 1999).

La elevada toxicidad del arsénico y sus compuestos exige un control de las aguas sospechosas, pues aún en dosis pequeñas pueden acumularse en el organismo y provocar intoxicaciones crónicas. La mayoría de los compuestos arsenicales producen el mismo síndrome tóxico, debido a que todas las formas originales del arsénico pasan a arsenito y se combina como tal con los grupos sulfhidrito de las proteínas, incluidas las enzimas.

Aún cuando los compuestos del arsénico se acumulan en cierto grado en casi todos los tejidos corporales, y especialmente en hígado, la rápida excreción por heces y orina disminuye sus efectos tóxicos. Normalmente la leche y los tejidos corporales contienen pequeñas cantidades de arsénico.

En la intoxicación crónica, los animales se muestran deprimidos, sin apetito, débiles y se mueven con dificultad y torpeza. Pueden existir temblores, contracciones convulsivas y diarreas, con frecuencia de color muy oscuro, producido por sangre y fragmentos de mucosa intestinal. A la necropsia se encuentra la piel frágil y desecada, lesiones en el tracto intestinal, con rotura de los vasos sanguíneos y necrosis de las células epiteliales y subepiteliales, hepatitis, nefritis, congestión pulmonar, endocarditis, hemorragias epicárdicas y áreas hemorrágicas en peritoneo. Aún cuando otros procesos pueden presentar signos similares a los producidos por el arsénico, el hallazgo de gastroenteritis hemorrágica, sobre todo si existe edema, exige la realización de análisis para detectar la presencia de arsénico.

Torres et al (1993) describen la intoxicación aguda por arsénico de 380 bovinos con 218 muertes en tres predios del departamento Caquetá, Colombia. El tóxico estaba presente como aditivo no nutricional en un suplemento de sal mineralizada comercial, donde el arsénico elemental alcanzó valores entre 0,1 y 1,4 %. En hígado, riñón y contenido ruminal, se registraron niveles de arsénico de 5,4 a 25,5 ppm, niveles considerados tóxicos para bovinos.

En algunas zonas de la Argentina, como ser regiones de la provincia de Córdoba, la intoxicación crónica con arsénico es endémica, ya que algunas aguas, como por ejemplo en cercanías de Mattaldi, tienen 1,1 mg/l de arsénico y en otras zonas de la misma provincia llegan a un contenido de 1,4 mg/l. La región más afectada por la presencia de arsénico en las napas freáticas es la llanura chaco-pampeana, donde quedaron depositadas cenizas volcánicas con el agente contaminante durante la formación de la cordillera andina.

Para el bovino, se estima que la concentración máxima en el agua de bebida se encuentra entre 0,15 y 0,30 mg/l, pero aún éstas concentraciones pueden llegar a desencadenar la intoxicación crónica, cuyos síntomas se verán acelerados a medida que aumente el tenor de arsénico. De todos modos, lo síntomas de la intoxicación crónica por arsénico son poco claros, por lo que puede ser muy dificultoso su diagnóstico clínico.

Se ha detectado intoxicación de porcinos por arsénico en el Chaco (Coppo et al, 1992).

Lagger et al (2000) indican que los niveles de toxicidad establecidos por el NRC fueron de 50 ppm (50 mg/1) por las formas inorgánicas y de 100 ppm por las formas orgánicas, pero que ensayos realizados por Marshall señalaron que vacas lecheras alimentadas con dietas de 200 ppm de arsénico, no produjeron efectos adversos, y que se requieren más estudios al respecto.

Los casos de intoxicación por arsénico descriptos en bovinos en Argentina no son crónicos, sino agudos. Como en el bovino que bebe aguas con arsénico la intoxicación es crónica y de lento desarrollo hasta mostrar síntomas dada su concentración en la misma, el problema desaparece en los animales de engorde para faena (novillos, novillitos, vaquillonas, terneros), ya que antes que aparezcan los síntomas clínicos el animal es terminado (engordado) y faenado. Las vacas de cría y los toros podrían estar sujetos a un mayor peligro por su permanencia en el campo, pero el refugo anual de estos animales por baja fertilidad, problemas sanitarios u otras causas, podría llegar a enmascarar una leve intoxicación y permitir seguir en producción a los animales más resistentes al arsénico.

CADMIO

El cadmio se deposita preferentemente en riñón e hígado. Su eliminación es muy lenta y puede causar daño en riñón, testículos, próstata, sistema nervioso central, sistema óseo y aparato reproductor. También puede ser un agente hipersensitivo, carcinógeno y causante de anormalidades. Una exposición larga al cadmio causa una mala función de los túbulos renales.

Cantidades relativamente elevadas de cadmio se pueden encontrar en el agua contenida en tuberías contaminadas con desechos de galvanizado.

El empleo de fertilizantes fosfatos pueden acumular cadmio en el suelo y contaminar las pasturas en esos terrenos hasta una concentración de 10 ppm.

El ácido ascórbico, la vitamina D, un quelato de cinc, la cisteína, el glucagón, el cinc, el hierro y el selenio dan cierta protección contra la toxicidad del cadmio.

El agua de superficie rara vez excede los 10 μg/l, lo que está muy por debajo de los niveles tóxicos (Bavera, 2001).

Puede ser contaminante de sales empleadas en mezclas minerales.

El hombre absorbe un 5 % del cadmio presente en los alimentos. Este porcentaje puede alcanzar el 15 % si hay deficiencia de hierro. En riñón puede concentrarse hasta el 85 % de la carga corporal de cadmio (WHO, 1992), considerándose al riñón como el órgano crítico.

Los contenidos de los suelos en cadmio son relativamente bajos y la absorción por los vegetales relativamente pobre, por lo que en condiciones normales de cultivo, no suele ser preocupante esta vía de entrada en la cadena alimenticia, pero sí se pueden dar valores más elevados al utilizar fuentes de abonos fosforados ricos en cadmio o bien residuos urbanos (NRC, 2001).

La absorción de cadmio por los animales es baja, particularmente en rumiantes (Underwood y Suttle, 1999), donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1 %, pero la retención en el organismo es muy elevada, particularmente en los riñones, especialmente donde la vida media puede ser de varios años (vacas, toros). En animales jóvenes (vaquillonas, novillitos, novillos, terneros), donde el tiempo hasta terminación es reducido, las acumulaciones de cadmio también serán muy reducidas.

PLOMO

Por sus características de toxicidad y acumulación en el organismo, no es aconsejable el uso de aguas que contengan plomo, aún en pequeñas cantidades, ya que el bovino es particularmente sensible a este elemento.

Existen diversos factores que afectan a la mayor o menor toxicidad del plomo en los rumiantes. Uno de los más importantes corresponde a la presentación química del metal (Blood y Radostits, 1992). Los compuestos de plomo más tóxicos incluyen los acetatos, carbonatos, y nitratos. El acetato de plomo es muy soluble, y suele ser la forma en que se expresa la toxicidad, para usarlo como referencia para los otros compuestos. Por el contrario, sulfuro y fosfato son relativamente poco solubles en el tracto gastrointestinal, por lo que son pobremente absorbidos por los animales (Casteel, 2001).

Los animales jóvenes son más sensibles que los adultos (Jurado Couto, 1989). Otro factor a considerar es la especie animal, ya que entre los rumiantes, los bovinos son más sensibles que los ovinos y caprinos (Pinault y Milhaud, 1998).

En general esta intoxicación suele desarrollarse en los rumiantes entre los meses de primavera y verano (Pouliquen, 1996).

La absorción puede tener lugar por vía dérmica, inhalatoria y digestiva. Actualmente la vía digestiva es la más importante para todos los animales en general. La absorción entérica del plomo está influenciada por factores fisiológicos (edad, dieta, gestación, estado nutricional) y variables físico-químicas tales como la forma química o el tamaño de partícula. En general, se necesita la solubilización del plomo en el tracto gastrointestinal proximal para realizar su transporte a través de la mucosa duodenal, primer lugar de absorción.

Mientras que los animales adultos absorben tan sólo el 5-10 % del total de plomo solubilizado, los animales jóvenes, con una mayor demanda de calcio, pueden llegar hasta el 30-40 %. En término medio se estima que entre el 10 y 20 % va a ser absorbido, siendo el 80-90 % restante excretado. Si además consideramos que del plomo absorbido se retendrá un 10-20 %, entonces, en conjunto, podemos considerar que sólo un 1-4 % del plomo ingerido por vía oral se mantendrá finalmente en el animal (Casteel, 2001). Underwood y Suttle (1999) confirman esto al indicar que la absorción de plomo por los animales es inferior al 1 %. Parece existir un cierto mecanismo de regulación de forma que al aumentar la exposición a fuentes de plomo, no aumenta linealmente la retención en el organismo.

En definitiva, cualquiera que sea la forma química en que se ingiera el plomo, sólo una pequeña cantidad se absorberá finalmente, ya que se forman complejos insolubles en el tracto gastrointestinal que se excretan por heces.

Los contenidos en plomo de los suelos son relativamente bajos y la absorción por las plantas es relativamente baja, salvo que los suelos estén contaminados. Una de las principales fuentes de contaminación del medioambiente son las naftas con plomo, lo que puede representar una vía importante de entrada en la cadena alimenticia al consumir los animales cultivos de áreas contaminadas (ej.: pasturas de áreas cercanas a rutas muy transitadas). Otra posible fuente de entrada son las pinturas de las instalaciones ganaderas, que pueden ser lamidas por los animales.

Su presencia en aguas naturales es muy rara, y sólo la contaminación industrial, sobre todo en cursos de agua, y el empleo, poco común, de cañerías de plomo en las instalaciones de aguadas, determinará su existencia en aguas de bebida. En bovinos se toleran hasta 0,1 mg/litro de agua de bebida (Bavera, 2001).

La exposición crónica al plomo resulta en la inhibición de la síntesis del grupo hemo, y un retardo en la maduración de los eritrocitos, generando, entre otros efectos, una importante anemia. En cuanto a las bases moleculares del efecto neurotóxico provocado por el plomo, se relacionan con la interferencia de algunos aspectos del equilibrio de cationes divalentes, sobre todo con el calcio intracelular y con el zinc.

Las pequeñas cantidades absorbidas a través del agua contaminada, producen efectos bastante profundos. Se encuentra en los animales intoxicados anorexia, adelgazamiento progresivo, depresión, debilidad muscular y postración general. Puede haber constipación, los animales vagan, describen círculos, rechinan dientes y

sufren cólicos ocasionales o contracciones convulsivas. La actividad cardiaca y respiratoria están debilitadas. Puede haber edema pectoral y de las extremidades si la alteración renal es grande.

En el cuadro clínico existen síntomas de distinta índole, que se pueden agrupar en tres grandes categorías:
Síntomas digestivos:

- En formas subagudas se desarrolla una típica diarrea negruzca, asociada también con:
  - Atonía intestinal y timpanismo.
  - Espasmo de esfínter anal.
  - Anorexia completa (el animal ni come ni bebe).
  - Salivación con sialorrea, y ocasionalmente odontoforesis.
  - El intenso dolor abdominal suele provocar coceo del abdomen ("cólico saturnino").
  - Hay que señalar que en ocasiones se instaura inicialmente un marcado estreñimiento, que acabará desembocando en la diarrea ya mencionada.

Síntomas neurológicos:

- Bramidos y rotación de los ojos.
- Hiperestesia al contacto y al oído.
- Se puede referir el síntoma de "empujar el muro", y marcha vacilante en redondo.
- Es frecuente observar amaurosis, con manifestaciones de dificultades en la visión.
- Son frecuentes los problemas nerviosos caracterizados por crisis convulsivas, temblores musculares y tambaleo. Los temblores se encuentran principalmente en cabeza y cuello. Las convulsiones, tónico-clónicas, son intermitentes, y pueden desembocar en la muerte.
- La muerte suele sobrevenir durante una fase convulsiva, por insuficiencia respiratoria del animal.

Otros síntomas que se observan son:

- Retardo en el crecimiento y anemia.
- Pérdida o descenso marcado del reflejo palpebral.
- Insuficiencia renal crónica.
- Síntomas similares a la tetania de la leche, con postración e incluso coma.
- La producción láctea no se ve afectada hasta que no se desarrollan los síntomas clínicos.
- Mayor predisposición a padecer patologías infecciosas de distinta etiología.
- En la fase final del proceso, el animal presenta un fuerte estado de deshidratación, asociado también a una intensa bradipnea.

Exposiciones crónicas a bajos niveles de plomo no causan síntomas clínicos en vacuno, porque los huesos secuestran el plomo y lo liberan lentamente a sangre para que sea excretado (NRC, 2001).

A la necropsia, en la intoxicación crónica, se puede encontrar el hígado de color amarillento, con degeneración de los lóbulos, riñones con amplias alteraciones degenerativas y aumento del tejido conectivo fibroso. Pueden encontrarse hemorragias diseminadas en número limitado, encontrándose con mayor regularidad sobre el corazón y los riñones.

La sangre total es la mejor muestra para determinar la intoxicación (plumbemia).

Incidentalmente se han constatado intoxicaciones de bovinos por plomo en Corrientes (Coppo et al, 1992).

El plomo absorbido se distribuye en distintos órganos y tejidos como riñón, hígado, encéfalo y huesos.

MERCURIO

El mercurio es un metal pesado que puede trasladarse grandes distancias una vez emitido a la atmósfera, que no desaparece del ambiente, permanece donde se deposita, y que al asentarse en medios acuáticos se transforma en una potente neurotoxina que se asienta en peces y otros animales, y luego en los humanos al pasar estos animales a formar parte de su dieta.

Generalmente la concentración de mercurio en aguas de bebida es baja debido a su tendencia a ser absorbido en el sedimento, pero la metilación biológica realizada por las bacterias lo remueve lentamente de los mismos, liberándolo en forma de metilmercurio (CH_3Hg^+), el cual es más peligroso que las formas inorgánicas porque es casi completamente absorbido a través del agua de bebida por los animales o por el hombre, y entra a un amplio número de tejidos con un efecto específico sobre el sistema nervioso central, siendo mas tóxico tanto para el animal como para el hombre que consuma su carne (Bavera, 2001).

Las harinas de pescado son una vía probable de entrada de mercurio en la cadena alimenticia a través de los animales terrestres al ser una fuente de mercurio orgánico que se absorbe y acumula en músculo en porcentajes elevados (Underwood y Suttle, 1999). Por esta razón es importante asegurar que las harinas de pescado que se utilizan en alimentación animal cumplen con los máximos legales.

En bovinos, la causa más común de envenenamiento mercurial fue la ingesta de semillas tratadas con fungicidas mercuriales orgánicos. Debido a que el uso de estos compuestos se ha interrumpido, la intoxicación por esta causa en bovinos es extraña actualmente.

ESTRONCIO

Son muy raras las aguas naturales que contienen estroncio, y su determinación no se realiza habitualmente. La tendencia que tiene el estroncio de acumularse en los huesos de los animales obligó a prestar mayor atención a su determinación, sobre todo cuando se sospecha la presencia de estroncio de origen radiactivo (Bavera, 2001).

HORMESIS

En la acción de muchas sustancias tóxicas, incluidos los microminerales, existe el fenómeno de la hormesis (del griego: hormo, excitar). La hormesis es el fenómeno beneficioso que ejerce toda sustancia tóxica cuando se presenta al organismo a dosis muy bajas (Hadley, 2003).

Es decir, dosis sumamente exiguas de algunos elementos tóxicos, tales como el arsénico y el cadmio, pueden estimular el sistema inmune del animal, mejorar sus defensas, y su estado de salud. Por lo tanto, el hecho de que algunos microminerales no esenciales sean considerados tóxicos, no significa que deban excluirse por completo de la alimentación animal.

MINERALES TÓXICOS PARA EL HOMBRE EN LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

Arsénico

En diversos países existen límites fijados de toxicidad en agua para uso humano. Así la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (USEPA) fija en 50 µg/l el contenido de arsénico del agua potable, pues está probado el riesgo de cáncer en poblaciones de Chile, Argentina y Taiwan, donde los niveles en agua son elevados (NRC, 1999).

Según la recomendación de la Organización Mundial de la Salud el arsénico que puede tener un litro de agua de bebida no debe superar los 0,01 miligramos. Por su parte, tanto la ley nacional Argentina como la de

la mayor parte de las provinciales, fijan como valor máximo permitido un 0,05 mg/l, límite mayor que el de la OMS.

Antiguamente, la enfermedad en Argentina se llamó "Mal de Bell Ville", porque en esa ciudad cordobesa se diagnosticaron los dos primeros casos, en 1917. Hoy recibe el nombre de Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) y tiene su origen en el consumo prolongado de agua de pozo con altos niveles de arsénico.

El arsénico está presente en las napas acuosas de las poblaciones rurales de Jujuy, Salta, Formosa, Tucumán, Santiago del Estero, Santa Fe, Córdoba, La Pampa y Buenos Aires.

Por ejemplo, en Junín (prov. Bs. As.), los valores van desde 0,08 mg hasta 0,15. Se estima que la dosis mortal de arsénico es de alrededor de 100 mg, la misma cantidad que en dicha zona ingiere una persona al cabo de seis meses.

El alto contenido de arsénico en el agua aumenta la probabilidad de contraer cáncer de piel y en órganos blandos. Es un elemento tóxico y cancerígeno con efecto acumulativo en el organismo. Los síntomas que se observan a simple vista son testes en la piel o una composición más gruesa de ésta, al igual que manchas amarillas en todo el cuerpo. También, produce náuseas, gastroenteritis, alteraciones neurológicas, vasculares, cefaleas, diabetes y afecciones menores, como anemia y depresión.

Puede derivar en casos de cáncer de piel, esófago, estómago, colon y vejiga. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer coloca al arsénico en el grupo uno de los elementos causantes de esta enfermedad.

Hay casos de adaptación al consumo excesivo de arsénico, por lo menos comprobado en el hombre. En el NOA hay comunidades coyas que desde hace siglos beben agua con niveles de arsénico tóxicos para otras personas, sin mostrar signos de arsenicismo crónico.

La absorción percutánea del arsénico, así como otros metales pesados como ser mercurio, estaño, cobre, bismuto y antimonio, depende de la transformación del compuesto lipoinsoluble original en un oleato metálico liposoluble. Esto puede producirse en o sobre la capa córnea por combinación de la sal del metal pesado con los ácidos grasos del sebum, o fuera del organismo cuando se incorpora en bases de ungüentos que contengan ácidos grasos (Bavera, 2006).

El arsénico de los alimentos suele encontrarse en forma orgánica que es menos tóxicos (Abernathy et al., 2003).

No hay reportes de problemas en el hombre por consumir carne de bovinos que han bebido permanentemente aguas con arsénico. Para la USEPA (1998) los problemas de arsénico para humanos están asociados solamente con aguas y pescados y muy raramente con productos de animales domésticos.

Cadmio

Lo preocupante para el ser humano es el hecho de que el cadmio se encuentra en la mayoría de los alimentos, si bien en cantidades reducidas. Al tener una eliminación del organismo muy lenta, es necesario limitar mucho las cantidades de ingestión diaria para evitar efectos perniciosos a largo plazo. Por esta razón es uno de los metales que en la actualidad preocupa más su control. Los niveles máximos tolerables de consumo diario de cadmio son 68 µg/persona/día para 68 kg de peso (WHO,1989).

Los niveles de cadmio en leche son bajos. Es interesante destacar que los niveles de cadmio en fórmulas de leche maternizada para humanos elaboradas a partir de leche de vaca es de 0,26 ng/g, un valor 8 a 15 veces inferior al que presentan las fórmulas elaboradas a base de soja (Dabeka y McKenzie, 1987).

La Unión Europea fija los valores máximos en los alimentos de origen animal para el hombre para cadmio en 0,05 mg/kg para carnes, 0,5 mg/kg para hígado y 1,0 mg/kg para riñones (Reglamento CE 466/2001).

Plomo

Palavacini et al (1991), encontraron que el contenido de plomo hepático en hígados sanos de bovinos provenientes de las regiones VII, XI y Metropolitana de Chile se encontraba sobre los niveles considerados

como máximos permisibles, reflejando esto un ambiente inmediato altamente contaminado para los animales en estudio.

El plomo se acumula en tejidos y también se transfiere a la leche en niveles perjudiciales para el hombre, aún cuando no cause grandes trastornos en el bovino. De ahí la importancia de la no ingestión por los animales.

En el hombre, la absorción de plomo por vía oral es cercana al 10 % en adultos y se incrementa hasta el 50 % en niños (WHO, 1995). Los valores tolerables de ingesta diaria de plomo son de 243 µg/persona y día. Las fuentes principales de aporte son las bebidas alcohólicas, frutas y verduras. Los aportes por las carnes son relativamente moderados, un 12 %.

El plomo penetra la piel en un grado muy inferior al de otros metales pesados.

Como el plomo se acumula más en huesos que en tejidos blandos del animal, los aportes de plomo por las carnes a la dieta son muy bajos.

La Unión Europea fija los valores máximos en los alimentos de origen animal para el hombre en 0,02 mg/kg para leches (en peso fresco), 0,1 mg/kg para carnes y 0,5 mg/kg para despojos comestibles (achuras) (Reglamento CE 466/2001).

Mercurio

El mercurio metálico incorporado en ungüentos penetra a través de la piel intacta por los folículos pilosos y las glándulas sebáceas.

La Unión Europea fija los valores máximos en los alimentos de origen animal para el hombre para mercurio solo para pescado (Reglamento CE 466/2001).

Conclusión

Las fuentes más comunes de minerales tóxicos en alimentación humana suelen ser los vegetales y el pescado. Los niveles de arsénico, cadmio, plomo y mercurio son muy bajos en la carne de vacuno.

La contribución de minerales tóxicos del vacuno a la dieta humana ha sido estudiada en España por Alonso et al (2002).

Cuadro 4.3.- Concentración media de metales pesados en distintos tejidos del vacuno de carne (µg/kg en fresco) (Alonso et al, 2002)

	Cadmio	Plomo	Arsénico	Cobre	Cinc
Carne ternera	1,29	8,74	4,27	0,68	47,8
Carne vaca	1,38	17,0	5,11	1,7	52,7
Hígado	31,8	52,6	42,8	64,6	47,7

La carne de animales adultos posee mayor concentración de minerales tóxicos, y más aún el hígado. Esto podría ocasionar problemas en el hombre si el consumo de cortes de estos animales fuera muy frecuente.

Los animales provenientes de ciertas zonas con alta contaminación ambiental y/o alimentados con forrajes o aguas contaminados, pueden estar proveyendo al hombre de alimentos no aptos.

"...el estudio sobre los pastos, las aguas, las sales y la higiene de los ganados, con relación á nuestro clima, y á las condiciones del terreno, sería de la más alta y trascendental importancia; y aunque todo eso ha de venir ciertamente con los años y el progreso industrial, sería muy conveniente acelerar la época de su llegada, para disfrutar de los beneficios que han de reportar (a) los que vengan cuando esos trabajos se realicen."

Hernández, José. 1882. "Instrucción del Estanciero". Edit. Casavalle, Bs.As., :61.

CAPÍTULO V

COMPOSICIÓN MINERAL E INGESTIÓN DE LAS PASTURAS

INTRODUCCIÓN

Todas las plantas dependen directamente del suelo para obtener el suministro de nutrientes minerales. Los animales que pastan en forma extensiva obtienen los minerales que necesitan de diversos tipos de suelos, varias especies de plantas y de diferentes partes de la planta. Cuando la movilidad de los animales es restringida, pasan a depender de un estrecho rango de tipos de suelos y especies de plantas. Si el recurso forrajero tiene bajas concentraciones disponibles del mineral requerido, y como el rumiante tiene un limite en su capacidad de consumo, no llegará a cubrir sus requerimientos.

Por todo esto, la relación suelo-planta-animal-producción pasa a ser aún más compleja que las relaciones suelo-planta o planta-animal o animal-producción.

BIODISPONIBILIDAD (BioD) DE LOS MINERALES DE LAS PASTURAS

La posibilidad de un forraje de proveer al animal un adecuado nivel de minerales dependerá de su contenido mineral y de la biodisponibilidad (BioD) de esos minerales. La **biodisponibilidad** de un mineral se define como la proporción del elemento ingerido que es absorbido, transportado a su sitio de acción en el organismo y convertido a una forma fisiológicamente activa (O'Dell, 1984, cit. por Spears, 1998), lo que está influenciado por el estado fisiológico y productivo del animal. Es decir, que tiene en cuenta los cambios en la concentración de los microminerales en sangre o en el hígado, como también los resultados productivos de cada micromineral que se evalúe. Los resultados se expresan en relación a un mineral de referencia al que se le asigna un valor de 100 %.

Otra medida es el **coeficiente de absorción** o **de digestión** que se determina mediante la diferencia entre las concentraciones de los aportes y de las heces. Esta metodología no es la óptima para los microminerales pues tanto los niveles de inclusión como su absorción son muy bajos, y además existe una excreción endógena relativamente alta (EFEMA, 2002).

La biodisponibilidad de los minerales por los bovinos es afectada por la distribución y por la forma química de dichos minerales en el forraje. El cuadro 5.1 muestra las formas químicas más importantes que existen en las plantas:

Cuadro 5.1.- Formas químicas de los minerales presentes en las plantas (Spears, 1998 a).

Mineral	Forma química en la planta
Fósforo	Fosfatos inorgánicos; ARN; fosfolípidos; otros ésteres fosfatos; ácido fítico.
Calcio	Fosfato de calcio; oxalato de calcio; posiblemente ligado a pectinas y lignina.
Azufre	Aminoácidos azufrados; compuestos orgánicos conteniendo azufre; sulfatos
Magnesio	Clorofila; magnesio ligado a lignina.
Sodio	Ion sodio.
Cloro	Ion cloro.
Potasio	Ion potasio.
Cobre	Complejos aniónicos o neutros.
Cinc	Complejos aniónicos.
Selenio	Selenometionina; selenitos.
Yodo	Ion yodo.
Manganeso	Quelatos orgánicos.
Hierro	Porfirinas; complejos aniónicos; hidróxido férrico.
Molibdeno	Enzimas conteniendo molibdeno; ion molibdato.
Sílice	Silicio sólido en pared celular; ácido silícico.

Estudiando la distribución de los minerales en las plantas, se encontró que varios de ellos están asociados con la pared celular. En el cuadro 5.2 se puede apreciar la proporción de cada mineral presente en la pared celular de festuca alta y trébol blanco sobre el total de minerales contenido en la planta:

Cuadro 5.2.- Porcentaje de minerales presentes en la pared celular de festuca alta y trébol blanco sobre el total de minerales de la planta (Witehead, 1985, cit. por Spears, 1998 a).

Mineral	Festuca alta	Trébol blanco
Fósforo	4,9	5,0
Azufre	3,6	5,2
Calcio	14,1	45,0
Magnesio	6,5	14,2
Potasio	1,7	0,9
Manganeso	22,5	93,8
Cinc	29,0	45,4
Cobre	26,5	40,6

Un prerrequisito para al absorción de un mineral es que sea liberado del forraje en forma soluble. Los minerales pueden ser absorbidos en forma iónica o como complejos solubles o quelatos, dependiendo de cada mineral en particular. No pueden ser absorbidos cuando se encuentran ligados a sustancias insolubles.

Una cantidad considerable del total del calcio, cobre, hierro y cinc puede estar asociada con la fracción fibra detergente neutra (FDN). Esta asociación con la fibra u otros componentes celulares insolubles de las plantas pueden disminuir la tasa y el grado en que los minerales son liberados por los forrajes en el tracto gastrointestinal, proceso conocido como **solvatación**. Los grupos carboxilos e hidroxilos de los compuestos

fenólicos son los principales grupos en la pared celular de la planta involucrados en complejar cationes minerales.

En los estudios realizados, la proporción total de minerales de los forrajes solubilizados en el rumen ha sido generalmente alta. El cuadro 5.3 presenta datos de estudios en los cuales se midió la liberación de minerales de forrajes:

Cuadro 5.3.- Porcentajes de liberación en el rumen de minerales de distintos forrajes
(Van Eys y Reid, 1987; Puoli et al, 1991; Emanuelle y Staples, 1990, cit. por Spears, 1998).

Mineral	Festuca alta	Panicum virgatum	Pasto Bermuda (Cynodon dact.)	Alfalfa
Calcio	71,0	30,3	78,1	59,3
Magnesio	91,9	83,9	96,5	95,2
Potasio	95,7	82,5	99,9	99,9
Fósforo	88,3	60,8	65,3	85,1
Azufre	81,9	47,2	---	---
Cobre	---	---	75,8	92,9
Cinc	---	---	62,1	79,4

Los minerales en los forrajes están distribuidos en:

1º) Una fracción que es muy soluble y de rápida liberación. La mayor proporción del magnesio, fósforo, potasio y cobre presentes en los forrajes reside en esta fracción.

2º) Una fracción que se libera mas lentamente en un período de horas, a medida que la pared celular y la proteína es degradada.

3º) Una fracción que no se degrada. Esta fracción existe al menos para algunos elementos.

El solo hecho de que un mineral sea liberado en forma soluble, no necesariamente significa que dicho mineral permanecerá soluble hasta que sea absorbido. Los minerales solubilizados pueden interactuar con las células bacterianas, con otros minerales o con otros componentes del forraje para formar compuestos insolubles.

Como los microorganismos ruminales requieren ciertos minerales para su normal metabolismo y crecimiento, el bajo nivel de los mismos en los forrajes o su baja biodisponibilidad puede perjudicar la habilidad de los microorganismos para digerir la fibra y sintetizar proteínas. Los niveles de fósforo y azufre en los forrajes pueden ser lo suficientemente bajos como para comprometer la digestión de la fibra. Los cationes bivalentes pueden servir como eslabones o enlaces entre las superficies negativamente cargadas de las bacterias y las paredes celulares de las plantas, incrementando de esta forma la digestión de la fibra (Spears, J. W., 1998).

Un análisis del contenido mineral de las plantas consumidas por los animales a pastoreo puede ser de ayuda para predecir el estado mineral de estos rumiantes. Sin embargo, se producen variaciones en el contenido mineral de las plantas que puede conducir a errores.

La composición mineral de los forrajes varía de acuerdo a numerosos factores, entre los cuales se destacan, por su importancia e interdependencia, la edad de la planta o estado vegetativo, las diferencias entre especies y aún entre variedades, el suelo, la fertilización, las inundaciones, el clima, las estaciones del año, la parte de la planta, la sanidad de la planta, la frecuencia de defoliación, el sistema de pastoreo, la digestibilidad, el retorno de los minerales al suelo, la estructura de la pastura, el método de conservación del forraje y otras variables.

EDAD DE LA PLANTA O ESTADO VEGETATIVO

El estado vegetativo de la planta es un factor muy importante que afecta la composición química y el valor nutritivo total de los forrajes. Durante las etapas tempranas de crecimiento de la planta, usualmente existe una rápida tasa de absorción de minerales. A medida que va madurando, el contenido de materia seca de la planta generalmente se incrementa más rápidamente que la absorción de minerales, provocando una disminución en su concentración.

El efecto consiste en que los niveles de nitrógeno, potasio y fósforo disminuyen a medida que la planta avanza en su estado fisiológico. Estos nutrientes son muy móviles en las plantas, traslocándose los mismos de los órganos maduros hacia los nuevos, mientras que elementos tales como el calcio, magnesio, cinc e hierro son relativamente estáticos, concentrándose en los órganos maduros y en el tallo. Esta distribución diferencial de los elementos en los diversos órganos vegetales podría explicar la reducción acentuada en los niveles de nitrógeno, fósforo, sodio, cloro y potasio con el crecimiento de la planta, el cual es acompañado por el cambio en la proporción tallo:hojas.

También disminuyen los niveles de cobre, cinc, cobalto, hierro, níquel y molibdeno a medida que se incrementa la madurez, y aumenta el de silicio.

Por otra parte, los minerales de los forrajes se encuentran formando parte de los elementos de sostén de la planta, y de acuerdo a los porcentajes de elementos estructurales que la misma posea, estará dada la biodisponibilidad del mineral. Por ello, a medida que maduran los pastos, los minerales estarán más fuertemente unidos a los elementos estructurales y serán más difíciles de utilizar por parte del animal.

El siguiente cuadro ejemplifica algunos de estos hechos:

Cuadro 5.4.- Contenido de calcio y fósforo de algunas pasturas en distintos estados vegetativos (g/kg MS) (Heinrich y Carson, citado por Barberis y Mizuno, 1965).

Especie	Mineral	Hoja joven	En espigazón	En floración	Semillada
Cebadilla perenne (Bromus inermis)	Ca	2,5	2,4	2,5	3,4
	P	2,3	2,1	1,2	0,9
Agropiro crestato (Agropiro cristatum)	Ca	2,0	2,2	2,3	2,8
	P	1,9	1,7	1,0	0,7
Agropiro alargado (Agropiro elongatum)	Ca	2,1	2,5	1,9	2,0
	P	2,1	1,6	1,0	0,7
Stipa viridula	Ca	2,1	2,0	1,4	1,5
	P	1,8	1,5	1,2	0,8

Según se observa en este cuadro, los valores de calcio tienden a mantenerse o aumentar a medida que madura la planta, mientras que el fósforo sigue una curva netamente decreciente.

En el período otoño invierno el agropiro puede determinar casos de hipomagnesemia que están asociados a un alto contenido de ácido transconítico (hasta un 7 %) en plantas jóvenes. El ácido transconítico actuaría captando el calcio y el magnesio e impidiendo su utilización a nivel ruminal. A medida que se incrementa la temperatura ambiental y madura la planta, disminuye el nivel de ácido y el problema desaparece (Ledesma Arocena, 1993).

Berger et al (1985) determinaron, en el centro de Santa Fe., en plantas de alfalfa de los cultivares Cuf 101, Scantamburlo y un ecotipo local, que el fósforo y el magnesio decrecieron linealmente con el avance a madurez, mientras que los porcentajes de calcio no presentaron una tendencia definida. Los porcentajes de potasio presentaron una tendencia parabólica con valores altos y los de nitrógeno mostraron gran variabilidad. Los valores medios de los porcentajes de los elementos minerales estudiados en las tres alfalfas fueron: fósforo 0,35; calcio 0,96; magnesio 0,29; potasio 4,28 y sodio 0,05.

Por otra parte, la utilización de los minerales por el vacuno varía con la edad de la planta. En los forrajes inmaduros, los monovalentes sodio, potasio y cloro tienen una absorción total, mientras que los divalentes calcio, magnesio y cinc presentan una absorción más lenta.

ESPECIE Y VARIEDAD

La especie y la variedad tienen influencia en la composición mineral de la pastura, pero esta influencia también varía con la composición del suelo. Por ejemplo, una leguminosa, que por sí misma debería tener altos niveles de minerales, depende para ello de las condiciones de asimilabilidad en que se encuentran estos elementos en el suelo. La influencia de los factores de variabilidad de la composición química de una especie forrajera pueden ser de tal magnitud que anulen, en forma casi total, el concepto de especie como sinónimo de composición química.

Las diferencias mas apreciables en el contenido mineral de las plantas son las existentes entre las leguminosas y arbustivas, más ricas en minerales, y las gramíneas. Las leguminosas suelen ser tres o cuatro veces más ricas en calcio que las gramíneas en todos sus estados fenológicos y bajo condiciones ambientales similares, pero son pobres en sodio. Las leguminosas tropicales son el extremo, pudiendo llegar a tener muy poco sodio (menos de 0,4 g/kg de MS), por lo que son totalmente inadecuadas para cubrir ese requerimientos.

Las concentraciones de potasio, magnesio, azufre, hierro, cinc, cobre, cobalto y molibdeno son más elevadas en las leguminosas que en las gramíneas, aunque las diferencias no son tan amplias como sucede con el calcio.

Las gramíneas normalmente tienen en su composición mineral mayor cantidad de sodio, cloro, yodo, manganeso y silicio que las leguminosas y suelen ser deficientes en fósforo y magnesio.

Los oxalatos de calcio son abundantes en algunos pastos subtropicales, como ser Cenchrus ciliares y Setaria sphacelata, y por esta razón habría deficiencias de calcio en muchas zonas subtropicales y tropicales ya que la biodisponibilidad del calcio en el oxalato sería solo del 20 % comparada con la del carbonato de calcio.

La alfalfa suele tener entre el 20 y 33 % del calcio como oxalato, y por lo tanto es de baja utilización, aunque se ha determinado que después de un tiempo la flora ruminal se adapta y aprovecha el calcio de este compuesto.

En los siguientes cuadros se ejemplifica la diferencia que hay entre distintas especies y variedades:

Cuadro 5.5.- Contenido de macroelementos en pasturas (% de MS) (Marcos, 1985).

Especie	Ca	Mg	P	K	Na
Alfalfa	1,4	0,3	0,3	4	0,05
Grama Rhodes	0,3	0,2	0,3	-	-
Cebada	0,3	0,2	0,4	-	0,11

En seis muestras de la colección de pasturas cultivadas de la E.E.A El Colorado (Formosa), Balbuena (1985) obtuvo los siguientes resultados en la determinación de macroelementos:

Cuadro 5.6.- Contenido de fósforo, sodio y potasio en pasturas cultivadas (febr. y junio) (Balbuena, 1985)

Valores	Fósforo %	Sodio %	Potasio %
Media	0,33	0,146	1,024
Mínimo	0,115 (D.aristatum)	0,010 (D.arist.)	0,209 (C.gayanana)
Máximo	0,708 (P.maximun)	0,807 (C.gayana)	4,063 (C.ciliari)

Cuadro 5.7.- Contenido mineral orientativo de algunas forrajeras cultivadas (g/kg de MS) (Barberis y Mizuno, 1965)

Especie	P	Ca	Mg	K	Na
Alfalfa *	3 - 5	6 -10	2 - 3	25 - 40	0,5 - 1
Alfalfa +	1 - 6	1 -17	0,8 - 10	15 - 45	0,2 - 3
Avena *	2 - 3,5	2 - 3,5	1,5 - 3	20 - 40	1 - 4
Sorgo forrajero *	2,8	4,8	2,6	30,4	1
Falaris bulbosa *	2 - 3	3 - 5	2 - 4	25 - 40	0,5 - 3
Festuca alta *	1,5 - 3,5	3 - 4,5	2 - 3,5	15 - 30	0,5 - 3
Ray grass perenne *	2 - 4	3 - 5	1,5 - 3	20 - 40	0,5 - 3
* Promedio; + Extremos.					

Cuadro 5.8.- Contenido promedio de cobre, molibdeno y sulfato inorgánico en gramíneas y leguminosas en potreros con y sin problemas de hipocuprosis en los animales a pastoreo (Adap. de Ruskan, 1985).

	Gramíneas		Leguminosas	
Elemento	Potrero con problemas	Potrero sin problemas	Potrero con Problemas	Potrero sin problemas
Cobre	5,7 ppm	6,7 ppm	11,1 ppm	10,6 ppm
Molibdeno	2,5 ppm	2,1 ppm	7,3 ppm	3,4 ppm
Sulfato	0,39 %	0,35 %	0,39 %	0,48 %

Núñez et al (1976), en un campo de la zona de Laboulaye (Córdoba), en el cual se había diagnosticado una deficiencia de cobre condicionada por exceso de molibdeno en pasturas y de sulfato en el agua de bebida, encontraron los siguientes valores de minerales en pasturas a lo largo del año:

Cuadro 5.9.- Contenido mineral de pasturas en zona Laboulaye (Cba.) en un campo con deficiencia condicionada de cobre (Núñez et al, 1976).

Pastura y fecha	Cu ppm	Zn ppm	Mo Ppm	Mn ppm	Cu/Mo	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fibr %
Agropiro											
23.06.73	4,8	7	5,4	37	0,89	1,8	0,15	1,1	0,27	0,18	30
22.08.73	7	32	4	55	1,75	2,2	0,20	1,3	0,22	0,20	31
19.10.73	7,5	40	2,9	29	2,6	2,1	0,25	1,3	0,26	0,26	33
19.12.73	4,8	16	1,9	--	2,5	1,5	0,22	1,3	0,20	0,22	33
20.04.74	3,9	19,5	3,1	28	1,3	1,1	0,16	1,1	0,26	0,18	30
22.06.74	2,6	12	4,7	38	0,6	1	0,11	0,76	0,21	0,12	35
Centeno											
23.06.74	12	18	2	50	6	3	0,30	3,1	0,27	0,18	19
09.09.74	9,3	29	3,2	112	2,9	3,3	0,34	2,9	0,33	0,21	22
Melilotus	7,9	41	14	41	0,56	3,2	0,22	1,6	0,83	0,44	--
Distichlis	3,8	14,5	1,1	35	3,4	3,4	0,13	0,77	0,29	0,29	--

Cuadro 5.10.- Análisis de pasturas en 5 establecimientos muestreados de Luque, Calchín y Río Segundo (Pcia. de Córdoba) (Fader et al, 1994).

Establecimiento	Pastura	Cobre Ppm	Molibdeno ppm	Hierro ppm	Cinc ppm	Manganeso ppm	Relación Cu/Mo
1	Avena	7,4	5	199	21,9	66,6	1,5
	Alfalfa	7,8	4,5	213	28,7	70	1,7
	Pastura natural	9,1	1,8	111	86,9	61,7	5
2	Pastura natural	8,4	2,9	284	43	90,8	2,9
	Melilotus alba	6,8	10,4	952	26,5	87,3	0,65
3	Alfalfa	7,4	7,1	446	27,8	58,9	1
	Pastura natural	4,6	11,8	448	53,8	54	0,4
4	Gramma	5,4	6,7	713	35,4	89,8	0,8
5	Rollo alfalfa	6,1	11,5	527	21,6	45	0,5
Valor sugerido (NRC)		8	2	50	30	40	2

Cuadro 5.11.- Algunos minerales en pasturas naturales del NEA (Mufarrege et al, 1985).

Fósforo	0,9 ± 0,03 g/100 g MS
Potasio	0,48 ± 0,25 g/100 g MS
Sodio	0,03 ± 0,03 g/100 g MS
Cinc	15 a 28 ppm.
Cobre	3,5 a 6,2 ppm.
Manganeso	110 a 470 ppm.

Cuadro 5.12.- Porcentaje de sodio de distintas especies forrajeras y pasturas. Promedios y rangos encontrados en la jurisdicción de la E.E.A. de Mercedes (Corrientes) (Mufarrege et al, 1992).

Especies o pasturas	g de Na/100 g MS	
	Promedio	Rango
Nativas		
Campo natural. Crecimiento de 90 días	0,030	0,001 – 0,120
Campo natural. Pastura disponible de 30 días	0,024	0,001 – 0,06
Paspalum notatum (Pasto horqueta). Partes verdes.	---	0,005
Andropogon lateralis (Paja colorada). Partes verdes.	0,030	0,005 – 0,045
Andropogon lateralis (Paja colorada). Planta entera madura.	---	0,005
Sporobolus indicus. Partes verdes	0,026	0,005 – 0,050
Sporobolus indicus. Planta entera madura.	---	0,005
Rotboellia selloana. Planta entera madura.	---	0,010
Desmodium canum. (Pega-pega). Leguminosa.	---	0,005
Cultivadas		
Digitaria decumbens (Pangola)	0,25	0,20 – 0,25
Setaria sphacelata (Setaria)	0,22	0,18 – 0,48
Paspalum guenoarum (Pasto Ramírez).	0,20	0,16 – 0,26
Tripholium polimorphum (Carretilla).	0,18	0,15 – 0,31
Leucaena leucocephala (Leucaena)	0,01	0,001 – 0,047

Cuadro 5.13.- Porcentajes de P y Na en la materia seca para campo natural y diferentes forrajeras en la Provincia de Misiones y nordeste de la Provincia de Corrientes (Perego, 1996).

Forrajes	P	Na
Campo Natural	0.100	0.062
Pasto Jesuita (hojas)	0.159	0.006
Pasto Elefante Panamá	0.119	0.003
Pasto Setaria Kazungula (c/NPK)	0.180	0.165
Pasto Setaria Kazungula (s/fert)	0.164	0.134
Pasto Bermuda Híbrido	0.121	0.050
Pasto Estrella	0.084	0.050
Leucaena	0.306	0.044

En el cuadro se observa que para el verano la gran mayoría de las forrajeras gramíneas no alcanzan a suplir los requerimientos diarios de fósforo para ambas categorías de vacunos, excepto en el caso de la Setaria fertilizada, la cual suple las necesidades de un novillo aunque no de una vaca de cría. Por otra parte la Leucaena leucocephala, leguminosa de alto valor proteico, posee contenidos de fósforo que supera con creces las necesidades mínimas de ambas categorías.

Respecto al sodio, se observa que excepto para el pasto Jesuita y el pasto Elefante cv. Panamá, los contenidos de este elemento en las demás forrajeras alcanzan los valores mínimos, requeridos para las vacas de cría como novillos en el período estival. El pasto Setaria cv. Kazungula, por otra parte, posee altos valores de sodio en comparación con las otras especies.

Es importante destacar que los porcentajes de fósforo y sodio descienden bruscamente durante los meses invernales y durante el período estival, especialmente cuando ocurren sequías prolongadas y consecuentemente no alcanzan a cubrir las necesidades diarias del ganado.

Cuadro 5.14.- Concentración de magnesio en algunas forrajeras cultivadas (Cseh, 1994).

Con baja concentración de magnesio (menos de 0,2 %)	Con alta concentración de magnesio
Falaris - Raigrás - Centeno	Paspalum - Sorgo
Agropiro - Pasto ovillo - Trigo	Trébol Blanco - Alfalfa
Festuca - Cebadilla - Avena	

Barberis (1967), en su trabajo sobre el contenido mineral de las principales forrajeras cultivadas en la pradera pampeana, llega a las siguientes conclusiones:

1º) Las gramíneas anuales invernales cultivadas tradicionalmente en la pradera pampeana presentan un alto contenido de potasio, valores relativamente bajos de calcio y medios de magnesio. Su tenor de fósforo y sodio experimenta variaciones extremas en correlación con los niveles en que se encuentran dichos elementos en el suelo. El centeno es el verdeo más equilibrado desde el punto de vista mineral, siguiéndole el trigo, la cebada forrajera y la avena, dentro del ámbito del norte de la pradera pampeana.

2º) Las gramíneas anuales estivales corrientemente empleadas (sorgo forrajero y maíz) manifiestan una deficiencia relativa de calcio menos pronunciada que la de los verdeos invernales, y son menores sus niveles absolutos de fósforo y potasio.

3º) Las gramíneas perennes presentan en general un mayor contenido de calcio y magnesio, y un menor nivel de potasio y fósforo que las gramíneas anuales.

4º) La falaris bulbosa, el pasto ovillo y el raigras perenne contienen cantidades altas de potasio y relativamente bajas de calcio, con aceptables niveles de fósforo.

5º) El pasto llorón ofrece una composición más equilibrada en verano que en invierno, siendo en esta última estación muy pobre en fósforo y potasio.

6º) La festuca alta es la que tiene una mejor provisión cálcica, con un cociente potasio/calcio más equilibrado.
7º) La composición del agropiro alargado, normalmente cultivado en suelos salitrosos, refleja las condiciones de desequilibrio químico de los mismos, teniendo marcada acumulación sódica.
8º) Las leguminosas forrajeras manifiestan un elevado contenido de fósforo, calcio y magnesio, sensiblemente superior al de las gramíneas forrajeras, conservando el alto nivel potásico que se observa en los verdeos anuales.

SUELO

La capacidad del suelo para suministrar los elementos minerales a las plantas depende de algunos factores tales como: roca madre, reacción del suelo (pH), textura, estado de desarrollo, pérdidas a través de la infiltración, erosión de la superficie, aplicación de fertilizantes y materiales de deshecho, humedad y condiciones de drenaje.

Los minerales cumplen un ciclo: se encuentran en el suelo, son asimilados por las plantas que son ingeridas por los animales y a través de las excreciones de éstos y de la descomposición de la materia orgánica retornan al suelo cerrando así el ciclo. Pero hay una extracción de minerales por los animales, granos, semillas y forrajes que son retirados del establecimiento. Esto va empobreciendo los suelos y lleva a una deficiencia mineral en el forraje que se traslada a los animales.

Además de la cantidad, es importante la disponibilidad de los minerales en el suelo, pues para muchos de ellos solamente una pequeña proporción del total presente en el suelo está disponible para ser absorbido por las plantas.

El pH del suelo tiene un gran impacto sobre la concentración de ciertos minerales traza en los forrajes, siendo este impacto menor sobre los macroelementos. Los cambios en el contenido mineral del pasto debidos a alteraciones del pH del suelo, dependerán del tipo de suelo.

Los suelos ácidos suelen producir forrajes más pobres en Ca que los alcalinos. Los muy ácidos o muy básicos son pobres en fósforo disponible, aunque ambos contienen en forma total grandes cantidades de fósforo, aluminio y fosfato tricálcico.

En suelos con pH alto (mayor a 6,7) la captación de molibdeno y de selenio por parte de la planta, especialmente en leguminosas, se aumenta en forma marcada. Los suelos arcillosos, fuertemente alcalinos, inmovilizan el cobre, dificultando su absorción por las plantas.

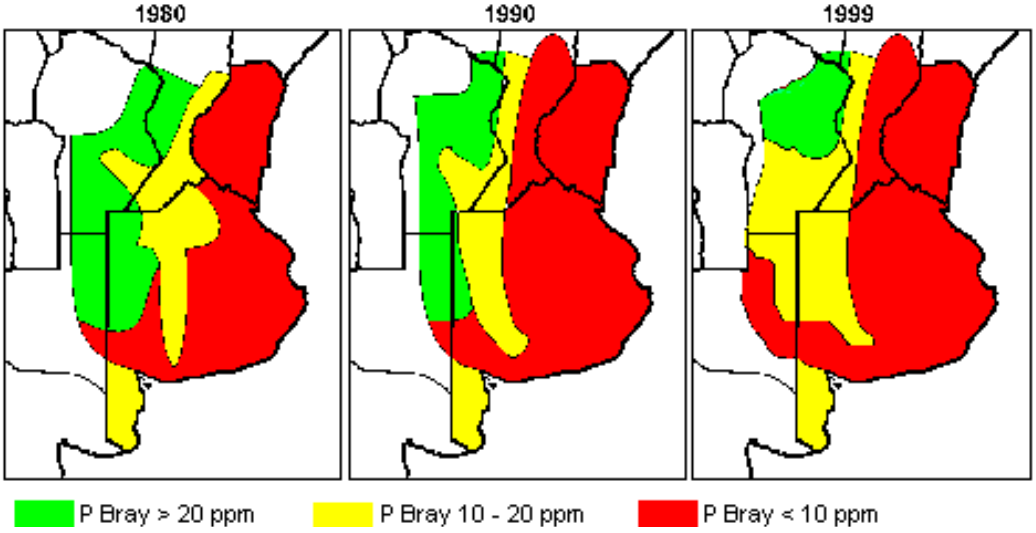
Con leves incrementos en el pH del suelo, se han observado grandes disminuciones en las concentraciones de manganeso y cobalto, que son favorecidos en su concentración con reacciones ácidas del suelo. En cambio, al incrementarse el pH, el contenido de cobre y cinc solo disminuye levemente.

En el ciclado del fósforo puede haber depósitos o ingresos de fósforo a partir de fuentes externas (ej. fertilizantes). El fósforo no presenta importantes vías naturales o biológicas de reposición al sistema pastoril como sucede con el nitrógeno a través de la fijación biológica. Además, el fósforo muestra escasa movilidad en la solución del suelo, su salida del sistema está concentrada en la captación por las plantas y el consumo por los animales. En menor magnitud, se pueden detectar pérdidas por escurrimientos superficiales o con el suelo (erosión). Los fertilizantes son vías antrópicas de ingreso de fósforo a los sistemas.

Evaluaciones recientes, (Díaz-Zorita; Demmi et al, 1992; Echeverría y Ferrari, 1993), muestran la presencia de suelos potencialmente deficientes en fósforo en la región subhúmeda bonaerense, en áreas reportadas tradicionalmente como moderadas a bien provistas en fósforo disponible. Según estos estudios, la frontera entre suelos deficitarios y bien provistos en este elemento se está desplazando hacia el oeste de la Región Pampeana. La principal causa de este proceso se debería a la continua extracción de nutrientes edáficos sin reposición, junto con pérdidas de suelo por empleo de sistemas no conservacionistas de manejo de los mismos. En la figura 5.1 se presenta el balance global de fósforo en la región pampeana para los cultivos de maíz, girasol, soja y trigo estimado a partir de la diferencia entre los niveles extraídos (producción de grano x concentración media en los granos) y el uso de fertilizantes con fósforo. En términos generales se

destaca el aumento en los niveles de extracción, asociados tanto al aumento en los rendimientos de los cultivos de cosecha como el crecimiento en el área cultivada con soja, cultivo con alta exigencia en fósforo. El uso de fertilizantes también es creciente pero no logra compensar el 50 % de los niveles extraídos de fósforo. Esto no quiere decir que la fertilización es indispensable en toda la región pampeana sino que corrobora el uso extractivo de la agricultura justificando en parte el decaimiento en los niveles de fertilidad de los suelos de la región pampeana (Martín Díaz-Zorita, 2002).

Figura 5.1.- Evolución de niveles de fósforo extractable en la región pampeana (Martín Díaz-Zorita, 2002).



En sistemas pastoriles, además de por la aplicación de fertilizantes, el fósforo retorna al suelo por las heces y los materiales vegetales muertos. La cantidad de fósforo ciclada a través de las heces varía según el nivel de alimentos consumidos y su contenido de fósforo. El ingreso del fósforo en productos animales es aproximadamente el 36 % de la ingesta en condiciones intensivas de producción de leche y del 10 % para producciones de carne extensivas.

Los suelos arcillosos y/o con alto contenido de materia orgánica, son ricos en potasio, y los arenosos, de baja concentración de materia orgánica, son deficientes en potasio y cobre.

En el norte de Córdoba, Casas et al (1969) citan que en la E.E.A INTA Manfredi se realizaron análisis de muestras de suelo, encontrando que el contenido de fósforo acusó tenores normales, pero el pH fue alcalino (pH 8), y en esas condiciones, los fosfatos se transformaron en fosfatos insolubles no utilizables por las plantas. Esto sería la posible causa de la deficiencia de fósforo en la sangre de los animales que se alimentan con pasturas en estas zonas.

Niveles altos de amoníaco en el suelo disminuyen la captación de magnesio y calcio por las raíces de las plantas, ocurriendo el mismo fenómeno cuando los suelos son ricos en potasio.

Barberis y Mizuno (1965) han trabajado sobre este tema. Las pasturas han sido muestreadas en igualdad de fechas (similitud aproximada de estado vegetativo) y dentro de una misma región (similitud aproximada de condiciones climáticas), con condiciones sanitarias similares, pero variando el factor suelo.

Cuadro 5.15.- Contenido mineral de alfalfares en Partido Cnel. Suárez (Pcia. Bs.As.); mes enero; g/kg MS a 105° C (Barberis y Mizuno, 1965).

Muestreo	Niveles absolutos					Relaciones			
	P	Ca	Mg	K	Na	K/Ca	Ca/Mg	Ca/P	K/Na
1	3,9	6,3	2,5	38	0,6	6	2,5	1,6	63
2	1,4	16,4	3,3	24,6	0,5	1,5	5	11,7	49
3	3,1	2,7	6	32,3	2,6	12	0,45	0,9	12

Estos tres casos extremos revelan cual puede ser la magnitud de las variaciones en la composición mineral de una misma especie ante diferentes condiciones de suelo. No sólo hay variaciones muy superiores al 100 % en los niveles absolutos de nutrientes, sino que existe gran diferencia en las relaciones de los mismos.

Las muestras del cuadro siguiente, de una gramínea perenne, fueron obtenidas en un mismo día y en un mismo campo. La muestra 1 es representativa de un cultivo desarrollado en suelos ácidos y orgánicos de loma, mientras que la 2 pertenece a un cultivo que crece en un suelo bajo tendido, con apreciable contenido salino:

Cuadro 5.16.- Contenido mineral de Ray grass perenne en un campo del partido de Azul (Pcia. Bs.As.); g/kg MS (Barberis y Mizuno, 1965)

Muestreo	Niveles absolutos					Relaciones			
	P	Ca	Mg	K	Na	K/Ca	Ca/Mg	Ca/P	K/Na
1	3,2	4,2	2,6	2,6	1,3	6,2	1,6	1,3	20
2	1,5	2,6	1,5	1,8	3,5	6,9	1,7	1,7	5

Este ejemplo, además de mostrar las marcadas diferencias existentes en las cantidades absolutas de minerales, nos señala que las variaciones se han producido en igual proporción y sentido, manteniéndose una gran similitud en los factores de relación, excepto el cociente K/Na.

Cuadro 5.17.- Porcentajes sobre MS de fósforo, calcio, sodio y potasio al este y al oeste del río Corrientes (Mufarrege, 1992).

Elemento	Fósforo	Calcio	Sodio	Potasio
Este del río Corrientes	0,10	0,20	0,08	0,57
Oeste del río Corrientes	0,06	0,29	---	0,46

Los suelos arenosos de Tacuarembó (Uruguay) se han caracterizado por sus bajos contenidos de macro y micronutrientes. Como las comunidades de areniscas son esencialmente compuestas por gramíneas C4, los muestreos realizados por Bemhaja et al (1997) fueron de primavera-verano-otoño, ya que en invierno la contaminación del suelo reporta serios errores en los valores obtenidos. Las laderas presentaron el mayor porcentaje de fósforo al inicio del período de crecimiento en primavera y los menores en otoño, al finalizar el ciclo. El forraje de los bajos presenta el mayor contenido de calcio, especialmente en verano. En las laderas el contenido de cinc y cobre fue superior en todas las estaciones. El manganeso fue el micronutriente de mayor contribución. Estos valores en el forraje están relacionados con el análisis químico en los suelos correspondientes.

Cuadro 5.18.- Contenido de fósforo y calcio (%) y Zn, Cu y Mn (ppm) en el forraje estacional de comunidades nativas en laderas y bajos en sistema de pastoreo mixto (promedio de tres potreros en la EE La Magnolia, Tacuarembó, Uruguay, 1986 y 87) (Bemhaja et al, 1997).

	Fósforo		Calcio		Cinc		Cobre		Manganeso	
Estación	Lad.	Bajo	Lad.	Bajo	Lad.	Bajo	Lad.	Bajo	Lad.	Bajo
Primavera	0,16	0,12	0,29	0,31	32,3	24,9	6,58	6,24	478	527
Verano	0,15	0,15	0,30	0,36	23	22,8	6,25	6,03	509	786
Otoño	0,13	0,09	0,25	0,26	27,4	17,8	5,54	5,10	362	412

Pizzio et al (1990) indican que análisis de suelos en la provincia de Corrientes arrojan valores entre 1 y 3 ppm de fósforo por 100 g de suelo. Esto determina que las pasturas sean muy deficientes en fósforo (0,07 % de fósforo), lo que hace que los animales al consumir este forraje no cubran sus necesidades en fósforo, ni aún en las mejores épocas del año.

Cuadro 5.19.- Porcentaje de Potasio, Sodio, Calcio y Fósforo en pastizales de la Región NEA y la Región Templada. En g/100 g MS (Mufarrege, 2004).

Lugar	K	Na	Ca	P	Nº
Chaco	1.73	0.11	0.29	0.23	509
NE-Santa Fe	1.32	0.05	0.33	0.17	138
S-Misiones	1.17	0.04	0.34	0.14	20
E-Formosa	0.95	0.08	0.23	0.11	263
Corrientes-W	1.17	0.02	0,28	0.11	103
N-Entre Ríos	1.05	0.05	0.41	0.10	48
Corrientes-E	0.84	0.04	0.36	0.08	475
Total NEA	1.22	0.07	0.31	0.15	1556
Región Templada	2.52	0.07	0.61	0.24	325
Requerimientos vaca g/100 g MS	0.60	0.06	0.30	0.20	------

Los métodos de mejora del suelo y de los pastos mediante el agotamiento exagerado de los nutrientes, sobre todo oligoelementos, en terrenos marginales deficientes pueden causar enfermedades por carencias. Por ello, el conocimiento de las prácticas locales, tanto agrícolas como de alimentación de una zona determinada, posee importancia primordial en el diagnóstico de estados de deficiencia nutricional (Blood y Radostits, 1992).

INUNDACIONES

Las inundaciones producen graves trastornos edáficos tales como encostramiento del suelo, elevación de la napa freática, afloramientos salinos, erosión laminar con arrastre de nitrógeno, fósforo y calcio y bloqueo de la absorción de cobre por las raíces vegetales. El consiguiente daño de las pasturas oscila desde la disminución de su crecimiento hasta la destrucción total.

Por ello, las inundaciones tienen como consecuencia alteraciones que llevan a hipocalcemia, hipofosforemia e hipocupremia entre otras deficiencias minerales.

Existiría una estrecha relación entre las inundaciones de 1998 (afectaron a unos 20 millones de hectáreas de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa) y la deficiencia de cobre en bovinos (37 % de los casos analizados). Esto se debería a que los exceso hídricos en el suelo movilizarían hierro a partir de las

concreciones ferromagnéticas del subsuelo, y el hierro competiría con la absorción de cobre a nivel de la raíz de la planta, resultando deficitario su contenido final en las pasturas (Coppo y Coppo, 1999).

FERTILIZACIÓN

Hay una gran diferencia entre las necesidades de minerales de las plantas y de los animales, y aunque con la aplicación de fertilizantes cambiemos la concentración mineral del suelo y de las plantas, no siempre esto se refleja en una mejor nutrición mineral del bovino.

Por ejemplo, la fertilización con fósforo que aumenta la producción de forraje, no siempre cubre las necesidades de ese mineral en los animales que consumen ese forraje fertilizado.

Las aplicaciones masivas de abonos nitrogenados pueden disminuir el contenido de cobre, cobalto, molibdeno y manganeso de los pastizales. Las aplicaciones repetidas de cal reducen los valores de manganeso, cinc, cobalto y cobre de las plantas, pero aumentan el contenido de molibdeno. Los efectos de este tipo son lo bastante grave para sugerir que los animales que ingieren tales pastos podrían padecer carencia de oligoelementos (Blood y Radostits, 1992).

La fertilización con potasio y urea puede provocar un descenso en las concentraciones de sodio y magnesio en las plantas, aumentando la probabilidad de que se produzca tetania hipomagnesémica. También está demostrado que el alto ingreso de potasio produce un impacto negativo en el metabolismo del calcio, predisponiendo a la hipocalcemia (Corbellini).

Spears (1998) efectúa una revisión bibliográfica, donde destaca que el incremento de ciertos minerales en los forrajes vía fertilización puede afectar la calidad del forraje de un modo distinto que la suplementación del mineral al animal que consume un forraje no fertilizado.

La fertilización con calcio a un cultivo de pasto pangola (Digitaria decumbens) cultivado en suelo deficiente en calcio, reduce el contenido de FDA e incrementa el nivel de calcio en la planta. En ovejas, la digestibilidad se incrementó en 4,6 % y el consumo voluntario aumentó el 11,3 % comparado con pangola no fertilizado. La suplementación con calcio de los animales sobre pangola no fertilizado o fertilizado no afectó la digestibilidad o el consumo.

La fertilización de pangola con azufre incrementó el contenido de azufre en el forraje, pero también incrementó la FDA y la lignina. De la misma forma, incrementó la digestibilidad de la celulosa y la lignina, pero redujo la digestibilidad de los componentes detergente neutro solubles para la oveja.

La fertilización azufrada en forrajes de zonas templadas cultivados en suelos deficientes en azufre, incrementó la concentración en el forraje de azufre, nitrógeno y azúcares, y disminuyó la lignina. En áreas donde no se espera aumento en la producción de forrajes en respuesta a la fertilización con azufre, puede incrementarse la calidad de dicho forraje debido al aumento del contenido de azufre. La digestibilidad de la fibra fue superior en novillos alimentados con heno de pasto ovillo fertilizado con azufre en comparación con heno testigo. La digestibilidad aparente de la lignina permanganato fue muy superior en heno fertilizado con azufre (43 % vs. 26 %). La causa está asociada a cambios en la composición y digestibilidad aparente de los compuestos fenólicos.

La retención del pangola en el retículo-rumen de oveja se redujo en un 18,5 % como resultado de la fertilización nitrogenada.

La fertilización con manganeso y cinc puede llegar a cubrir los requerimientos de estos minerales del animal que consume esa pastura.

La fertilización de alfalfa con magnesio redujo los componentes de pared celular. Los datos sobre henos de forrajes de invierno y de verano indicaron que la concentración de magnesio del forraje tuvo un efecto negativo sobre la digestibilidad, pero positivo sobre el consumo.

Cuadro 5.20.- Respuesta de las pasturas naturales a la incorporación de NPK como fertilizantes. E.E.A de Mercedes 1974-1979 (Mufarrege, 2004).

Área ecológica, departamento y lugar	Testigo	Efectos en %		
	kg MS/ha/año	N	P	K
I - Curuzú Cuatiá - SJ	2930	48	34	11
I - Curuzú Cuatiá - SF	1120	115	78	7
V - P. de los Libres - LA	2220	47	20	15
VI - San Roque - SD	2490	44	15	10
IV - Santo Tomé - LP	4390	39	9	6
II - Mercedes - E.E.A	3090	32	22	9
Promedios	2700	54	30	10

Los fertilizantes actuaron individualmente, ya que no se detectaron interacciones. El efecto del potasio fue en promedio de un 10 % y el mayor valor se obtuvo donde los porcentajes de potasio en pastos fueron los menores. La fertilización con potasio aumenta levemente el porcentaje del elemento en las forrajeras nativas, pero lo hace más en pasturas cultivadas cómo la Setaria. Esta especie extrae todo el potasio disponible en el suelo, habiéndose medido valores cercanos a 3.0 g K/100 g MS, antes de la floración y en condiciones de pastoreo (Mufarrege, 2004).

CLIMA Y ESTACIÓN DEL AÑO

Ciertos factores durante las estaciones, como luz, temperatura y lluvia, pueden justificar variaciones en la composición química de los forrajes a lo largo del año.

Las precipitaciones actúan en forma diferente en plantas verdes, en especies distintas y en residuos maduros, lo que explica en parte las confusiones al respecto. En general, en años húmedos, cuando existe un mayor crecimiento, se da un mayor contenido de fósforo en las pasturas. Pero por otra parte, cuando el forraje viejo acumulado es sometido al lavado por lluvias o rocíos intensos, se produce una disminución en el contenido de minerales y nutrientes orgánicos, que repercute además en un menor consumo por parte de los animales (Rovira et al, 1976).

En general, a medida que se entra en la época calurosa, disminuye la concentración de minerales en las plantas verdes.

Con respecto al magnesio, existe una correlación positiva entre temperatura ambiente y concentración del mismo en las plantas. Por lo tanto, a mayor temperatura mayor concentración. Esto explicaría la razón por la cual no hay casi incidencia de hipomagnesemia en el ganado en verano y en el trópico.

Para determinar la variación en el contenido de fósforo y calcio en las diferentes estaciones del año, el INTA de Sáenz Peña (Chaco) llevó a cabo durante dos años análisis de muestras de pastos de cuatro establecimientos distintos, los que arrojaron el siguiente resultado:

Cuadro 5.21.- Contenido de fósforo y calcio en pastos desecados (g de P y Ca por kg de pasto desecado) (E.E.A INTA Sáenz Peña).

	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
Partido	P	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca
1º de Mayo	1,4	3,2	0,8	2,4	0,4	2,9	1	2,2
San Fernando	0,4	3,6	0,9	3,2	1,7	2,4	1,1	3,5
Donovan	0,3	4	1	3,3	0,5	2,3	1,2	3,6
Tapengá	0,6	3,4	1,2	3	0,4	3	1,2	2,4

Para que una pastura aporte la cantidad necesaria de fósforo deberá contener como mínimo 1,8 g/kg de MS. El resultado de estos análisis revela claramente esta deficiencia. A esto hay que agregar la baja digestibilidad de los pastos naturales de esta zona, con lo que el problema es mucho más grave que lo evidenciado por los análisis.

Las pasturas en general no contienen las cantidades de fósforo y sodio que los animales necesitan para manifestar todo su potencial. En ensayos realizados por el INTA, los contenidos de estos minerales en los pastos naturales cortados cada tres meses a 5 cm de altura, promedio de los años 1975/79, fueron:

Cuadro 5.22.- Contenido de fósforo y sodio en g/kg de pasto desecado.
(E.E.A INTA Mercedes, Corrientes, 1979)

Localidad	P	Na
Mercedes	0,9	0,2
Paso de los Libres	1	0,3
Curuzú Cuatiá	0,8	0,4
Santo Tomé	0,9	0,4

Cuadro 5.23.- Niveles de minerales promedio en pasturas en el departamento Maracó, Pcia. de La Pampa (Pechín et al, 1995).

Minerales en pastos base MS		Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Desviación estándar (DS)
Calcio	%	0,56	0,44	0,31	0,50	0,31
Fósforo	%	0,36	0,25	0,32	0,32	0,07
Magnesio	%	0,22	0,21	0,15	0,21	0,08
Potasio	%	2,13	1,99	2,13	2,08	0,75
Azufre	%	0,34	0,27	0,42	0,36	0,13
Cobre	ppm	7,95	5,67	4,04	18,07	3,86
Molibdeno	ppm	3,74	2,79	3,01	3,09	1,58
Cinc	ppm	39,30	29	20,90	27	10,10
Hierro	ppm	487,30	572,10	318,30	259,8	326,7

Perego (1996) destaca que en Misiones y en el nordeste de Corrientes los porcentajes de fósforo y sodio descienden bruscamente durante los meses invernales y durante el período estival, especialmente cuando ocurren sequías prolongadas, y consecuentemente no alcanzan a cubrir las necesidades diarias del ganado.

La capacidad de las plantas para extraer molibdeno del suelo depende de la especie, pero aumenta con la velocidad de transpiración, que es afectada positivamente por las lluvias, la radiación solar y la humedad relativa.

Tittarelli et al (2001), en el partido de Magdalena, pcia. de Bs.As., encontraron que el contenido de hierro aumentó significativamente durante los períodos húmedos: 579 vs. 206 ppm en Lotus glaber y 858 vs. 104 ppm en gramíneas. El Lotus glaber presentó mayores concentraciones de cobre y cinc que las gramíneas. El contenido de cobre aumentó significativamente en las gramíneas durante el período húmedo y en el Lotus glaber no se modificó. El manganeso aumentó significativamente en el Lotus glaber durante el período húmedo. Debido a que el exceso hídrico se presenta en el partido de Magdalena durante el otoño-invierno, por la menor temperatura ambiente, el consecuente exceso de hierro sería una de las causas de la disminución de las cupremias reportadas entre la primavera y el verano siguiente debido al tiempo de agotamiento de las reservas hepáticas de Cu.

Mufarrege (2003) comparó la composición mineral de los pastos de la Región NEA (Formosa, Chaco, Misiones, Corrientes y el Norte de Santa Fe y Entre Ríos) con los pastos de la Región Templada de un trabajo

efectuado por el Estudio Mario Ledesma y Asociados. En el siguiente cuadro, se muestran los promedios de hierro, manganeso, cobre y cinc para las dos regiones y la frecuencia relativa o probabilidad de encontrar muestras con un contenido de minerales menor que los necesarios para tener una buena nutrición del ganado bovino.

Cuadro 5.24.- Contenido de elementos minerales en pastos de las Regiones Templada y NEA de la Argentina en mg/kg MS (ppm) y porcentaje de muestras deficientes (Mufarrege, 2003).

Elemento	Hierro	Manganeso	Cobre	Cinc	Nº
Región templada	304	61	6	30	325
% deficientes	21	38	21	27	
Región NEA	571	351	6.1	32	1556
% deficientes	5	2	51	33	
Requerimientos vaca	30	20	6	20	---

PARTE DE LA PLANTA

Cuando se hace un análisis de minerales de una planta, hay que tener muy en cuenta en el muestreo la parte del vegetal que se extrae. Por ello es conveniente tomar la muestra en forma semejante a la que obtiene el animal en pastoreo.

Las hojas tienen generalmente un mayor contenido de elementos minerales que los tallos, pero el grado de diferencia que puede existir entre órganos de un mismo vegetal está en función de la especie y el estado vegetativo, a igualdad de factores ecológicos.

En general, los animales a pastoreo prefieren comer leguminosas a gramíneas y la dieta seleccionada contiene más hojas y menos tallos y más tejido vivo y menos tejido muerto que el promedio de la vegetación a la cual tienen acceso (Hardoy y Danelón, 1989).

SANIDAD

Las condiciones sanitarias de un vegetal hacen variar su composición mineral. Por ejemplo, un ataque de hongos determina una composición mineral de las hojas afectadas semejante a la de hojas envejecidas.

FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN

Hernández et al (1978) estudiaron la composición mineral de algunos cereales forrajeros invernales bajo distintas frecuencias de defoliación. El tenor de magnesio, calcio, fósforo y nitrógeno tiende a disminuir a medida que aumenta la disponibilidad en el momento del corte. Los tenores de potasio no presentaban una tendencia definida. Con respecto a este elemento, los autores entienden que podría existir una elevada interacción con el ambiente. Los valores medios obtenidos durante toda la estación de pastoreo fueron los siguientes:

Cuadro 5.25.- Composición mineral de cereales forrajeros bajo distintas frecuencias de defoliación (Hernández et al, 1978).

	Disponibilidad de materia seca		
Elemento	600 kg/ha	1200 kg/ha	2400 kg/ha
Magnesio	0,25 %	0,22 %	0,18 %
Calcio	0,52 %	0,49 %	0,41 %
Potasio	4,9 %	5 %	4,9 %
Nitrógeno	4,1 %	3,7 %	2,9 %
Fósforo	0,34 %	0,35 %	0,26 %

Cuadro 5.26.- Valores medios de las concentraciones de calcio, magnesio y potasio y de la relación K/Ca + Mg en tricepiro Anguil 3/40 bajo dos frecuencias de defoliación (Adapt. de Brizuela y Cseh, 1996).

	Corte cada 30 días					Corte cada 40 días			
Fecha	16/06	16/07	15/08	14/09	14/10	16/06	26/07	05/09	15/10
Ca %	0,43	0,49	0,41	0,28	0,31	0,43	0,49	0,37	0,31
Mg %	0,14	0,15	0,12	0,10	0,07	0,14	0,14	0,12	0,10
K %	4,78	3,03	2,73	2,51	1,82	4,78	3,00	2,81	2,20
K/Ca + Mg	3,72	2,13	2,31	2,92	2,19	3,72	2,14	2,52	2,30

Brizuela y Cseh (1996) encontraron en tricepiro que la disminución en la concentración de minerales a medida que la planta madura coincide con la información disponible para otras gramíneas forrajeras. En todos los cortes, tricepiro presentó concentraciones de magnesio por debajo de los valores requeridos en la nutrición animal (0,2 % sobre MS). La relación K/Ca + Mg presentó características tetanigénicas (= ó > 2,2) independientemente del nivel de madurez de las plantas, rebrotes en estado vegetativo o reproductivo. La relación más alta o peligrosa se registró en la primera fecha de corte, en coincidencia con el final de un período de precipitaciones altas y comienzo de otro con bajos registros de lluvias que caracterizó el ciclo de cortes. Estos resultados indican que, aún cuando tricepiro es una alternativa de verdeo invernal tardío, por sus características tetanigénicas no resultaría apto para ser utilizado como un recurso forrajero en el caso de hipomagnesemia, aunque son necesarios más estudios para considerar a esta información como concluyente.

SISTEMA DE PASTOREO

Un sistema de pastoreo extensivo con baja carga permite a los animales efectuar una selección de los pastos consumidos, con lo que, especialmente en pasturas naturales y cultivadas polifíticas, ingerirán una dieta mas equilibrada de minerales que en un pastoreo intensivo, con altas cargas por poco tiempo, generalmente con reducida variedad de especies y donde la selectividad se anula.

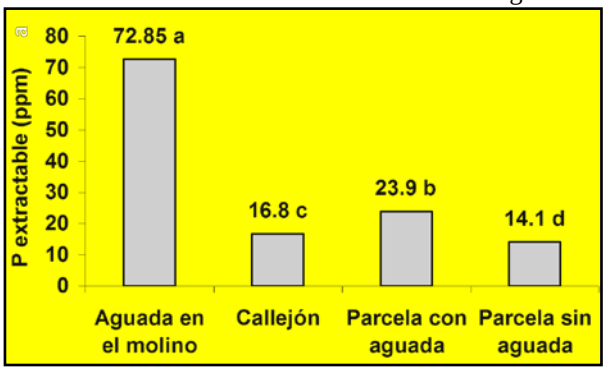
En el pastoreo intensivo no se permite el envejecimiento de la planta, mientras que en el extensivo sí envejecen las especies menos palatables. Esto influye en el contenido, distribución y utilización de los minerales, según vimos en “Edad de la planta o estado vegetativo”.

Díaz-Zorita (2002) indica que la restitución de nutrientes a través de las heces no se realiza de forma uniforme en toda la pastura, sino que se detectan sectores de concentración (proximidades de aguadas, comederos, alambrados, callejones, etc.) y normalmente la transferencia fuera del sitio de pastoreo (corrales de encierre, salas de ordeñe, camiones, etc.). Por otra parte, es normal que las reservas de forraje, aún producidas en un mismo establecimiento, sean suministradas en potreros diferentes al de origen

constituyendo en importantes traslados de fertilidad, llegando en estos sectores al aumento en los niveles de nutrientes en magnitud similar a la condición original sin uso agropecuario.

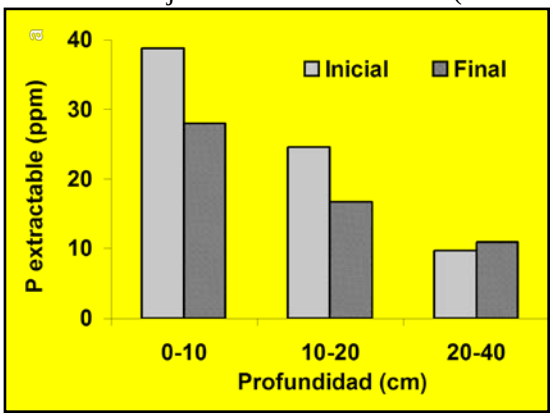
La práctica de incorporación de la aguada en cada parcela de pastoreo reduce las pérdidas de nutrientes hacia sectores improductivos al asegurarse una mayor permanencia de los animales en los sectores bajo pastoreo y facilita una mejor distribución de las heces (Fig. 5.2). Si los animales pasan gran parte de su tiempo en áreas relativamente pequeñas (sombras, corrales, etc.) el efecto de ciclado de nutrientes resulta localizado.

Figura 5.2.- Efecto de la ubicación de aguadas sobre el nivel de fósforo extractable (Bray Kurtz 1) en un Hapudol éntico en sistemas de pastoreo intensivo (Díaz-Zorita et al, 1998).
(Letras diferentes en cada tratamiento indican diferencias significativas, $p<0.05$)



Díaz-Zorita (2002) indica que las plantas absorben grandes cantidades de elementos nutritivos que son empleados para la formación de tejidos (forraje, grano, etc.). Si estos permanecen en el lugar, los elementos contenidos en los vegetales son restituidos al suelo después de su muerte. Las pérdidas de fertilidad se producen por la salida del establecimiento de cosechas (granos, henos, silos, etc.) y productos de origen animal (carne, leche, lana, heces, etc.). Por ejemplo, en la Fig.5.3 se observa que los niveles de fósforo extractable en la capa superficial de un suelo cultivado con alfalfa para cortes en Gral. Villegas (Bs.As.) se redujeron casi el 22 % luego de 3 campañas continuas de producción.

Figura 5.3.- Cambios en el nivel de fósforo extractable de un Hapludol típico cultivado con alfalfa bajo cortes durante 3 años (Díaz-Zorita, 2002)



DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad de una planta afecta la velocidad del pasaje por el tracto digestivo y por ende, el consumo por parte del animal. Cuanto menor digestibilidad, menor consumo por encontrarse el tracto digestivo lleno (Ver tablas 11.10 a 11.13).

A su vez, la digestibilidad disminuye a medida que avanza la planta hacia la madurez (Ver tabla 11.14), lo que combinado con el método de pastoreo, influye en el contenido, distribución y utilización de los minerales de la planta.

Todo esto lleva a que el animal consuma menor cantidad de minerales totales a medida que baja la digestibilidad.

RETORNO DE LOS MINERALES AL SUELO

La cantidad de heces excretada por un animal a pastoreo depende de la cantidad y digestibilidad del alimento consumido. De acuerdo a esto, una vaca excreta entre 15 y 30 kg de heces frescas por día, con un 14 - 15 % de MS. Esta materia seca contiene un promedio de 0,8 % de potasio, 0,36 % de sodio, 2,4 % de calcio, 0,8 % de magnesio, 2 % de nitrógeno y 0,7 % de fósforo.

Comparando fósforo, nitrógeno y potasio, el fósforo es el que el animal retiene mayormente y que tiene menor proporción de retorno al sistema. Además, el fósforo que retorna al suelo con las heces es de baja disponibilidad para las plantas en el corto plazo. La pérdida de fósforo del suelo y de las plantas depende por lo tanto del nivel de producción por hectárea, ya que a mayor producción mayor nivel de extracción.

Con la orina retorna potasio y nitrógeno, que rápidamente se convierten a formas asimilables por las plantas.

Muchos suelos pueden reponer los nutrientes a través de sus reservas. Sin embargo, si la extracción de los mismos es muy rápida y la reposición lenta, la fertilización será una herramienta imprescindible para incrementar la productividad del forraje (Guaita y Vivas, 1997).

ESTRUCTURA DE LA PASTURA

La selección que el bovino efectúa de una pastura va a depender del nivel de preferencia que tiene el animal por determinados componentes vegetales, pero esa capacidad de selección estará modificada por la oportunidad que tenga de seleccionar y por la composición y estructura de la cubierta vegetal, por lo que se modifica la ingestión de minerales comparado con el promedio de la pastura.

La estructura abierta de la mayoría de los pastizales anuales permiten un fácil acceso a todos los niveles dentro de la cubierta, en tanto que con los canopeos cerrados, típicos de muchas comunidades de pasto corto de climas templados, ocurre lo contrario.

El mecanismo de pastoreo puede producir la remoción de la capa superior de la canopia, a pesar de que el forraje de mayor calidad esté en la base. Estos suele ocurrir, por ejemplo, en una pastura con una gran masa de gramíneas en avanzado estado de madurez con leguminosas creciendo en una posición menos accesible para el pastoreo (Hardoy y Danelón, 1989) o en un pasto llorón en primavera con una gran masa residual invernal.

ESPECIE DE PASTURA CONSERVADA

La especie de la pastura conservada define el contenido mineral del forraje conservado, lo que se comprueba en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.27.- Contenido mineral en forrajes conservados de distintas especies en la Pampa Húmeda (Corbellini, extractado de INTA Balcarce y Castelar 1978-92 y Vidard, D. 1996)

Mineral	Unidad	Heno base Gramínea	Heno base leguminosa	Silajes pasturas gramíneas	Silaje pasturas leguminosas	Maíz
Calcio	g/kg MS	0,25 - 0,65	0,81 - 1,10	0,3 - 0,79	0,77 - 1,45	0,11 - 0,50
Fósforo	g/kg MS	0,11 - 0,24	0,25 - 0,28	0,10 - 0,33	0,19 - 0,28	0,08 - 0,35
Magnesio	g/kg MS	0,08 - 0,24	0,15 - 0,24	0,13 - 0,26	0,17 - 0,24	0,05 - 0,30
Potasio	g/kg MS	1,08 - 3,15	2,66 - 3,33	1,70 - 3,63	2,08 - 3,52	0,37 - 2,34
Sodio	g/kg MS	0,009 - 0,15	0,011 - 0,21	0,02 - 0,25	0,02 - 0,41	0,002 - 0,17
Azufre	g/kg MS	0,08 - 0,17	0,14 - 0,27	0,10 - 023	0,17 - 0,26	0,07 - 0,15
Cinc	mg/kg MS	1 – 40	18 - 26	11 - 35	19 - 39	10 - 69
Cobre	mg/kg MS	4 – 18	8 - 10	5 - 12	7 - 13	2 - 15
Manganeso	mg/kg MS	26 – 78	29 - 74	50 - 91	37 - 110	16 - 98
Molibdeno	mg/kg MS	0,7 - 2,4	1,3 - 4	1,6 - 3,7	1,1 - 4,1	0,5 - 4,1

MÉTODO DE CONSERVACIÓN DEL FORRAJE

Cuadro 5.28.- Composición de silaje de maíz toda la planta en el punto ideal de maduración; 32-38 % MS (Univ. de Michigan, cit. por Ferrari, 1989).

Mineral	Ensilaje de toda la planta 34,3 % MS	Requerimientos mínimos en ración completa para vacas en lactancia
Calcio	0,25 %	0,47 %
Fósforo	0,18 %	0,35 %
Potasio	1,20 %	0,70 %
Magnesio	0,28 %	0,10 %
Sodio	0,03 %	0,18 %
Cloro	0,16 %	0,27 %
Cloruro de sodio	0,19 %	0,45 %
Azufre	0,12 %	0,20 %
Cobalto	0,18 ppm	0,10 ppm
Cobre	2,5 ppm	10 ppm
Hierro	195 ppm	100 ppm
Manganeso	27 ppm	20 ppm
Cinc	11 ppm	40 ppm
Yodo	0	0,6 ppm

El método de conservación del forraje puede hacer variar su contenido de minerales, lo cual hay que tener muy en cuenta para corregir las deficiencias al momento de administrarle la reserva al animal.

Por ejemplo, el silaje de maíz se caracteriza por contener un alto porcentaje de energía digestible pero un marcado déficit de proteína y minerales, especialmente calcio, fósforo, sodio y cloro.

Existen problemas reproductivos atribuibles a las deficiencias minerales propias del silo de maíz, tal cual puede deducirse del cuadro anterior, y a la acidosis debida a la concentración de ácido láctico presente en el mismo.

Martín Ojea y Piñeyro (1988), refiriéndose a los silajes de pasturas, indican que el contenido de minerales está ligado al tipo de pasturas con que se efectúa el silo. A medida que la pastura se acerque a una mezcla de forrajeras con buena dotación de leguminosas, se llega a una relación calcio:fósforo:magnesio más equilibrada, balanceando las diferencias que presentan otros tipos de recursos (verdeos de invierno, silaje de maíz, etc.).

Cuadro 5.29.- Contenido ideal de calcio, fósforo y magnesio en silajes de pasturas. (Adapt. de Martín Ojea y Piñeyro, 1988).

Mineral	% sobre base seca
Calcio	0,6 - 0,8 %
Fósforo	0,2 - 0,4 %
Magnesio	0,14 - 0,18 %

OTRAS VARIABLES

Hay otras diversas variables que en algunos casos pueden ser modificadas para regular la selectividad, y por ende el consumo de minerales, y que en otros es imposible o dificultoso cambiarlas. Entre otras podemos citar: las variaciones en el pastoreo rotativo (tiempo de ocupación y de descanso, número de potreros, carga animal, etc.), ubicación de las aguadas y de la sombra, lugares de colocación de los saladeros, agrupar los animales según requerimientos, alambrados fijos y eléctricos, topografía del potrero, vientos dominantes, áreas protegidas en zonas frías, etc.

ALGUNOS MINERALES EN FORRAJES VARIOS

Cuadro 5.30.- Algunos minerales en varios forrajes de la región pampeana (Argentina) sobre base MS (Adapt. de Jaurena, G. et al, 1994).

Mineral	Unidad	Media	Mínimo	Máximo	Tablas US-Canadian; 1982
Alfalfa (Medicago sativa); fresco					
Calcio	%	1,39	0,14	2,52	1,96
Fósforo	%	0,36	0,13	0,78	0,30
Magnesio	%	0,27	0,17	0,32	0,27
Manganeso	ppm	37,56	4,50	67,00	43,00
Hierro	ppm	328,67	201,00	544,00	286,00
Cobre	ppm	8,70	7,00	11,00	10,00
Cinc	ppm	25,00	23,00	29,00	18,00
Alfalfa (Medicago sativa); fresco; prefloración.					
Calcio	%	0,64	---	---	---
Fósforo	%	0,42	---	---	---

Magnesio	%	0,24	0,11	0,31	---
Alfalfa (Medicago sativa); heno; rollo.					
Calcio	%	1,14	0,42	1,99	---
Fósforo	%	0,28	0,10	0,42	---
Magnesio	%	0,15	0,08	0,21	---
Alfalfa (Medicago sativa); silaje.					
Calcio	%	1,27	0,80	1,66	1,33
Fósforo	%	0,32	0,22	0,45	0,30
Magnesio	%	---	---	---	0,38
Avena (Avena sativa); fresco.					
Calcio	%	0,39	0,12	0,65	---
Fósforo	%	0,35	0,17	0,54	---
Magnesio	%	0,17	0,08	0,26	---
Avena (Avena sativa); heno.					
Calcio	%	0,14	0,06	0,22	0,24
Fósforo	%	0,18	0,11	0,24	0,22
Magnesio	%	0,08	0,07	0,10	0,26

Campo natural (varios); fresco.					
Calcio	%	0,58	0,17	2,10	---
Fósforo	%	0,24	0,05	0,45	---
Magnesio	%	0,13	0,07	0,22	---
Maíz (Zea maíz); fresco.					
Calcio	%	0,26	0,18	0,43	---
Fósforo	%	0,13	0,10	0,19	---
Maíz (Zea maíz); silaje					
Calcio	%	0,29	0,08	1,23	0,29
Fósforo	%	0,21	0,01	0,56	0,26
Magnesio	%	0,15	0,01	0,24	0,21
Moha (Setaria itálica); heno.					
Calcio	%	0,33	0,02	0,79	0,33
Fósforo	%	0,21	0,04	0,45	0,19
Magnesio	%	0,21	0,08	0,29	0,23
Pastura (varios); base gramíneas; fresco.					
Calcio	%	0,45	0,11	1,99	---
Fósforo	%	0,28	0,08	0,50	---
Magnesio	%	0,17	0,03	0,27	---
Manganeso	ppm	41,24	26,00	57,00	---
Hierro	ppm	178,95	82,00	358,00	---
Cobre	ppm	4,82	4,00	11,60	---
Cinc	ppm	18,44	8,00	29,50	---
Pastura (varios); base gramíneas; heno.					
Calcio	%	0,37	0,10	0,69	---
Fósforo	%	0,26	0,12	0,48	---
Magnesio	%	0,12	0,07	0,16	---

Pastura (varios); base gramíneas; silaje.					
Calcio	%	0,26	0,13	0,47	---
Fósforo	%	0,23	0,11	0,32	---
Magnesio	%	0,15	0,06	0,32	---
Pastura (varios); base leguminosas; fresco.					
Calcio	%	1,13	0,36	2,40	---
Fósforo	%	0,36	0,09	0,83	---
Magnesio	%	0,23	0,05	0,45	---
Manganeso	ppm	27,10	8,4	55,30	---
Hierro	ppm	173,75	116,00	237,00	---
Cobre	ppm	7,29	4,00	11,00	---
Cinc	ppm	25,16	4,08	38,60	---
Pastura (varios); base leguminosas; heno.					
Calcio	%	0,93	0,66	1,48	---
Fósforo	%	0,30	0,17	0,75	---
Magnesio	%	0,19	0,12	0,35	---

Rye grass (Lolium sp); fresco.					
Calcio	%	0,50	0,25	0,63	0,65
Fósforo	%	0,31	0,26	0,36	0,41
Magnesio	%	0,17	---	---	0,35
Soja (Glycine max); fresco.					
Calcio	%	1,61	1,29	2,04	1,31
Fósforo	%	0,46	0,35	0,57	0,31
Magnesio	%	0,51	0,33	0,61	0,83
Sorgo forrajero (Sorghum sp); fresco					
Calcio	%	0,47	0,23	1,55	0,43
Fósforo	%	0,33	0,19	0,61	0,41
Magnesio	%	0,20	0,08	0,35	0,35

Jaurena et al (1994), a través de los datos del cuadro 5.30, observan que en la región pampeana nuestros forrajes en promedio general tienen mayor contenido de fósforo (+ 2,4 %) y menor nivel de calcio (- 14,3 %) y magnesio (- 36,7 %) a lo informado por el NRC 1982.

Por separado, las leguminosas siguen el mismo parámetro general, teniendo más fósforo (+ 28,4 %) y menos calcio (- 1,4 %) y magnesio (- 31,5 %), mientras las gramíneas tienen menos fósforo (- 18,4 %), calcio (- 31,6 %) y magnesio (- 39 %) que lo indicado en el NRC 1982.

Estos autores concluyen que con los datos disponibles por ellos, los forrajes de la región pampeana en general son deficitarios en su contenido de cobre, y una gran mayoría resultan limitantes en calcio, fósforo o magnesio.

Cuadro 5.31.- Contenido de minerales (valores máximos y mínimos) en pasturas de la Pampa Húmeda (Corbellini, extractado de INTA Balcarce y Castelar 1978-92 y Vidart 1996)

Mineral	Unidad	Avena	Pastura base gramíneas	Raigrás anual	Pasturas base leguminosas
Calcio	g/kg MS	0,14 - 0,43	0,13 - 1,19	0,23 - 0,52	0,54 - 1,83
Fósforo	g/kg MS	0,12 - 0,45	0,11 - 0,55	0,15 - 0,46	0,17 - 0,52
Magnesio	g/kg MS	0,08 - 0,24	0,09 - 0,31	0,15 - 0,21	0,15 - 0,36
Potasio	g/kg MS	2,45 - 5,40	0,51 - 5,70	2,77 - 5,79	2,34 - 4,95
Sodio	g/kg MS	0,02 - 0,57	0,003 - 0,53	0,009 - 0,73	0,009 - 027
Azufre	g/kg MS	0,17 - 0,37	0,09 - 0,30	0,17 - 0,35	0,10 - 0,37
Cinc	mg/kg MS	12 - 47	9 - 130	17 - 49	12 - 78
Cobre	mg/kg MS	3,5 - 12	3 - 20	6 - 14	5 - 18
Manganeso	mg/kg MS	47 - 214	30 - 310	38 - 119	29 - 106
Molibdeno	mg/kg MS	1,1 - 6,2	0,03 - 25	6 - 14	6 - 18

Cuadro 5.32.- Concentración de macroelementos en % de MS en muestras de especies forrajeras del campo natural, Dpto. Presidencia de la Plaza, Prov. del Chaco, Argentina (Balbuena, O. et al, 1999).

Fecha y muestras		P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	S %
10.11.92							
Diplachne uninerva		0,222	3,02	0,023	0,18	0,28	0,26
Cynodon dactylon		0,220	2,42	0,046	0,36	0,21	0,32
Mezcla: Diplachne sp; Cynodon dactylon; Setaria geniculata; Hordeum; Trichantum inaequivalve		0,267	3,78	0,050	0,33	0,28	0,40
Luziola sp. y Leersia sp.		0,231	3,02	0,069	0,24	0,20	0,23
10.12.92							
Paspalum notatum		0,239	2,67	0,023	0,22	0,28	0,17
Mezcla: Paspalum notatum; Desmodium sp.; Sorgastrum agrostoides		0,224	2,17	0,023	0,34	0,25	0,15
Luziola sp. y Leersia sp.		0,288	3,08	0,046	0,23	0,21	0,20
Hymenachne amplexicaule		0,405	4,49	0,050	0,16	0,22	0,28
Mezcla: Luziola sp.; Leersia sp. e Hymenachne sp.		0,390	4,49	0,050	0,24	0,24	0,29
26.01.93							
Diplachne uninerva		0,243	2,37	0,060	0,26	0,19	0,20
Luziola peruviana		0,286	2,97	0,092	0,26	0,23	0,19
Mezcla: Diplachne sp.; L. peruviana; P. Milioides y Eleocharis sp.		0,183	1,92	0,032	0,21	0,18	0,16
Paspalum notatum		0,209	2,52	0,037	0,22	0,25	0,14
Paspalum conjugatum		0,271	3,43	0,027	0,29	0,34	0,30
Mezcla: P. notatum; P. conjugatum; Desmodium sp.; Paspalum sp.; Trichantum sp.; Cynodon sp.; Cyperus sp.		0,220	3,67	0,027	0,27	0,22	0,21
	Media (n = 15)	0,260	3,068	0,044	0,25	0,24	0,23
	Desvío estándar	0,063	0,781	0,019	0,057	0,043	0,075

Cuadro 5.33.- Concentración de microelementos en ppm de MS en muestras de especies forrajeras del campo natural, Dpto. Presidencia de la Plaza, Prov. del Chaco, Argentina (Balbuena, O. et al, 1999).

Fecha y muestras		Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mo Ppm	Co ppm	Se ppm
10.11.92								
Diplachne uninerva		498	294	5,1	31	4,46	0,103	0,029
Cynodon dactylon		593	122	6,2	30	0,73	0,071	0,029
Mezcla: Diplachne sp; C. dactylon; Setaria geniculata; Trichantum inaequivalve.		247	152	7,3	24	1,25	0,023	0,009
Luziona sp. y Leersia sp.		1075	461	6,8	57	9,14	0,224	0,124
10.12.92								
Paspalum notatum		115	20	5,1	17	3,61	0,018	0,010
Mezcla: P. notatum; Desmodium sp.; Sorgastrum agrostoides.		119	35	5,1	17	3,72	0,010	0,008
Luziola sp. y Leersia sp.		1751	299	5,0	42	8,49	0,082	0,009
Hymenachne amplexicaule		1570	253	5,1	28	21,78	0,139	0,018
Mezcla: Luziola sp.; Leersia sp.; Hymenachne sp.		1520	339	6,2	33	19,15	0,143	0,010
26.01.93								
Diplachne uninerva		758	446	3,4	38	4,36	0,075	0,009
Luziola peruviana		1537	805	5,6	63	5,20	0,304	0,010
Mezcla: Diplachne sp.; L. peruviana; P. milioides; Eleocharis sp.		227	208	2,8	24	3,87	0,066	0,282
Paspalum notatum		157	101	4,5	18	3,86	0,037	0,009
Paspalum conjugatum		330	86	5,6	21	3,87	0,016	0,066
Mezcla: P. notatum; P. conjugatum; Desmodium sp.; Paspalum sp; Trichantum sp.; Cynodon sp.; Cyperus sp.		161	106	4,5	18	3,83	0,017	0,009
	Media (n = 15)	711	248	5,22	31	6,49	0,089	0,042
	Desvío Estándar	613	207	1,18	142	6,09	0,085	0,073

En base a los datos de los cuadros 5.32 y 5.33, que presentan las concentraciones de minerales en muestras de las principales especies forrajeras del pastizal natural en zonas del departamento Presidencia de la Plaza, provincia del Chaco, Balbuena et al (1999) concluyen que la concentración de sodio, cobre, selenio, cobalto y cinc fue de marginal a deficiente para bovinos, sugiriendo que los resultados se interpreten con cuidado, ya que la respuesta a los tratamientos podría estar afectada por otras deficiencias. La concentración de hierro fue alta y posiblemente interfiere con la utilización del cobre de la dieta. La relación cobre:molibdeno (media 0,8:1) fue sustancialmente inferior a la considerada segura (2:1), lo que indica que la deficiencia de cobre es condicionada por exceso de molibdeno. La concentración de molibdeno fue particularmente elevada en algunas especies. Los niveles de azufre encontrados pueden considerarse normales.

Cuadro 5.34.- Estimación promedio de la concentración de minerales en algunos forrajes sobre base MS en EE.UU. y Canadá (Adapt. del NRC 1984).

Forraje	Ca %	Cl %	Mg %	P %	K %	Na %	S %	Co mg /kg	Cu mg /kg	I mg /kg	Fe mg /kg	Mn mg /kg	Se mg /kg	Zn mg/ kg
Alfalfa (Medicago sativa)														
Fresco, vegetativo tardío	2,19	0,44	0,27	0,33	2,14	0,21	0,48	0,17	11	--	111	41	--	--
Fresco, floración temprana	2,33	--	--	0,31	1,92	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Fresco, floración media	2,01	0,45	0,26	0,28	2,06	0,16	0,28	--	--	--	--	--	--	--
Fresco, floración completa	1,53	0,43	0,27	0,27	2,13	0,15	0,31	--	--	--	430	155	--	--
Heno, floración temprana	1,41	0,38	0,33	0,22	2,52	0,14	0,28	0,16	11	--	192	31	0,54	25
Heno, floración media	1,41	0,38	0,31	0,24	1,71	0,12	0,28	0,36	14	--	134	28	--	23
Heno, floración tardía	1,43	--	0,14	0,25	2,45	--	--	--	14	--	170	43	--	31
Heno, maduro	1,13	--	0,27	0,18	1,78	0,08	0,25	0,09	14	--	153	44	--	24
Harina, 17 % proteína	1,52	0,52	0,32	0,25	2,60	0,11	0,24	0,33	11	0,16	441	34	0,37	21
Avena (Avena sativa)														
Grano	0,07	0,11	0,14	0,38	0,44	0,08	0,23	0,06	7	0,11	85	42	0,26	41
Grano pelado	0,08	0,09	0,13	0,48	0,39	0,22	0,22	--	7	0,12	82	31	--	0
Rastrojo (paja)	0,24	0,78	0,18	0,06	2,57	0,42	0,23	--	10	--	175	37	--	6
Cebada (Hordeum vulgare)														
Grano	0,05	0,18	0,15	0,38	0,47	0,03	0,17	0,10	9	0,05	85	18	0,22	19
Ensilaje	0,34	--	0,13	0,28	2,01	0,01	0,11	0,67	5	--	274	79	0,09	22
Rastrojo (paja)	0,30	0,67	0,23	0,07	2,37	0,14	0,17	0,07	5	--	201	17	--	7
Cebadilla (Bromus spp.)														
Fresca, vegetativo temprano	0,50	--	0,18	0,30	2,30	0,02	0,20	--	--	--	200	--	--	--
Centeno (Secale cereale)														
Fresco	0,39	--	0,31	0,33	3,40	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--
Grano	0,07	0,03	0,14	0,37	0,52	0,03	0,17	--	8	--	69	66	0,44	36
Rastrojo (paja)	0,24	0,24	0,08	0,09	0,97	0,13	0,11	--	4	--	--	7	--	--
Falaris (Phalaris arundinacea)														
Fresca	0,41	--	--	0,35	3,64	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Lotus corniculatus														
Fresco	1,91	--	0,28	0,22	1,99	0,07	0,25	0,21	--	--	400	--	--	--
Heno	1,70	--	0,51	0,27	1,92	0,07	0,25	0,11	9	--	228	29	--	--
Maíz dentado amarillo (Zea mays indentata)														
Diferido	0,50	0,19	0,29	0,25	0,93	0,03	0,14	--	8	--	100	68	--	--
Rastrojo	0,57	--	0,40	0,10	1,45	0,07	0,17	--	5	--	210	136	--	--
Marlos molidos	0,12	--	0,07	0,04	0,87	0,47	0,47	0,13	7	--	230	6	--	--
Mazorcas molidas, marlo-granos	0,07	0,05	0,14	0,27	0,53	0,02	0,16	0,31	8	0,03	91	14	0,09	14
Grano, grado 2, 69,5 kg/hl	0,02	0,05	0,13	0,35	0,37	0,02	0,14	0,04	4	--	26	6	--	16
Grano, con humedad elevada	0,02	0,05	0,14	0,32	0,35	0,01	0,14	--	4	--	30	6	--	18
Ensilaje, mazorcas c/chalas	0,10	--	0,12	0,29	0,49	0,01	0,13	--	--	--	80	--	--	--
Ensilaje, sin mazorcas	0,38	--	0,31	0,31	1,54	0,03	0,11	--	--	--	--	--	--	--
Ensilaje, pocas mazorcas	0,34	--	0,23	0,19	1,41	--	0,08	--	--	--	--	--	--	--
Ensilaje, muchas mazorcas	0,23	--	0,19	0,22	0,96	0,01	0,15	0,06	10	--	260	30	--	21
Melilotus amarillo (Melilotus officinalis)														
Heno curado al sol	1,27	0,37	0,49	0,25	1,60	0,09	0,47	--	10	--	152	108	--	--
Moha de Hungría (Setaria italica)														
Fresca	0,32	--	--	0,19	1,94	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Heno curado al sol	0,33	0,13	0,23	0,19	1,94	0,10	0,16	--	--	--	--	136	--	--

Pasto ovillo (Dactylis glomerata)														
Fresco, vegetativo temprano	0,58	0,08	0,31	0,54	3,58	0,04	0,21	--	7	--	169	96	--	--
Fresco, floración media	0,23	--	--	0,23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Heno floración temprana	0,27	--	0,11	0,34	2,91	0,01	--	0,43	19	--	93	158	--	40
Heno floración tardía	0,26	--	0,11	0,30	2,67	0,01	--	0,30	20	--	84	168	--	38
Raigrás perenne (Lolium perenne)														
Fresco	0,55	--	--	0,27	1,91	--	0,30	0,06	13	--	--	--	--	--
Heno	0,65	--	--	0,32	1,67	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Soja (Glycine max)														
Heno floración media	1,26	--	0,79	0,27	0,97	0,12	0,26	--	--	--	300	--	--	--
Semillas	0,27	0,03	0,29	0,65	1,82	0,02	0,24	--	20	--	91	39	0,12	62
Rastrojo (paja)	1,59	--	0,92	0,06	0,56	0,12	0,26	--	--	--	300	51	--	--
Sorgo (Sorghum bicolor)														
Diferido	0,40	--	0,29	0,21	1,47	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--
Rastrojo	0,52	--	0,28	0,13	1,20	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--
Grano, - de 8 % de proteína	0,03	--	0,19	0,32	0,38	0,05	0,18	--	--	--	50	--	--	--
Grano, 8 a 10 % de proteína	0,04	--	0,18	0,34	0,40	0,01	0,09	--	--	--	--	17	--	--
Grano, + de 10 % de prot.	0,04	--	0,14	0,36	0,38	0,01	0,13	--	--	--	--	--	--	--
Ensilaje	0,35	0,13	0,29	0,21	1,37	0,02	0,11	0,30	35	--	285	73	0,22	32
Sorgo azucarado (Sorghum bicolor saccharatum)														
Ensilaje	0,34	0,06	0,27	0,17	1,12	0,15	0,10	--	31	--	198	61	--	--
Sorgo de Alepo (Sorghum halepense)														
Heno	0,84	--	0,35	0,28	1,35	0,01	0,10	--	--	--	590	--	--	--
Sorgo, Pasto del Sudán (Sorghum bicolor sudanense)														
Fresco, vegetativo temprano	0,43	--	0,35	0,41	2,14	0,01	0,11	--	--	--	200	--	--	--
Fresco, floración media	0,43	--	0,35	0,36	2,14	0,01	0,11	--	--	--	200	91	--	38
Heno	0,55	--	0,51	0,30	1,87	0,02	0,06	0,13	37	--	193	91	--	38
Ensilaje	0,46	--	0,44	0,21	2,25	0,02	0,06	0,31	37	--	127	99	--	--
Trébol Blanco, Trébol Ladino (Trifolium repens)														
Fresco, vegetativo temprano	1,93	--	0,42	0,35	--	0,12	0,16	--	--	--	--	--	--	--
Trigo (Triticum aestivum)														
Fresco, vegetativo temprano	0,42	--	0,21	0,40	3,50	0,18	0,22	--	--	--	100	--	--	--
Grano	0,04	0,08	0,16	0,42	0,42	0,05	0,18	0,14	7	0,10	61	42	0,30	50
Rastrojo (paja)	0,18	0,32	0,12	0,05	1,42	0,14	0,19	0,05	4	--	157	41	--	6

PROBABILIDADES DE ENCONTRAR PASTOS DEFICIENTES EN MINERALES

Cuadro 5.35.- Probabilidades (porcentaje o frecuencia relativa) de encontrar una muestra de pasto deficiente en pasturas naturales de la Región Subtropical (Mufarrege, 1994).

	Argentina		Brasil
Elemento	Formosa, Chaco y norte de Santa Fe	Corrientes, norte de Entre Ríos y sur de Misiones	Río Grande: Subregión La Campanha y Depresión Central
Calcio	19	2	9
Fósforo	33	92	63
Magnesio	0	0	0
Potasio	8	28	21
Azufre	no det.	no det.	32

Cobre	37	51	52
Hierro	4	1	3
Manganeso	2	0	0
Cinc	16	50	82

Cuadro 5.36.- Frecuencia relativa (probabilidad) de muestras con concentraciones de minerales, menores que los requerimientos de una vaca de cría en la Región NEA (Mufarrege, 1996).

	Concentración en MS										
	%						ppm				
	P	Pro	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Nº
Requerimiento	0,15	7,0	0,60	0,06	0,20	0,06	50	50	6,0	20	
Chaco	15	36	7	50	15	0	4	4	35	7	509
NE Santa Fe	37	41	7	76	17	2	0	0	56	46	138
S. Misiones	60	60	20	80	5	0	0	0	45	25	20
E. Formosa	70	58	28	62	49	18	2	2	81	40	263
O. Corrientes	89	41	17	95	8	0	0	0	38	14	103
N. Entre Ríos	92	29	35	83	0	0	2	2	52	46	48
E. Corrientes	96	45	30	83	4	3	0	0	52	57	475
Total	59	43	19	69	16	5	2	2	51	33	1556

Cuadro 5.37.- Insuficiencias minerales en algunas regiones Argentinas (Donovan, A., 2005)

Mineral insuficiente	Región
P	NEA: Corrientes, Norte de Entre Ríos, Formosa y Domo Oriental de Santa Fe.
	Pampeana: Deficiencia subclínica.
Mg	Templada: Cuenca del Río Salado (SE. de la Pcia. de Bs. As., principal causa de muerte en vacas de cría).
	Semiárida: la Pampa y SE de Córdoba.
Na	NEA: Corrientes (80-90 % pasturas naturales deficientes de Na).
	Templada (48 % pasturas naturales deficientes de Na).
Cu	Templada: Cuenca del Salado (Bs.As.); N-O de Bs.As.; La Pampa; Bajos Submeridionales de Santa Fe, Sur de Entre Ríos y Córdoba.
	NEA: Este del Chaco, Formosa y Misiones.
Zn	NEA: Este de Corrientes, Norte de Entre Ríos, NE Santa Fe y Este de Formosa

"Uno de los primeros y principales inconvenientes de las tierras nuevas, en todas las regiones áridas y semiáridas del mundo, es la falta de agua para el hombre y los animales. El problema principal es el del agua potable, pues generalmente hay suficiente cantidad de agua salada."

Molina, Jorge S. 1980. Una nueva conquista del desierto, Emecé Edit., Bs.As.:35.

CAPÍTULO VI

EL AGUA DE BEBIDA EN LA NUTRICIÓN MINERAL

EFECTO POR EXCESO DE LAS SALES TOTALES DEL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

La disponibilidad para el animal de los nutrientes minerales encontrados en solución en el agua de bebida es efectiva al mismo nivel que como ocurre con alimentos sólidos o mezclas minerales secas. Muchos estudios efectuados con isótopos de nutrientes minerales en solución acuosa han demostrado ser prontamente absorbidos, depositados en los tejidos y excretados posteriormente en forma normal por los animales que los consumen.

El efecto fisiológico del consumo de sales en exceso que provengan de los alimentos o del agua de bebida es totalmente diferente. En el primer caso, el animal puede realizar una compensación aumentando el consumo de agua pobre en sal, con lo cual aumenta la capacidad de los riñones para eliminar el exceso de sales con el mayor volumen de orina que producen, pero cuando el agua de bebida es muy salina, no puede utilizarse la capacidad de los riñones para eliminar líquidos en cantidad, porque el aumento de consumo de agua va acompañado por un aumento del consumo de sales.

Otro problema de las aguas de bebida muy salinas es que reducen a la mitad o aún más a los protozoos del mar ruminoreticular y hasta hacen desaparecer totalmente algunas especies. Las especies más grandes son las más perjudicadas y se reduce el volumen total de los mismos, por lo que disminuye la digestibilidad de los alimentos y por ende su consumo y la productividad del animal.

Los contenidos salinos totales de las aguas se determinan en laboratorio por el residuo seco a 105°C. Este valor es el más importante para determinar la calidad del agua de bebida para la hacienda, pero en las aguas de alta salinidad, sobre todo, es necesario conocer también su composición y la concentración de las principales sales para determinar los efectos que pueden tener sobre el animal.

Las aguas siempre contienen una mezcla de sales, predominando entre ellas un ion, que es el que le da el carácter al agua. En general se estima que el efecto de las sales disueltas en el agua de bebida depende más de la cantidad de sustancias disueltas que de cada una de ellas en particular. El perjuicio dependería más de un efecto osmótico que de la acción determinada de algunas sales. No obstante, si dos aguas contienen el mismo valor alto total de sales, ambas serán nocivas debido a su elevada salinidad, pero por ejemplo, si una es sulfatada y la otra clorurada, la primera será más perjudicial para el animal.

Por ello, si bien los efectos de la salinidad del agua de bebida parecen depender más de la cantidad de sales disueltas que de cada una de ellas en particular, se deben respetar las concentraciones máximas por sus

efectos fisiológicos. Gran parte de las sales disueltas tienen efectos laxantes o purgantes, que se suman y que es preciso considerar conociendo la composición del agua por medio de un análisis que responda al protocolo tipo.

A través de estudios y de observaciones clínicas y subclínicas de problemas atribuibles a aguas muy salinas, se llega a algunas conclusiones:

- Es considerable la variación que existe entre las especies con relación a la tolerancia de las aguas salinas, aunque es muy elevada en todas las domésticas. El ovino es la especie doméstica más resistente, debido a su notable capacidad renal para aumentar la concentración de sales, siguiéndole el bovino de cría, el de invernada, el lechero, el equino y el porcino. Además, estos efectos nocivos se observan con diferencias considerables aún dentro de una misma especie, sobre todo según el grado de mejoramiento genético alcanzado por los animales.
- Si a los animales se les ofrece un agua salina y otra no salina, evitarán la salina aunque la misma esté más cerca de los lugares de pastoreo y deban caminar más para alcanzar la no salina.
- El grado de acostumbramiento al agua salina es muy importante, ya que animales nacidos y desarrollados bebiendo estas aguas, las toleran con menores inconvenientes, mientras que animales habituados a consumir aguas dulces, que beben aguas salinas por primera vez, sufren trastornos, generalmente gastrointestinales, leves o graves, que pueden continuar manifestándose o disminuir y aún hasta llegar a desaparecer luego de un período de adaptación.
- Cambios bruscos de un agua de baja salinidad a otra de alta causan más problemas que un cambio gradual.
- Los animales pueden consumir agua de alto tenor salino durante pocos días sin sufrir alteraciones, si luego se les da agua con bajo contenido salino.
- Las temperaturas ambientales elevadas reducen la tolerancia como consecuencia del incremento que experimenta el consumo de agua y el consecuente aumento de la ingesta de sales a través de la misma.
- En invierno, el efecto nocivo de las aguas salinas es menor que en verano, dado el menor consumo de las mismas. Además, existe una variación anual en el tenor salino del agua, ya que el verano es la estación en que se produce la mayor concentración de sales en el agua.
- Si el contenido de sales aumenta en una aguada, también generalmente aumenta el consumo de agua, excepto para aguas extremadamente salinas que los animales directamente se niegan a beber.
- Cuando los pastos han pasado su punto de maduración, son diferidos, rastrojos o henos, con gran porcentaje de materia seca, se reduce la tolerancia, como consecuencia del incremento del consumo de agua ante el bajo aporte de agua a la dieta producido por el alimento. Por el contrario, con pastos suculentos, los animales abrevan menos agua y por lo tanto toleran mejor la salinidad, ya que eliminan sales con el agua de los alimentos, pero pueden surgir problemas cuando se pasan bruscamente a pasturas muy tiernas (aguachentas), que de por sí ya producen diarreas por su exceso de potasio y proteínas y déficit de fibra y energía.
- El contenido de sales en los alimentos contribuye a la toxicidad del agua salina. Se debe tener cuidado en la adición de sal empleada para control del consumo de suplementos.
- De los rumiantes, las vacas lecheras son las más susceptibles a la salinidad del agua, tolerando un 30-40 % menos que las de cría. En las vacas lecheras, especialmente en las que están en los primeros meses de lactancia, su mayor susceptibilidad ocurre por la inestabilidad de sus líquidos y electrolitos y por la gran cantidad de agua que deben beber para la producción de leche. Por otra parte, en verano les ocurren trastornos con aguas con una salinidad que no causaría problemas en invierno.
- Las razas índicas son mas tolerantes que las europeas, por lo que, donde las condiciones climáticas lo indiquen, si la calidad del agua es mala hay que preferir estas razas.
- Los animales jóvenes son los que menos toleran las aguas salinas.
- El exceso de salinidad del agua con efectos laxantes prolonga el tiempo de inverne de los novillos.
- La toxicidad de ciertas concentraciones de sales totales depende de la naturaleza tóxica de alguno de sus componentes.

- La necesidad de oligoelementos es mayor en los rumiantes cuando beben agua altamente salina.
- Los excesos de magnesio, hierro y aluminio en el agua deprimen la absorción de fósforo por precipitación de fosfatos en el tracto digestivo.
- El efecto del agua salina en abrevado intermitente no disminuye el consumo de agua cuando se compara con la ingesta ad-libitum. El abrevado una vez por día disminuye el consumo y el abrevado cada dos días lo disminuye aún más.
- No hay fundamentos que determinen que el agua salina pueda producir urolitiasis (cálculos urinarios). El cloruro de sodio los prevendría.
- El efecto más notable del agua con exceso de sales consisten en un menor consumo de alimentos. El descenso del peso corporal y de la producción láctea, características del exceso de sales en el agua de bebida, parecen deberse más a la disminución del consumo de alimentos que al efecto metabólico específico de las sales. En los animales domésticos está poco estudiado el fundamento fisiológico de la notable inapetencia que provoca la ingestión de grandes cantidades de sales, así como la posible relación entre las manifestaciones tóxicas y los cambios que se producen en la secreción de aldosterona y otros trastornos metabólicos. Sin embargo, las aguas ricas en sales ejercen muy poca influencia sobre las concentraciones de electrolitos en sangre, excepto cuando los mecanismos reguladores son sobrepasados durante las últimas fases de la intoxicación salina, que es cuando pueden presentarse ligeros aumentos de las concentraciones de sodio y cloro en el plasma. La inapetencia suele ir acompañada de diarrea, gastroenteritis y de un conjunto de síntomas que indican la existencia de cambios degenerativos en el sistema nervioso central, tales como rigidez de las extremidades, ataxia, parálisis y espasmos musculares, además de los síntomas específicos que las sales predominantes puedan dar.
- Muchos elementos presentes en el agua rara vez ofrecen problemas a los animales domésticos cuando no están a altas concentraciones (aluminio, hierro, bromo, cobalto, cromo, yodo, molibdeno, manganeso, zinc), no tendiendo a acumularse en la carne, grasa o leche. Sin embargo, elementos tales como mercurio, plomo, cadmio, que se presentan ocasionalmente en el agua de bebida a niveles tóxicos o no para los animales, sí se acumulan en carne, grasa o leche a concentraciones que pueden hacer a estos alimentos inadecuados para el consumo humano.
- Ante la falta de información específica para el agua de bebida para animales se suelen tomar valores de potabilidad de humana como referencia. El cuadro 6.1 muestra los valores máximos aceptables de la guía sobre calidad del agua publicada por la Organización Mundial de la Salud.

Cuadro 6.1.- Niveles máximos tolerables de algunos minerales en el agua de bebida para consumo humano (OMS).

	Concentración máxima
Aluminio	0,2 mg/l
Cloro	250 mg/l
Cobre	1 mg/l
Hierro	0,3 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l
Cinc	3 mg/l

CONTRIBUCIÓN DE LAS SALES DEL AGUA A LA NUTRICIÓN MINERAL

En general, el aporte mineral que efectúa el agua de bebida a la dieta de los animales hace que la ingesta de algunos de ellos supere ampliamente las necesidades fisiológicas del bovino. Dicho exceso lo debe eliminar el organismo por las vías normales.

Comúnmente no se toma en cuenta esta fuente de aporte mineral para los cálculos de raciones o suplementaciones minerales, encarándose el problema, cuando surge, desde el punto de vista de los perjuicios del exceso si los tenores de sales en agua son altos.

Sin embargo, este criterio a veces es un grave error, pues en muchos casos el suministro de minerales a través del agua adquiere importancia productiva en la dieta, como ocurre en las aguas que el productor llama "engordadoras".

AGUAS QUE BENEFICIAN LA PRODUCCIÓN O "ENGORDADORAS"

El aporte iónico de las aguas de bebida puede ser significativo, existiendo casos en que del total de la dieta mineral, el agua, en promedio, provee el 98 % del sodio, el 30 % del calcio y el 40 % del magnesio.

En algunas regiones de la Argentina, como ser la mesopotamia, los promedios anuales de sodio en las pasturas no alcanzan a cubrir los requerimientos de los bovinos y el potasio también es deficitario en ciertas épocas.

En la zona central, el tenor de **sodio** en los forrajes obtenido como promedio de las distintas etapas de crecimiento es de 0,8 g/kg de materia seca (MS) para las leguminosas y de 1,4 g/kg de MS para las gramíneas, ambos antes de la fructificación.

Suponiendo que un animal de 400 Kg consume 10 kg de MS/día de leguminosas, su ingesta de sodio será de 8 g/día. Sus necesidades son de 10 g/día. Como se ve, hay un déficit de 2 g/día de sodio (20 %). Las aguas consideradas por su tenor salino como muy buenas para cría (1 g de cloruros) pueden contener alrededor de 0,4 g/l de sodio. Tomando como promedio un consumo de 40 l/día de agua para el animal citado, se obtiene un aporte de 16 g de sodio por día proveniente del agua. Por lo tanto, la cantidad ingerida por el animal al abrevar supera holgadamente el déficit de este mineral en el forraje, eliminándose el exceso. Esta es la razón por la que el cloruro de sodio del agua de bebida, a concentraciones bajas, estimula el crecimiento y desarrollo de los animales.

Suárez y Busetti (1977) indican que el contenido de sales en el agua no ha sido un factor señalado frecuentemente como predisponente a la tetania hipomagnesémica o síndrome "vaca caída", pero los resultados de sus trabajos lo señalan como de gran importancia y fuertemente asociado a la presentación del problema. Hemos visto que en el bovino el rumen y el omaso tienen gran importancia en la absorción del magnesio, no solo por el flujo pasivo a través de las paredes sino también por un transporte activo mediante bomba de sodio. La alta **relación Na/K** en el contenido ruminal facilita la tasa de absorción preduodenal del magnesio, posiblemente debido a cambios en el potencial eléctrico de las paredes de los preestómagos. Dietas altas en potasio o deficientes en sodio deprimen la absorción de magnesio e inducen hipomagnesemia. Los incrementos en las diferencias en el potencial electrofisiológico de membrana no solo resultan en un pasaje pasivo de magnesio de la sangre al rumen sino también en una reducción del pasaje activo del magnesio del rumen a la sangre. Si consideramos que las relaciones K/(Ca+Mg) descriptas por Suárez et al (1986) y Busetti et al (1992) en el pastizal de invierno se aproximan a los niveles 2,2 considerados tetanigénicos, podríamos inferir la importancia que le cabría a una buena concentración de sales, fundamentalmente cloruro de sodio en

el agua, en lograr una favorable relación Na/K y prevenir la enfermedad. La ocurrencia de casos de tetania en pasto llorón reafirmaría la importancia de las sales en el agua, ya que sólo se presenta en vacas en el primer tercio de lactancia, con cargas mayores a las dos vacas por ha y con aguas de bebida con menos de 1 g de sales totales (saldeficientes).

El contenido porcentual de fósforo en la MS de las pasturas en crecimiento se incrementa al aumentar las precipitaciones, mientras que el calcio disminuye. El consumo de **aguas duras** en ciertas zonas con gramíneas como forraje principal lleva a la ingestión de cantidades significativas de **calcio** o **magnesio** o de ambos elementos con beneficios en la producción, ya que complementa los requerimientos minerales de los bovinos. Es por ello que es importante tener en cuenta la concentración de estos cationes alcalinotérreos que se encuentran bajo la forma de sales que dan dureza temporaria.

El **azufre** en el agua, sobre todo si se encuentra como sulfato de sodio, en concentraciones de alrededor de 1 g/l, cuando se pastorean pasturas en estado de madurez avanzada o diferidas, nos da una tendencia a consumir mayores cantidades de alimento y aumentan las ganancias de peso, ya que contribuye a la formación de las proteínas azufradas. La diferencia con los que no consumen azufre se da en mayor grado a medida que avanza el ciclo vegetativo de la pastura. En caso de no existir en el agua, es conveniente complementar con sulfato de sodio (SO_4Na_2) la suplementación mineral o mineral nitrogenada no proteica que se suministre a los animales.

Cuando se suplementa a los bovinos con **urea**, aparte de suministrar una proporción adecuada de hidratos de carbono solubles para su aprovechamiento, es importante verificar la presencia de una concentración de por lo menos 0,1 g/l de sulfatos en el agua de bebida. De no existir dicha cantidad, se deberá agregar en el suplemento para obtener una fijación óptima del nitrógeno no proteico en las proteínas azufradas por las bacterias ruminales. Dichas bacterias necesitan una relación nitrógeno-azufre de 10:1, de lo que surge la importancia de considerar el aporte de sulfatos por el agua en estos casos (ver capítulo XVI).

Sager y Echeverría (2000) citan ensayos realizados con novillos Aberdeen Angus donde se midieron mejoras en el **consumo** y **digestibilidad del forraje** cuando éste era de baja calidad (heno de pasto llorón) y el agua de bebida de alta salinidad (6 g/l de sales totales). Cuando estos mismos animales recibieron forrajes de alta calidad (heno de alfalfa) y agua de alta salinidad (6 g/l) se produjo un efecto inverso, es decir, disminuía el consumo de forraje y de agua.

El agua de bebida también influye sobre el consumo y digestibilidad de los forrajes, cambiando los aportes de minerales. Para novillos de 170 kg, el consumo de MS de alfalfa puede variar de 4,2 a 5,2 kg de MS con salinidades de agua de bebida de 1,5 y 3,5 g/l de sales totales respectivamente. De igual forma, el consumo de agua varía de 18,8 a 22,3 litros/día/animal (Sager, 1998).

El cuadro 6.2 nos demuestra la importancia que tiene el aporte mineral por parte del agua en la dieta mineral total de un bovino. Remarcamos que esta tabla es sólo para ejemplificar la importancia de este aporte, ya que el porcentaje del aporte mineral por parte del agua sobre los requerimientos depende en cada caso específico del consumo de agua y de su composición.

Cuadro 6.2.- Ejemplos de aporte para bovinos de los requerimientos diarios de elementos nutrientes por un agua de bebida de contenido salino promedio (Adapt. del NRC 1970 y 1971).

Bovino	Ingesta de agua	Requer. diarios	Aporte x agua	Requer. diarios	Aporte x agua	Requer. diarios	Aporte x agua	Requer. diarios	Aporte x agua
		Cloruro de sodio		Calcio		Magnesio		Azufre	
De carne 450 Kg:									
Vaca con cría	60 l	25 g	34 %	28 g	12 %	14 g	6 %	10 g	27 %
Nov. terminación	60 l	24 g	35 %	21 g	16 %	9 g	10 %	9 g	29 %
Lechero 450 Kg:									
Vaca en producción	90 l	66 g	19 %	76 g	7 %	14 g	9 %	20 g	20 %
Vaq. en crecimiento	60 l	21 g	40 %	15 g	23 %	9 g	10 %	10 g	27 %
Vaca mantenimiento	60 l	21 g	40 %	12 g	28 %	9 g	10 %	6 g	45 %
		Fósforo		Cobalto		Manganeso		Cobre	
De carne 450 Kg:									
Vaca con cría	60 l	22 g	< 1 %	0,74 g	8 %	49 g	4 %	79 g	1 %
Nov. terminación	60 l	21 g	< 1 %	0,71 g	8 %	47 g	4 %	75 g	1 %
Lechero 450 Kg:									
Vaca en producción	90 l	58 g	< 1 %	1,4 g	6 %	100 g	3 %	160 g	1 %
Vaq. en crecimiento	60 l	16 g	< 1 %	0,7 g	9 %	50 g	4 %	80 g	1 %
Vaca mantenimiento	60 l	12 g	< 1 %	0,5 g	12 %	32 g	6 %	51 g	2 %
		Zinc		Iodo		Potasio		Hierro	
De carne 450 Kg:									
Vaca con cría	60 l	0,15 g	2 %	1,7 g	163 %	90 g	< 1 %	0,99 g	< 1 %
Nov. terminación	60 l	0,14 g	2 %	1,6 g	173 %	70 g	< 1 %	0,94 g	< 1 %
Lechero 450 Kg:									
Vaca en producción	90 l	0,86 g	1 %	5,1 g	81 %	99 g	< 1 %	2 g	< 1 %
Vaq. en crecimiento	60 l	0,43 g	1 %	1,6 g	173 %	70 g	< 1 %	1 g	< 1 %
Vaca mantenimiento	60 l	0,27 g	1 %	1,6 g	173 %	45 g	< 1 %	0,64 g	< 1 %

a) Ingesta de agua: en litros por día, supuesta en la cantidad expresada para cada tipo de bovino.
b) Requerimientos diarios: en gramos, fijados por el NRC (1968 y 1971) para cada mineral para cada tipo de bovino.
c) Aporte x agua: porcentaje aproximado del requerimiento diario del mineral que aporta un agua de bebida que lo contenga en cantidades promedio (promedio del STORET, Sistema para Datos Técnicos, EE.UU., período 1957-69, sobre varios miles de análisis de aguas superficiales colectadas en 140 estaciones).

CONCLUSIÓN

Las sales totales, en concentraciones de hasta aproximadamente 4-5 g/l, pueden tener influencia favorable sobre el desarrollo y crecimiento, de acuerdo a su composición y siempre que no afecten por interacciones nocivas la actividad metabólica normal.

De esta forma, las sales del agua contribuyen en los casos detallados a una adecuada nutrición y producción. Las aguas que poseen estas características son denominadas por nuestros ganaderos "aguas engordadoras", debido a que han observado que los animales que beben en esas aguadas, con la misma pastura que en otras aguadas, mejoran su producción.

AGUAS DEFICIENTES EN SALES

El caso contrario al de las aguas engordadoras, se presenta en zonas de aguas con un tenor salino prácticamente despreciable, generalmente entre 0,4 y 1 mg/l, como son algunos campos de sierra con vertientes o arroyos muy cercanos a la zona de recarga, o bajos, donde la hacienda abreva en depósitos de agua de lluvia con mineralización mínima. El aporte de sales a través del agua es prácticamente nulo y los

pastos son pobres en ellas, produciéndose en el ganado lo que se conoce como "hambre de sal" y disminuyendo la producción.

En estos campos el problema tiene fácil y económica solución comparado con los de aguas muy salinas, suministrando permanentemente ad libitum en saladeros una suplementación dietética mineral completa.

En la estación invernal, cuando los animales consumen pastos diferidos, se hace máxima la necesidad de suplementación mineral, ya que el forraje diferido va disminuyendo progresivamente el contenido en minerales, nutrientes orgánicos, biodisponibilidad de los minerales y digestibilidad, lo que repercute en un menor consumo de alimento y, por lo tanto, de producción.

TENORES MÁXIMOS DE SALES TOTALES DEL AGUA DE BEBIDA

Sobre los límites a adoptar para calificar un agua destinada a bebida animal la bibliografía es muy abundante y los criterios muy dispares, seguramente debido a las diferentes condiciones de las experiencias.

La calidad de un agua debe considerarse en relación al empleo al que se destina. Las mejores aguas para el ganado sobrepasan ampliamente el grado de mineralización con respecto a los valores límites admitidos para el consumo humano, pero para los bovinos es sumamente difícil fijar los límites de los valores analíticos de las sales totales para clasificar las aguas como aptas o no aptas para su uso como agua de bebida basándonos solamente en la concentración de los elementos que se encuentran presentes. Es un problema muy complejo, donde inciden numerosos factores (consumo de agua, raza, alteraciones, alimentación, estado de las pasturas, temperatura y humedad ambientes, época del año, hábitos de abrevado, funciones, acostumbramiento, tipo de sales, sales totales, etc.), que hacen problemático determinar la factibilidad de uso, y el criterio a adoptar debe establecerse para cada caso en particular luego de un análisis profundo de todos los factores y de las distintas alternativas que se presenten.

No hay niveles simples y potenciales de substancias tóxicas que puedan ser consideradas peligrosas en todas las situaciones. Ingestas de substancias tóxicas en cortos períodos pueden no tener efectos; nutrientes con consumo a largos períodos pueden ser peligrosos; animales jóvenes pueden reaccionar diferente a los animales adultos; la ingesta de minerales tóxicos puede no causar ningún efecto en el crecimiento, producción de leche o reproducción, pero pueden ocasionar cambios subcelulares que pueden crear susceptibilidad a enfermedades; los minerales en el agua pueden no ser tóxicos para el animal, pero pueden ser acumulados en la carne y leche a concentraciones que pueden ser objetables para el consumo humano.

Es procedente tomar como dato índice las aguas de la zona y su empleo, ya que el juicio no se puede basar solamente en medidas patrones.

Por otra parte, no es posible determinar el agua ideal para el bovino, pues además de que el consumo y necesidades del animal varían constantemente, también la relación suelo-planta-animal-producción para cada lugar y época del año varía. Por ello es utópico pretender fijar cuál es el tenor ideal de sales del agua de bebida.

Como cifras tentativas para los bovinos, sin que se altere en alto grado su salud y producción, y para zonas que se caracterizan por tener aguas con elevada concentración de sales, se pueden dar como límites valores de hasta 7 a 11 g/l de sales totales, siempre que en la composición de las mismas predomine el cloruro de sodio, como es corriente, y no presenten una proporción elevada de cationes y aniones bivalentes, especialmente magnesio y sulfatos, y los animales se encuentren sobre pasturas verdes. Cuando existe silicio en suspensión en cantidades elevadas, los valores límites pueden ser mayores, ya que habría que descontarlo del valor de las sales totales.

En ciertas condiciones, estos límites pueden superarse, por lo que estas cifras deben tomarse con cierta elasticidad y no como rígidas. De todos modos, el tenor salino total da una idea general, pero es sumamente importante determinar la composición del mismo cuando los valores son muy elevados.

En base a los antecedentes reunidos y lo observado en la práctica, y con la elasticidad explicada, para animales a pastoreo en clima templado, elaboramos la siguiente tabla:

Tabla 6.3.- **CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS PARA BEBIDA DE BOVINOS**
(Bavera, 2001).

Para			Sales totales	Cloruro (de sodio)	Sulfato	Mag-nesio
Cría	Inverne- Tambo					
Deficiente	Deficiente	Menos de	1 g/l	---	---	---
Muy buena	Muy buena	Mas de	1 g/l	0,6 g/l	0,5 g/l	0,2 g/l
Muy buena	Buena	Hasta aproximadamente	2 g/l	1,2 g/l	1 g/l	0,25 g/l
Buena	Aceptable	Hasta aproximadamente	4 g/l	2,4 g/l	1,5 g/l	0,3 g/l
Aceptable	Mala	Hasta aproximadamente	7 g/l	4,2 g/l	2,5 g/l	0,4 g/l
Mala	---	Hasta aproximadamente	11 g/l	6,6 g/l	4 g/l	0,5 g/l
Condicionada	---	Hasta	13 g/l	10 g/l	7 g/l	0,6 g/l

Deficiente: por su bajo contenido salino estas aguas no contribuyen con minerales a la dieta animal, presentando éstos síntomas de pica y/o hambre de sal. El problema es el menos grave, pues se soluciona administrando permanentemente una suplementación dietética mineral completa ad libitum.

Muy buena: este agua contiene sales en cantidad adecuada para cubrir algunas de las necesidades minerales que las pasturas no brindan. La producción se favorece con este tipo de agua.

Buena: Su contenido salino supera las necesidades del animal en algunos elementos, pero sin acarrearle problemas, pues elimina eficientemente el sobrante.

Aceptable: Puede causar diarreas a animales no acostumbrados a la misma y disminución en la producción.

Mala: podrá emplearse en animales acostumbrados, con suma precaución y en ciertas épocas y pasturas. Disminuye marcadamente la producción y puede producir mortandades.

Condicionada: Deberá emplearse por poco tiempo, cuando no se encuentra otra fuente de agua y con grandes precauciones. Produce diarreas intensas y mortandades. No hay producción.

Otros iones tienen límites máximos por su toxicidad o problemas que pueden ocasionar, por lo que cualquiera sea la cantidad de sales totales que tenga un agua, si estos iones superan esos límites, por sí solos descalifican un agua.

PROTOCOLO TIPO PARA ANÁLISIS DE AGUA DE BEBIDA PARA GANADO

Bavera (2001) consideran que el siguiente protocolo para análisis de agua de bebida para ganado contiene todos los datos necesarios para poder juzgar exhaustivamente un agua destinada a consumo animal, sin determinaciones superfluas, aunque en algunos casos no es necesario completar todas las determinaciones y cálculos, y en unidades de comprensión rápida para el profesional que realiza la interpretación, el que muchas veces no posee conocimientos profundos de química, pero sí de clínica y de producción bovina y sobre el establecimiento agropecuario problema y sus aguadas, información que es necesaria para realizar una interpretación correcta y recomendaciones prácticas realmente aplicables en ese campo.

Tabla 6.4.- Protocolo para análisis de agua de bebida para ganado (Bavera, 2001).

IDENTIFICACIÓN			Análisis Nº:
Muestra Nº:	Fecha extracción: / /	Fecha entrada: / /	Fecha salida: / /
Finalidad: cría - recría - inverne - tambo.			

Procedencia	Aguada (Nº y/o nombre):	Tipo de aguada:
	Profundidad:	Napa Nº:
	Establecimiento:	Propiedad de:
	Localidad:	Dep./Partido:
	Provincia:	Presentó muestra:

ANÁLISIS FÍSICO

Color:	Olor:	Sabor:	Turbiedad:

ANÁLISIS QUÍMICO

I) Determinaciones básicas:

Residuo seco a 105º C:	mg/l	

Aniones			Cationes		
Bicarbonato	mg/l	meq/l	Sodio y potasio	mg/l	meq/l
Carbonato	mg/l	meq/l	Calcio	mg/l	meq/l
Cloruro	mg/l	meq/l	Magnesio	mg/l	meq/l
Sulfato	mg/l	meq/l			
II) Determinaciones complementarias:					
A) Arsénico	mg/l	meq/l	Amoníaco	mg/l	meq/l
Fluoruros	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
Nitratos	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
Nitritos	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
Silicio	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
B) Reacción pH			Dureza total	mg/l	
Alcalinidad debida a carbonato-bicarbonato	mg/l		Dureza permanente	mg/l	
			Dureza temporaria	mg/l	
III) Control del análisis:		---------- meq/l	≈		---------- meq/l

Interpretación:

Recomendaciones:

....., …… de ..... de 200...-

Laboratorio:..... Interpretación: .....
firma y sello firma y sello

Un complemento del análisis, que no es una parte del mismo, son las combinaciones hipotéticas. Son cálculos que se efectúan con la información del análisis para determinar en aguas de alta salinidad la que es algo mejor. Tiene valor únicamente en aguas de alta salinidad y se puede realizar mediante cálculos o empleando tablas. No es necesario que las realice el químico.

Tabla 6.5.- Complemento del protocolo para análisis de agua de bebida para ganado: Combinaciones hipotéticas (Bavera, 2001)

IV) Combinaciones hipotéticas							
Carbonato de calcio	mg/l	$CO_3^{=}$	mg/l	Cloruro de magnesio	mg/l	Cl^-	mg/l
		Ca^{++}	mg/l			Mg^{++}	mg/l
Carbonato de Mg	mg/l	$CO_3^{=}$	mg/l	Sulfato de sodio	mg/l	$SO_4^{=}$	mg/l
		Mg^{++}	mg/l			Na^+	mg/l
Sulfato de calcio	mg/l	$SO_4^{=}$	mg/l	Carbonato de sodio	mg/l	$CO_3^{=}$	mg/l
		Ca^{++}	mg/l			Na^+	mg/l
Cloruro de calcio	mg/l	Cl^-	mg/l	Cloruro de sodio	mg/l	Cl^-	mg/l
		Ca^{++}	mg/l			Na^+	mg/l
Sulfato de magnesio	mg/l	$SO_4^{=}$	mg/l				
		Mg^{++}	mg/l				

Interpretación:

Recomendaciones:

....., …… de ..... de 200...-

Laboratorio:..... Interpretación: .....

firma y sello firma y sello

"Cuando en un rodeo algún animal aprende a comer hueso, pronto le sigue otro y otros, y la costumbre se generaliza muy fácilmente.
"Al animal que principia a comer hueso, pronto se le vé mancar ó rengar, y enseguida empieza á secarse por los cuartos. Sigue secándose y al fin muere".

Hernández, José. 1882. "Instrucción del Estanciero". Edit. Casavalle, Bs.As., :176-177.

CAPÍTULO VII

NECESIDAD DE SUPLEMENTAR CON MINERALES

La deficiencia o el exceso de elementos minerales puede estar limitando en forma solapada la producción en algunos establecimientos ganaderos, a tal punto que se puede hacer difícil que este problema sea reconocido por el productor como causa principal de la baja producción. Y sin embargo, en algunos casos es así. En los sistemas extensivos con reducido o nulo asesoramiento técnico por lo general hay otros factores productivos negativos que ocultan los efectos de las deficiencias o excesos de minerales.

El contenido de cada elemento que contiene el cuerpo de un vacuno da una idea de la proporción en que deben ser suministrados los minerales para mantener al ganado en condiciones óptimas. Esto también indica las cantidades de minerales que salen del campo cuando sale o se vende un animal. Los ganaderos deben interiorizarse más en el tema; deben conocer los requerimientos básicos de su ganado a pastoreo y la proporción en que esos requerimientos son cubiertos por los minerales que puedan brindar las pasturas de su campo, y en que proporción deben complementar esos requerimientos con suplementos minerales.

Cuadro 7.1.- Estimación de la composición mineral de un novillo de 420 kg de peso vivo (Adapt. de Mufarrege, 1999).

Elemento	Cantidad en kg	Elemento	Cantidad en kg
Calcio	6,880	Hierro	0,025
Fósforo	3,400	Cinc	0,012
Sodio	1,010	Cobre	0,0016
Potasio	0,880	Iodo	0,00017
Cloro	0,710	Manganeso	0,00013
Azufre	0,630	Cobalto	0,000084
Magnesio	0,230	Molibdeno	0,000020
		Selenio	0,000002
		Cromo	?
		Níquel	?

Estas cantidades de minerales más las que diariamente elimina, deben ser obtenidas por el animal a lo largo de su vida de la dieta (pasturas, suplementos energético proteínicos, agua de bebida y suplementos minerales). En el mismo caso se encuentran las vacas lecheras y de cría por la pérdida por leche.

Cuadro 7.2.- Pérdida de minerales en leche para vaca adulta de 500 kg de peso vivo por lactancia de 305 días (Corbellini, 1994).

Elemento	Producción por lactancia	
	4.000 litros	5.000 litros
Calcio	5.000 g	6.250 g
Fósforo	3.600 g	4.500 g
Magnesio	520 g	650 g
Sodio	2.400 g	3.000 g
Potasio	6.000 g	7.500 g
Cloro	4.400 g	5.500 g
Cinc	16 g	20 g
Hierro	2 g	2,5 g
Cobre	0,8 g	1 g

Una vaca de cría necesita unos 18 g/día de fósforo cuando está seca y unos 24 g/día cuando está lactando (tabla 11.8). Es decir, que como promedio durante el año debe consumir alrededor de 21 g/día de fósforo.

Las pasturas, por ejemplo, de la mesopotamia argentina, registran durante el año un promedio de 1 g de fósforo/kg de MS (0,1 %). Si se tiene en cuenta que una vaca puede consumir unos 10 kg de MS/día, para completar sus necesidades diarias promedio será necesario suplementarla con unos 11 g/día adicionales de fósforo.

La suplementación es necesaria también para asegurarse que el ternero nazca con suficientes reservas minerales. El cuerpo de un ternero contiene un total de fósforo de 0,67 %, es decir, que a los 150 kg de peso vivo, su contenido de fósforo será aproximadamente un kg. El ternero lo extrae principalmente de la leche de la madre, por lo que si los 150 kg los alcanza al destete a los 6 meses, la vaca, si lacta lo suficiente, debe suministrarle unos 5 g/día de fósforo, la mitad de lo que ésta puede ingerir de las pasturas naturales. Si la

vaca no es suplementada, el resto del fósforo que necesita para sus funciones vitales lo obtiene de sus propias reservas.

Al realizar el destete, el ternero consumirá exclusivamente pasturas, las que deberían cubrir todos sus requerimientos nutricionales, incluyendo el fósforo. Como esto generalmente no ocurre, es necesario suplementar los terneros con dicho elemento.

Perego (1996) para Misiones y el nordeste de Corrientes describe un caso similar. Si una vaca de cría se alimenta en campo natural, sus necesidades de fósforo se obtienen sumando las pérdidas de fósforo de su metabolismo, el fósforo total que de ella obtiene el ternero al nacer y el que se pierde con la leche que suministra a su cría. Una vaca de 380 kg de peso vivo que engendra un ternero de 30 kg de peso al nacer, el cual consume en promedio 3 kg de leche por día, pierde en 200 días de lactación unos 3,5 kg de fósforo. A esto hay que agregarle otros 2 kg que gasta en mantenimiento durante los otros 165 días restantes del año, totalizando una pérdida anual de 5,5 kg. Si se tiene en cuenta que un campo natural tiene una concentración promedio de 0,1 % de fósforo y la vaca consume 3.300 kg de materia seca de pasto por año, este forraje le suministra 3,3 kg de fósforo. Esto implica un déficit que requiere para cubrirlo de 2,2 kg de fósforo suplementario por año.

En el mismo trabajo, Perego indica que los novillos que se suplementaron con harina de hueso más sal desde los 8 meses y hasta los 32 meses de edad, en campo natural, incrementaron su peso en un 62 % más que los testigos. Con respecto a las vacas de cría, los resultados que se obtuvieron fueron 71,6 % de preñez al tacto en las vacas suplementadas contra un 36 % en las testigo. De esta manera, pueden esperarse 2 kg extra de carne por kg de suplemento mineral consumido en animales en crecimiento y un incremento del 100 % de los índices de preñez en la vacas de cría suplementadas respecto de aquellas sin suplementar.

Otro ejemplo de calculo de la cantidad de fósforo a suplementar diariamente es la siguiente:

Cuadro 7.3.-

Información	Pastura, contenido de fósforo % MS:	0.15 %
	Peso del animal:	400 kg
	Requerimiento:	0.25 % de fósforo en alimento
	Consumo de pasto:	2.5 % Peso vivo (MS)
	Suplemento:	fosfato de calcio
Cálculos	Consumo:	10 kg MS
	Requerimiento de fósforo:	25 g
	Aporte de fósforo del pasto:	15 g

	Fósforo a suplementar:	10 g
	Cantidad de fosfato de calcio requerido:	56 g

En los rodeos lecheros, una vaca de 500 kg preñada seca necesita aproximadamente unos 200 g de sales minerales diariamente, de los que 26 g corresponden al fósforo y 37 g al calcio, cifras que se incrementan mucho durante la lactancia, habiéndose establecido una necesidad adicional de unos 2 g de sales por cada litro de leche producido.

Por ello, según el sistema de alimentación empleado, en las vacas lecheras se debe cubrir aproximadamente un 25 a 30 % de la demanda de fósforo y un 20 a 30 % de la demanda de calcio por medio de un suplemento mineral. Otros trabajos indican que se debe cubrir un 25 a 30 % de las necesidades de calcio, fósforo y sodio por suplementos minerales. Corbellini (1998b) es más específico al indicar que para producciones de hasta 25 litros de leche/vaca/día se deben cubrir el 20-30 % de los requerimientos de minerales con suplementación y en animales que superen los 30 litros de leche/vaca/día se deben cubrir aproximadamente el 50 % de los requerimientos con suplementos.

En zonas de carencias minerales, al suplementar con mezclas minerales, con respecto a grupos testigos, la incidencia de ciertas enfermedades e intoxicaciones disminuye.

Para prevenir el botulismo, es necesario, además de eliminar de los potreros los animales muertos, suplementar con mezclas minerales adecuadas para suprimir la pica y evitar la ingestión de huesos portadores de la toxina botulínica.

Bisschop y Du Toit (1929), citados por Mc Dowell et al (1984), ya en ese año demostraron que la suplementación con fósforo (harina de hueso) en una zona deficiente en ese mineral, elevaba el peso de los bueyes en un 30 %, mientras que las vacas pesaban un 20 % más y producían un 30 % mas de terneros.

Hay numerosos trabajos y experiencias que indican que en zonas deficientes en uno o varios minerales, se ha aumentado el porcentaje de preñez por el solo hecho de suplementar con los mismos. Farina et al (1983), en un rodeo de Santa Gertrudis del sur de la Provincia de Santa Fe, libre de enfermedades infecto contagiosas, parasitarias y de transmisión sexual, encuentran que los niveles en sangre de cobre se hallan bajo los límites considerados como normales. En este caso, emplearon dicho mineral en forma inyectable. Como resultado obtienen un mayor número de celos y una preñez que supera ampliamente a la de años anteriores.

La E.E.A Mercedes del INTA (1978) efectuó un ensayo con novillos, encontrando que los suplementados con harina de hueso y sal tuvieron en un año un aumento de peso superior a los testigos en el 104 % (45,1 kg) y en el segundo año un aumento del 25,6 % mayor que los testigos. En esta experiencia, los valores de fósforo inorgánico en sangre muestran que los novillos suplementados tuvieron mayores tenores que los testigos, aunque en los dos casos se mantuvieron dentro de los límites normales.

También en este trabajo se encontró que los animales con más sangre cebú sufrieron más la falta de suplementación mineral, ya que de los suplementados, los con sangre predominantemente cebú superaron en 88 kg a los no tratados, mientras que los novillos con sangre predominantemente Hereford tuvieron 51 kg de diferencia con los testigos.

Miles y Mc Dowell (1983) demostraron que la administración de suplementos minerales producía efectos espectaculares en la producción global de ganado en los llanos de Colombia. El resultado fue de 88,7 kg de ternero por vaca entorada que había recibido una suplementación mineral completa, frente a 44,8 kg obtenidos por las que habían recibido sólo sal común.

En el cuadro 7.4 se ilustran los aumentos de la capacidad reproductiva debido a los suplementos minerales administrados que se han registrado en varias experiencias distintas. Un promedio, considerándolas en conjunto, indicó un porcentaje medio de partos del 52,6 % para los animales a los que sólo se les suministraba sal, frente a un 75 % para los que recibían mezclas minerales varias.

Cuadro 7.4.- Estudios efectuados en América Latina, África y Asia sobre los efectos de suplementos minerales en el aumento de los porcentajes de parición (Mc Dowell et al, 1984).

País	Sal	Sal + mezclas minerales	Referencias
Bolivia	67,5 %	80 %	Bauer, 1976, ined.
Bolivia	73,8 %	86,4 %	Bauer et al, 1981.
Brasil	55 %	77 %	Conrad y Mendes, 1965.
Brasil	49 %	72 %	Guimaraes et al, 1971.
Brasil	25,6 %	47,3 %	Grunert y Santiago, 1969.
Colombia	50 %	84 %	Stonaker, 1975.
Filipinas	57 %	79 %	Calub y Amril, 1979.
Filipinas	76 %	80/82 %	Nacom, 1980, ined.
Panamá	62,2 %	68,5 %	Ríos Arauz, 1972.
Panamá	42 %	80 %	Poultney, 1972, ined.
Perú	25 %	75 %	Echevarría et al, 1974.
Sudáfrica	51 %	80 %	Theiler et al, 1924; 1928
Tailandia	49 %	67 %	Tumwasorn, 1981.

Uruguay	48 %	64 %	De León Lora, 1963.
Uruguay	86,9 %	96,4 %	Schiersman, 1965.
Uruguay	50 %	75 %	Pittaluga et al, 1980.
Uruguay	27 %	70 %	Arroyo y Mauer, 1982.
Promedio	52,6 %	75 %	

Cuadro 7.5.- Evaluación de los suplementos minerales durante 4 años en Colombia

(CIAT, 1977; Miles y Mc Dowell, 1983)

Parámetro	Sal común	Suplemento completo
Abortos, %	9,3	0,75
Nacimientos, %/año	50	67
Mortalidad desde el nacimiento hasta el destete, %	22,6	10,5
Terneros destetados de todo el hato, %/año	38,4	60
Peso al destete (9 meses), kg	117	147
Ganancia de peso de las vacas en crecimiento (572 días), kg	86	141

Investigaciones realizadas en regiones tropicales han señalado que la suplementación mineral puede resultar en aumentos de 20 a 100 % en las tasas de natalidad, además de una reducción significativa de la mortalidad.

Durán y Carugati (1988) citan a Webb et al (1975) quienes reportaron que la eficiencia de conversión alimenticia fue de 19,59:1 versus 8,5:1 en novillos en terminación sin y con fósforo suplementario. Los mismos autores citan a Kleimenov et al (1985), quienes demostraron que la suplementación oral con calcio, fósforo y magnesio en vacas lecheras incrementó la digestibilidad de la materia orgánica de un 64 a un 68 %.

A pesar que el suplemento de fósforo no presenta ninguna ventaja cuando los animales están en proceso de perder peso, Van Schalkwyk y Lombard (1969) demostraron la existencia de un **efecto acumulativo** del fósforo. En su experiencia, durante el período de pérdida de peso corporal, el grupo de vacas suplementadas con fósforo en invierno mostró el mismo ritmo en pérdida de peso que el grupo

control. Sin embargo, durante el siguiente período de tres meses, en el que no recibieron suplemento mineral, ganaron 35 % de peso más que el grupo control. Durante el invierno con suplemento y los tres meses posteriores sin suplemento, este grupo mantuvo un nivel de fósforo inorgánico en el plasma sanguíneo significativamente más alto que el grupo control. Estos resultados indican que los animales suplementados con fósforo durante la estación seca son aparentemente capaces de acumular reservas de fósforo, lo cual beneficiará al animal durante el período siguiente de rápido crecimiento. Debido a esto, aunque la suplementación con fósforo aparentemente tiene poca ventaja durante el período de pérdida de peso, puede ser de gran importancia en el caso de vacas en reproducción y en los novillos en restricción y luego realimentación.

Rochinotti et al (1981) encontraron que la deficiencia de fósforo es la causa nutricional más importante que puede afectar el estado sanitario de los vacunos en la provincia de Corrientes.

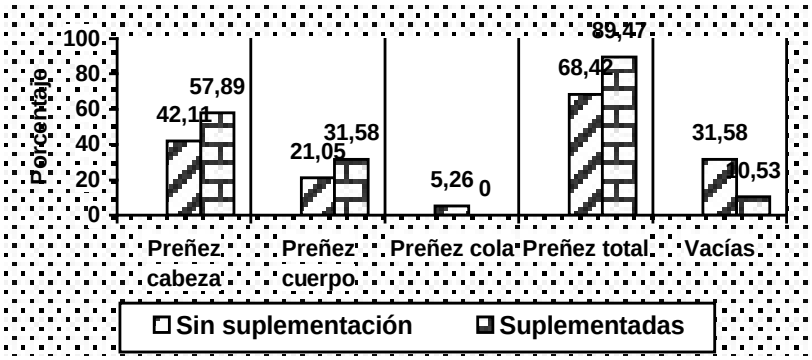
Moffat, citado por Wilken (1985), indica que en Corrientes, con suplementación con harina de hueso y sal, al quinto año las diferencias de marcación en rodeos de cría fueron de 21,9 puntos porcentuales entre testigos (65,6 %) y suplementados (87,5 %).

También en Corrientes, en la recría de vaquillonas, se consiguieron 1,9 kg de carne extra por kg de suplemento mineral. La ganancia de peso vivo de novillos se incrementó en 44 g/día por cada g/día de fósforo suplementario, en pasturas naturales (Mufarrege et al, 1985).

En el departamento de Mercedes (Corrientes), en campo natural, el 60 % de vacas con cría al pie suplementadas con harina de hueso y sal en partes iguales, tuvo niveles de fósforo sanguíneo mayores a 4 mg/100 ml, en tanto que en no suplementadas, solamente el 37 % tuvo niveles normales (Mufarrege et al, 1985).

Beguet y Bavera (1987) encontraron en campos de sierra del sur del Comechingones (Córdoba) que las vacas suplementadas con harina de hueso al 50 % con sal superaron en preñez a las no suplementadas en 21 puntos porcentuales, con un mayor porcentaje de preñez cabeza y la siguiente distribución:

Figura 7.1.-



Como se puede observar, no solo se obtuvo mayor número de terneros en las suplementadas, sino también más kg/ternero destetado al existir una cabeza de parición mayor.

Para la posible deficiencia condicionada de azufre, Hofer et al (1985 a) aconsejan una mezcla de 80 % de cloruro de sodio y 20 % de azufre, obteniéndose un incremento en la ganancia diaria por animal que resultó variable según los años, oscilando entre un 10 a un 60 % de incremento.

Mufarrege et al (1990), trabajando con vacas cruza cebú en el departamento de Mercedes (Pcia. de Corrientes), comprobaron que en el tipo de pradera natural del ensayo, la ingestión de fósforo de los pastos no es suficiente para cubrir los requerimientos de vacas de primera parición con servicio de otoño, lo que se manifestó por los bajos niveles de fósforo inorgánico en sangre durante la lactación, reduciendo las posibilidades de concebir un ternero en un segundo servicio otoñal. En esas condiciones fisiológicas de vacas secas y vacías, los animales se recuperan en la primavera y verano siguientes.

Cuando los bovinos beben agua altamente salina, las necesidades de oligoelementos se encuentran aumentadas. Además, cuando el agua contiene exceso de magnesio, hierro o aluminio, la absorción del fósforo se encuentra deprimida por precipitación de fosfatos en el tracto digestivo (Bavera et al, 1999). Por lo tanto, será necesario suplementar con fósforo y oligoelementos.

Pizzio et al (1990), en campo natural en la Prov. de Corrientes, con animales cruza cebú por Hereford, encontraron que con suplementación mineral con harina de hueso y sal se incrementó la ganancia anual de los novillos que pastoreaban en un 62 %. La ganancia de peso de los animales que consumieron harina de hueso y sal fue de 112 kg/nov./año contra 69 kg/nov./año de los animales sin suplemento mineral. Los animales chicos (8 a 20 meses) se mostraron más eficientes para aprovechar la suplementación mineral que los grandes (20 a 32 meses).

En otra especie, un caso muy demostrativo de la necesidad de suplementar con minerales es el del ciervo colorado (Cervus elaphus) que se cría en la Argentina desde hace varias décadas con fines de producción de carne y velvet y caza deportiva. Los trofeos deportivos se evalúan mediante un sistema internacional que se basa en la longitud, circunferencia y cantidad de puntas del asta, entre otras características. El desarrollo de las astas, que se renuevan anualmente, requiere de la acumulación rápida de tejido óseo y minerales. Con el fin de mejorar el valor de esos trofeos, el INTA Balcarce (2005) realizó una prueba de suplementación con minerales (P, Ca, Cu y Mg), vitaminas y proteínas durante 136 días desde el inicio del crecimiento de la cornamenta. Los animales que recibieron el suplemento produjeron cornamentas más pesadas (30,3 %), astas de mayor circunferencia (31,4 %) y más largas (4,8 %). En síntesis, alcanzaron un puntaje internacional superior (20,7 %) al de los no suplementados, lo cual implica un incremento de su valor económico.

CONCLUSIÓN

La suplementación mineral es necesaria para:

- Mejorar el funcionamiento del rumen, logrando mayor eficiencia en la utilización del forraje consumido y por lo tanto, mayor producción.
- Mejorar el funcionamiento reproductivo del rodeo.
- Evitar problemas clínicos y subclínicos que bajan la producción.

Ante la deficiencia o exceso de algún o algunos minerales en la alimentación del bovino, se presentan tres alternativas:

- Convivir con el problema, es decir, aceptar las pérdidas económicas que produce.
- Efectuar tratamientos curativos, en general de altos costos y poco efectivos.
- Prevenir la deficiencia o el exceso, lo más efectivo y económico de implementar.

Lo visto hasta el momento nos muestra que es, no solo necesario, sino imprescindible conocer las principales deficiencias o excesos minerales de cada campo y efectuar suplementación mineral a los animales a pastoreo. Prácticamente, todos los sistemas de producción bovina la necesitan en mayor o menor medida. Dicha suplementación es económica, sencilla de efectuar y reditúa marcados beneficios por el sensible aumento de la producción.

"La sal común se coloca haciendo un pequeño pozo y allí se echa para que pueda lamerla la hacienda y no se la lleve el agua.

Puede también emplearse, y la emplean algunos en otras partes, haciendo un montón de sal, cubriéndola completamente de paja, y prendiéndole fuego enseguida, á fin de que derretida la capa superior, forme una costra gruesa y quede así como un mogote de sal que no le hacen nada las lluvias".

Hernández, José. 1882. "Instrucción del Estanciero". Edit. Casavalle, Bs.As., :177.

CAPÍTULO VIII

MÉTODOS DE SUMINISTRO MINERAL AL GANADO EN PASTOREO

La elección del método de suministro mineral al ganado en pastoreo dependerá del tipo de deficiencia, de su gravedad y del sistema de manejo implementado en el establecimiento.

Los podemos clasificar en métodos directos e indirectos.

MÉTODOS INDIRECTOS

Entre los métodos indirectos, según se puede deducir de lo visto en capítulos anteriores, se encuentra el empleo de fertilizantes que contengan minerales, la alteración del pH del suelo y el cultivo de ciertas pasturas.

Underwood (l981) señala que el método indirecto para combatir la carencia de minerales presenta ciertos problemas debido a la complejidad de las interrelaciones entre el suelo, la pastura y los minerales; a dificultades causadas por condiciones climáticas indeseables y a los altos costos.

Por ejemplo, la fertilización con fósforo y selenio en los suelos altamente acidificados tienen un valor marginal debido a la baja absorción de estos minerales por las plantas. El encalado, que consiste en el uso de productos que aportan calcio para contrarrestar la acidez del suelo, eleva la absorción de minerales como el fósforo y otros que son retenidos en los suelos ácidos y mejora el agregado de las partículas existiendo así mejor aireación e intensificación de la actividad microbiana.

Cuando las condiciones climáticas y económicas son favorables, la aplicación de fertilizantes en el suelo constituye un medio eficaz de mejorar tanto el rendimiento como la composición mineral de las pasturas. Estudios australianos (Underwood, 1981) han demostrado que el fertilizante superfosfatado no solo aumenta el contenido de fósforo de las plantas, sino que también mejora su palatabilidad y digestibilidad.

Sin embargo, la dosis de fertilizante que asegura un adecuado crecimiento de la planta no significa necesariamente que el forraje va a cubrir los requerimientos del animal.

Mufarrege et al (1985), en Corrientes, aplicaron fertilizantes fosforados (P_2O_5) durante cuatro años en campo natural, comprobando que la acción del fertilizante aumentó el contenido de fósforo en la pastura, mejorando su composición botánica al aumentar la presencia de leguminosas nativas, lo que se tradujo en un aumento de la producción de carne. En el tipo de pastura del ensayo, el efecto del fósforo como fertilizante no

es inmediato, siendo necesario alcanzar un nivel de fósforo en suelo adecuado para que la respuesta se evidencie en aumentos importantes de la producción. La eficiencia media fue de 0,88 kg carne/kg P_2O_5.

Royo Pallares et al (1998) fertilizaron con fósforo pastizales naturales deficientes en el mismo en la provincia de Corrientes durante ocho años. Se obtuvo un 64,4 % más de pasto en los lotes fertilizados y un incremento de la ganancia de peso vivo de los novillos de 27 kg/nov/año en promedio de los ocho años. El efecto del año fue significativo, ya que la diferencia entre el año de mayor y el de menor ganancia fue de 46 kg/nov/año. La producción de carne aumentó con la carga y la fertilización. La eficiencia del fertilizante en la producción de carne fue de 3,28 kg de carne/ha/año por kg de P_2O_5 aplicado. Se concluye que el uso de la fertilización fosfórica será una tecnología que permitiría mejorar la perfomance de los vacunos en recría en el sur de la provincia de Corrientes.

La fertilización con potasio y urea puede provocar un descenso en la concentración de sodio y magnesio en el forraje, aumentando la probabilidad de hipomagnesemia. El encalado puede incrementar los niveles de selenio y molibdeno en las plantas y disminuir los del cobre y manganeso.

El empleo de sulfato de cobre a razón de 5 a 7 kg/ha eleva el nivel de cobre de las pasturas por varios años.

El mayor contenido mineral de los forrajes obtenido mediante la fertilización presenta también la ventaja de asegurar un consumo mas uniforme de minerales, al ingerir todos los animales mayores cantidades de estos en el forraje consumido.

Sin embargo, a menos que se produzca un aumento manifiesto y rentable de la producción de forraje que pueda ser aprovechado eficazmente por el ganado en pastoreo para el aumento de la producción de carne o leche por hectárea, el empleo para cubrir carencias minerales en los animales de fertilizantes que los contengan, resulta prohibitivo desde el punto de vista económico.

MÉTODOS DIRECTOS

Los métodos directos se pueden subdividir en obligados y ad libitum.

DIRECTOS OBLIGADOS

INYECTABLES:

Los reducidos requerimientos de los microelementos hace que, en algunos casos, su suplementación pueda realizarse por vía parenteral, con productos que posean una concentración adecuada del mineral deficiente y un efecto persistente. Solo se pueden emplear con algunos de los microelementos (cobre, cinc, selenio, yodo) y con ningún macroelemento (por el volumen de las necesidades diarias).

Los minerales inyectables pueden ser de absorción inmediata o preparados de absorción lenta para que su efecto se prolongue en el tiempo, o combinados.

Por lo general no son suplementos sino curativos, aunque hay productos comerciales que por su formulación de liberación lenta podrían ser calificados como suplementos, pero solo pueden ser considerados así los inyectables que contienen cobre y selenio, que por su liberación lenta requieren solo dos a tres dosis anuales. El resto de los minerales inyectables deben ser considerados como medicamentos para tratamientos, dada su corta acción y rápida eliminación.

Sin embargo, los minerales inyectables son un método de elección en animales muy carenciados en los que se necesita un aporte inmediato de uno o varios minerales.

Como regla general se considera que lo que entra por boca es más eficiente, porque los minerales no solo juegan un papel fundamental en el metabolismo animal sino también en el ambiente ruminal al mejorar la digestibilidad y aprovechamiento de los forrajes (Sager, 1994).

Son numerosos los trabajos realizados con minerales inyectables. Esto se debe en gran parte a la facilidad para experimentar con lotes tratados y testigos que se pueden manejar en un mismo potrero, a diferencia de cuando se quiere trabajar con minerales por vía bucal ad libitum.

Considerando la dosis mineral aplicada, es un método costoso que requiere mayor mano de obra que otros. La dosis de minerales inyectados en cada aplicación es baja, pudiendo alcanzar a cubrir los requerimientos totales, según el producto, desde menos de 30 días (Sager et al, 1995) hasta 60 días (Descarga et al, 1991) o 90 días (en animales de menos de 150 kg) o hasta 180 días (en animales de más de 180 kg) (Quiroga et al, 1995), lo cual es su principal inconveniente.

Para disminuir los movimientos del rodeo, se pueden inyectar simultáneamente con vacunas o antiparasitarios y combinarlos con mezclas minerales por vía oral ad libitum en forma permanente, lo que contribuye a mejorar la microflora y fauna del rumen.

Como ventaja los inyectables tienen el permitir conocer exactamente la dosis aplicada a cada uno de los animales.

Algunos preparados, por su composición y/o deficiente aplicación a campo, pueden producir abscesos o reacciones anafilácticas (Angelino, 1986).

Puede aplicarse una mezcla inyectable que contenga casi todos los minerales necesarios o solamente uno o dos de los cuales exista carencia (cobre; selenio; cobre y cobalto; cinc; cinc y cobre; etc.). En algunos casos conviene aplicar dos inyectables distintos (cobre; cinc) simultáneamente o separados por 30 o más días, y en otros adicionarle ciertas vitaminas (Vit. A, D y E; etc.).

Los inyectables que suplen la deficiencia de cobre, deben contener 50 a 200 miligramos de este mineral por dosis y ser de efecto prolongado y absorción lenta; con estos requisitos se puede esperar que su eficacia evite esta deficiencia por un lapso de dos a cuatro meses (Balbuena, 2003).

Pechin et al (1998 y 1999) han demostrado que el cobre inyectable tienen la misma eficacia que el administrado por boca ad libitum.

Corbellini (1998) indica que en las vacas secas y en las vaquillonas en servicio, los compuestos de cobre inyectables a base de glicinato de cobre o EDTA-cobre son efectivos.

Viejo (1994) indica que la subsecuente respuesta de los animales a los inyectables parenterales de complejos de cobre depende del déficit inicial de cobre en los tejidos y del contenido y disponibilidad de cobre y molibdeno en la dieta.

La aplicación de cobre inyectable ha llevado a que aumenten notablemente en los últimos años los casos de intoxicación aguda con Cu en terneros de la Cuenca del Salado (Costa, 2003). Al realizar suplementaciones con sales inyectables de Cu debemos conocer y tener algunas precauciones con el producto que estamos manejando porque puede matar: a) Cuando existen dudas sobre si un animal ya fue inyectado o no, es preferible dejarlo sin suplementar que arriesgarse a una doble dosificación; b) La dosis debe ajustarse al peso del animal según prospecto y c) El producto debe agitarse antes de cargarlo en la jeringa ya que las sales de Cu precipitan y se pueden inyectar cantidades tóxicas a algún animal (Fazzio et al).

Fiore (1999) considera que los inyectables con cinc no tienen tan buena respuesta como con otros elementos y aconseja la suplementación con cinc por vía oral. Sager (1995) indica que es casi imposible lograr aumentos estables de cinc en sangre con inyectables, a menos que se repitan las aplicaciones cada 15 o 20 días.

No se puede emplear el cobalto en inyectables, ya que es necesario su paso por el rumen para que se sintetice la vitamina B12.

No es posible la utilización de inyectables, ante carencias de macroelementos por la cantidad a administrar y la necesidad de hacerlo diariamente. Una excepción es la utilización en tratamientos con calcio, fósforo y/o magnesio cuando su aplicación es prescripta como medicamento en casos de animales caídos (hipocalcemia, hipofosforemia, hipomagnesemia).

En conclusión, solo se pueden emplear por vía inyectable con buen resultado algunos oligoelementos. Dentro de lo posible, emplearlos como dosis de ataque en casos clínicos que requieran una respuesta inmediata, y continuar el tratamiento preventivo con suplementación por boca.

BOLOS, BOLAS, BALAS, PÍLDORAS PESADAS O BULLETS:

Es un método que en cierta época tuvo gran predicamento. Consiste en minerales comprimidos con un inerte de disolución lenta, que administrado por vía bucal, debería quedar en redecilla hasta su disolución total, hecho que en un porcentaje de casos no ocurre. Además es caro, de administración engorrosa en rodeos grandes y sus resultados no son mejores que otros sistemas de administración oral.

Contreras et al (1990) experimentaron con balas de magnesio que son capaces de liberar aproximadamente 1 g de magnesio cada una al día durante 42 días, con recomendación del fabricante de emplear dos balas por vaca. No encontraron incremento de las concentraciones séricas de magnesio en vacas en lactancia. Hernández Hernández et al (1990) manifiestan que las bolas de magnesio ya no se utilizan, ya que además de la posibilidad de ser regurgitadas sólo logran liberar 1 g de magnesio por cada 100 g de comprimido.

Sanders (1990) indica que las balas de cobalto contienen óxido de cobalto incorporado a un denso polvo ferruginoso, que deben tener una gravedad específica de 4,5 a 5,5 para ser retenidas en el reticulorumen, pero allí algunas generan una cubierta de fosfato de calcio que disminuye la disponibilidad del cobalto. Blood y Radostits (1992) citan el empleo de balas de vidrio de eliminación controlada.

El empleo de píldoras ruminales pesadas constituidas por un 95 % de hierro finamente dividido y un 5 % de selenio elemental ha demostrado, según investigadores australianos, liberar suficiente selenio para mantener niveles adecuados en sangre durante varios meses y prevenir la aparición de la enfermedad de los músculos blancos en ovejas que consumen pasto deficiente en selenio (Sereno et al, 1999).

Ruksan et al (1998) manifiestan que la monensina inhibe la multiplicación de protozoos y ciertas bacterias encapsuladas en el rumen, disminuyendo la fermentación productora de gas y la viscosidad, inhibiendo la formación de espuma que podrían anular la capacidad del animal para eliminar gas y provocaría timpanismo. Además, aumentaría la asimilación de microelementos por el animal. Estos autores consideran que el tratamiento con cápsulas de monensina-selenio se presenta como muy alentador no solo por incrementar la ganancia de peso vivo, sino también para incrementar la fertilidad de vaquillonas, sobre todo las de entore precoz, en animales deficientes en selenio.

Blood y Radostits (1992) indican que en aproximadamente el 5 % de los animales las balas no se alojan en el retículo, y que en el 20 % de los casos son expulsadas durante el primer año que sigue a su administración, por lo que aconsejan que si no se obtiene respuesta, se debe repetir el tratamiento. Otra causa de fracaso que citan radica en que las balas se cubran de materiales calcáreos, especialmente si las aguas son muy ricas en minerales o si los pastos de hallan abonados en exceso.

MEZCLAS MINERALES PARA AGUA DE BEBIDA:

Si bien la suplementación mineral incorporada en el agua de bebida cumple los requisitos de ser por vía oral y por toma diaria, son varias, y cada una por sí sola descalificadora de este método, las razones por las que **no es aconsejable** emplearlo:

- Si el animal bebe agua con un mineral que excede sus necesidades, debe eliminar el excedente por riñón, para lo cual necesita mayor cantidad de agua de bebida, pero no puede utilizar esa capacidad del riñón porque un mayor consumo de agua va acompañado de una nueva ingesta del mineral.
- El consumo de agua por parte de los animales es muy variable, con numerosos factores que lo afectan (Bavera, 2001), por lo que ignoramos que cantidad de minerales ingiere cada animal, ya que la misma está subordinada a las necesidades de agua del animal en ese día y no a las necesidades de minerales. Hay momentos en que el animal ingiere agua de bebida en valores muy superiores al promedio, como por

ejemplo, con altas temperaturas en pasturas secas, y otros, como ser en verdeos tiernos en invierno, en que solo consumen 3 o 4 litros de agua de bebida por día. Por ello, la suplementación mineral será muy irregular, con algunas épocas en las que consumirán minerales en exceso y otras en déficit.

- Con ciertos minerales hay posibilidad de toxicidad por un mayor consumo de agua y por ende, del elemento.
- En épocas de lluvia los animales pueden beber agua de charcos y lagunas formadas temporalmente, con lo cual no ingerirán la suplementación mineral.
- En campos de aguadas naturales es un método imposible de utilizar (agua corriente, varias aguadas imposibles de cerrar, volumen de las aguadas, etc.).
- Algunos de los productos que se comercializan para disolver en el agua de bebida contienen compuestos poco o nada solubles, y por lo tanto, por esta vía de administración el animal no los ingiere. Esto es comprobable observando el fondo de los tanques, donde estos minerales insolubles se depositan. Es decir, el productor ha gastado de buena fe en algo inútil.
- Otros productos comerciales que sí son totalmente solubles, tienen un precio excesivamente elevado comparados con el mineral que aportan, por lo cual no es económico emplearlos.
- Es difícil conseguir una disolución constante y estable en el tiempo. Por lo tanto, los animales pueden estar recibiendo mucho de algún mineral en un momento y nada de otro en el mismo (Sager, 1998).
- La solubilidad de las sales de las mezclas minerales no son iguales, por lo que es muy difícil mantener la concentración adecuada de todas las sales en el agua.
- Algunos de estos productos solubles reaccionan con las sales contenidas naturalmente en el agua, transformándose en sales insolubles que precipitan, no aprovechándose por el animal.
- El dosaje en el tanque depósito debería hacerse diariamente de acuerdo al volumen de agua que el molino o bomba aporta al mismo. Surge para su valoración el inconveniente del cálculo de lo consumido por los animales y lo evaporado. Por lo tanto, es imposible efectuar un dosaje aproximadamente exacto, aun empleando dosificadores especiales de alta precisión.
- Un exceso de suplemento mineral en el agua puede limitar el consumo de agua de bebida.
- Blood et al (1983) no aconsejan la adición de sales de cobre al agua de bebida, ya que la solución ataca las cañerías, y además es difícil de conservar la concentración adecuada del metal en los grandes depósitos de agua.
- Blood y Radostits (1992) indican que el agregado de productos químicos conteniendo fósforo a las aguas de los tanques puede estimular en forma anómala el crecimiento de algas.
- Muchos productores, inadvertidos de estos problemas, se encandilan con la propaganda y argumentos de venta efectuada por algunos fabricantes y vendedores, tales como extensas fórmulas con variados minerales, supuesta prolongada duración del producto en el agua, facilidad de administración, precios irrisorios comparados con otros suplementos minerales, etc.

Fiore (1999a) aconseja que en los sistemas pastoriles y fundamentalmente donde las aguas no son buenas, una vía es la de administrar selenio por medio del agua de bebida, aportando el elemento al tanque con dosificadores exactos y muy confiables. El mismo autor aconseja que en todos los casos debe ser evaluado por un especialista el aporte a suplementar, teniendo en cuenta: a) el aporte de la dieta; b) el nivel de interferencia por azufre, arsénico, mercurio y cadmio y c) la toxicidad relativa. Como hemos manifestado anteriormente, nosotros no estamos de acuerdo con esta vía de administración, y el mismo Fiore hace referencias a algunos problemas, como los dosificadores, las interferencias y la toxicidad.

En resumen, aún cuando algunos autores lo aconsejan (Arano, 1985; Bonel y Ayub, 1985; Fiore, 1999a), es un método de suministro de suplementación mineral muy irregular, no fisiológico, con pérdidas posibles de algunos elementos, con posibilidades de toxicidad en algunos casos, oneroso para el productor referido a los beneficios que los animales obtienen y, por otra parte, carece de sentido emplear el agua como portadora de minerales cuando con mayor criterio fisiológico, eficacia, seguridad y economía se puede emplear el suministro de una suplementación dietética mineral completa ad libitum en saladeros.

ESPOLVOREO O PULVERIZACIÓN DE LA PASTURA:

Hernández Hernández et al (1990) indican que para prevenir la hipomagnesemia se puede utilizar polvo calcinado de magnesita a razón de 17 kg/ha una semana antes de que entre el ganado al potrero. Si se deja mucho tiempo el ganado en el mismo, se utilizarán 34 kg/ha. Si los pastos tienen una altura menor a los 10 cm o si se utiliza magnesita granulada no pulverizada, será de poca utilidad, ya que el compuesto cae al piso y no es ingerido por los animales. La magnesita calcinada es un polvo blanco que contiene óxido de magnesio no muy palatable.

Cseh (1994) propone la pulverización del forraje sobre pasto de más de 10 cm de altura con óxido de magnesio en polvo o disuelto en agua a razón de 25 a 30 kg/ha, repetido cada 2 a 3 semanas durante el período de riesgo de hipomagnesemia.

Consideramos que en algunos casos puede ser un método de elección.

RACIONES CON MEZCLAS MINERALES INCORPORADAS:

Para muchos tipos de ganado, entre ellos el porcino, las aves, las vacas lecheras, el bovino en corrales de engorde y los bovinos en pastoreo con suplementación de granos, los suplementos minerales se incorporan en las raciones, lo que asegura un suministro uniforme y eficaz de los minerales necesarios, con la ventaja de una mayor exactitud para cubrir los requerimientos si se toman los recaudos necesarios (conocimiento del peso del animal, de las ganancias diarias de peso, de la producción diaria de leche, del contenido mineral de la ración, de los pastos y del agua, etc.).

De acuerdo a la categoría de animal y estado fisiológico, y a la calidad de la mezcla mineral, se deberá agregar entre 50 y 300 g de la misma por día por animal. Con 3 a 4 kg de concentrado, se puede lograr un consumo de hasta unos 300 g/día del suplemento mineral.

DIRECTOS AD LIBITUM

Los **métodos directos ad libitum, de libre elección o consumo voluntario (saladeros, saleros, salegares)** tienen como principal problema que algunos animales consumen cantidades excesivas o insuficientes de suplemento mineral. Pero para el ganado en régimen de pastoreo, en el que no es económico suministrar raciones concentradas, no existe ningún otro método práctico mejor para satisfacer sus necesidades minerales.

Esta práctica de suministrar minerales a los rumiantes mediante el sistema de consumo voluntario se emplea desde la antigüedad, y se basa en el supuesto de que los animales ingieren los minerales que necesitan y en cantidad suficiente.

Es erróneo suponer que el consumo fácil de una mezcla mineral constituye una expresión de una necesidad real de los minerales que contiene la mezcla, o por el contrario, que la falta de consumo de dicha mezcla constituye una indicación de que no son precisos los minerales suplementados (Sager, 1994)

Arnold (1964) señaló que existen en la literatura suficientes pruebas de que la mayoría de los mamíferos tienen poco instinto nutricional, prefiriendo una dieta sabrosa, aunque de mala calidad, a otra nutritiva, pero poco palatable, incluso hasta el punto de morir por desnutrición. El NRC (1984) señala que aparte de la sal común, aparentemente los animales no tendrían habilidad para discernir sus necesidades minerales.

Por lo tanto, para obtener un consumo voluntario adecuado, es necesario que la mezcla mineral posea, además de calidad, una buena palatabilidad (ver capítulo IX).

La presentación física de las mezclas minerales en el comercio y su forma de administración ad libitum son varias, y es importante tenerlas en cuenta no solo por su palatabilidad, sino también por el consumo posible debido a su presentación física:

SAL DE ROCA:

Extraída de canteras, generalmente son piedras de sal de distinto tamaño y peso y forma irregular, aunque a veces se trabajan dándoles forma regular como panes o placas gruesas. Están compuestas principalmente por cloruro de sodio y otros minerales en muy pequeñas cantidades, que varían de acuerdo a la cantera de donde se extrajo. En la práctica, solo aporta cloruro de sodio. Su dureza hace que el lamido del bovino la desgaste muy lentamente y el consumo sea mínimo, insuficiente para sus necesidades.

Figura 8.1.- Sal de roca con huecos producidos por el lento desgaste al ser lamida por el ganado.

PANES O PIEDRAS DE SAL:

Son panes de sal prensada a altas presiones. Están compuestos en un 95 a 99 % por cloruro de sodio.

Los de 20 kg de peso, los más comunes, pueden tener en una de sus bases un hueco cónico efectuado por la prensa que se emplea para colocarlos en la punta de un palo para el lamido de los animales. Generalmente este sistema no se utiliza, pues con el desgaste la piedra se rompe y cae. Por lo tanto, se coloca directamente en una batea o en el suelo.

Se comercializan varias calidades de este tipo de panes, que son los llamados naturales (de cloruro de sodio solamente), azufrados, tricálcicos, yodados y mineralizados. Los últimos poseen azufre, calcio, yodo o minerales que no sean cloruro de sodio respectivamente, pero en tan reducida proporción (aproximadamente 1 %) que en la práctica también deben considerarse de cloruro de sodio únicamente.

Existe otra calidad de panes de sal, generalmente de 40 kg, que tienen menos cohesión, con un porcentaje algo mayor de minerales que no son cloruro de sodio y que han sido prensados a menor presión. Otro tipo de panes son de 12 y de 24 kg, algunos con agregado de levaduras, proteína y/o urea. Algunos panes tienen agregado algún antiparasitario interno, que resulta de poca o nula utilidad.

El productor está muy acostumbrado a suministrar panes de sal. Son baratos (caros si se tiene en cuenta su composición) y a veces se emplean por su facilidad para manipularlos y porque "duran mucho", justamente uno de sus mayores inconvenientes, ya que el animal no puede consumir lo que requiere. El consumo generalmente no es mayor de 2 a 5 g/día. Por otra parte, en zonas de grandes heladas, el epitelio lingual puede dañarse.

En resumen, la sal de roca y los panes de sal solamente aportan cloruro de sodio en reducidas cantidades. No es posible por intermedio de ellos aportar en las cantidades requeridas otros minerales necesarios, como fósforo, calcio, magnesio y minerales traza.

Figura 8.2.- Novillito lamiendo un pan de sal

PANES O BLOQUES DE MINERALES CON MELAZA:

Los bloques formados por melaza deshidratada (bloques o panes dulces) como fuente energética y estimulante del consumo pueden tener agregada una mezcla mineral adecuada tanto en su calidad como en su cantidad de acuerdo al consumo pronosticado. Son muy útiles en zonas de aguas salinas, donde la hacienda no consume la mezcla mineral con cloruro de sodio.

Estos bloques pueden tener el agregado de nitrógeno no proteico (NNP), empleándose con buenos resultados como suplementación estratégica en rodeos de cría en invierno pastoreando rastrojos y pasturas diferidas (ver capítulo XVI).

LAMEDEROS ROTATORIOS CON MELAZA:

El lamedero consiste en un tambor que rota sobre un eje horizontal dentro de un recipiente. El recipiente contiene la mezcla líquida y el tambor rotativo, que se encuentra parcialmente sumergido en ella, se moja con la misma y de allí la lamen los animales. Al lamer los animales hacen girar el tambor, por lo que es conveniente colocar el lamedero sobre un alambre divisorio, de manera que los animales puedan lamer de un solo lado e impulsen el giro todos en la misma dirección. Las extremidades de los tambores deben tener perforaciones amplias para aprovechar al máximo la capacidad de almacenamiento. Los tambores deben girar lo más cerca posible del fondo del recipiente para aprovechar la totalidad de la mezcla. Los espacios entre el tambor y el recipiente deben ser reducidos, de manera que los animales no puedan beber la mezcla, sino sólo lamerla sobre el tambor.

Otro sistema es una batea que para evitar posibles consumos exagerados por los animales, posee una rejilla de madera que flota sobre la superficie de la mezcla. De esta manera el animal tampoco puede beber la mezcla, sino solo lamerla.

Este sistema tiene el inconveniente de que se pueden emplear únicamente portadores de los minerales de alta solubilidad, que se deben disolver en una solución en partes iguales de melaza y agua. La concentración de la mezcla mineral deberá establecerse de acuerdo al consumo que efectúen los animales en el lamedero.

El sistema es de gran utilidad cuando se desea administrar urea junto con la mezcla mineral (ver capítulo XVI).

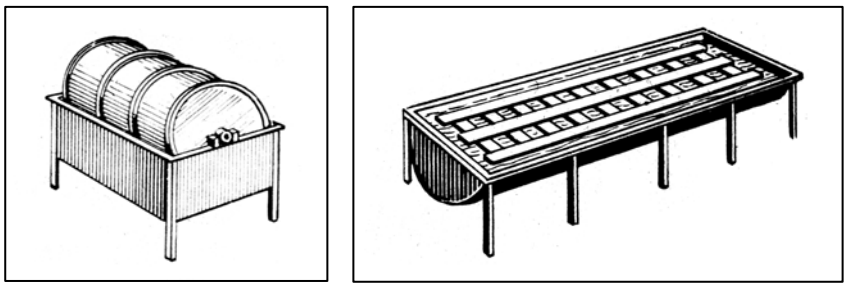


Figura 8.3.- Bateas con tambor giratorio y con rejilla de madera flotante

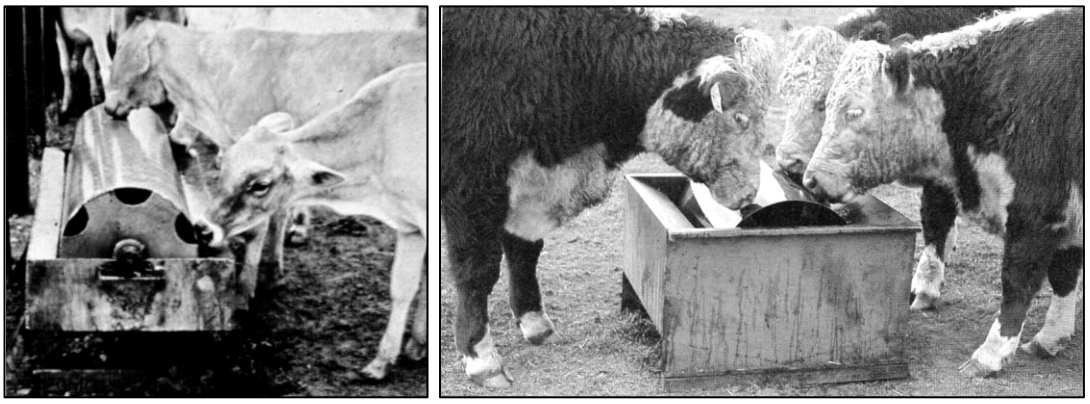


Figura 8.4.- Lamederos con melaza diluida en agua, con sales minerales solubles, con o sin urea. Observar las aberturas en los laterales del tambor giratorio para aprovechar toda la capacidad de la batea (López Londoño, 1975).

MEZCLAS MINERALES MOLIDAS CON SAL:

Es el **sistema más utilizados, económico y práctico** para los animales en pastoreo, ya que permite la suplementación mineral con los elementos mayores y menores en cantidades suficientes a los requerimientos de los animales. Puede utilizarse ante cualquier tipo de deficiencia, siendo casi insustituible ante carencias de macroelementos.

El bovino puede consumir la cantidad que su gusto le indique de una mezcla palatable en base a cloruro de sodio, empleado como portador de los otros minerales que se desea administrar.

El suministro se efectúa en saladeros o bateas En todos los casos en que sea posible, es el método de administración de elección por lo práctico y económico.

Si la mezcla mineral a emplear es un concentrado de minerales sin cloruro de sodio (o con una reducida cantidad), y que según las indicaciones del fabricante hay que mezclar con sal en determinada proporción, es muy importante que el productor se atenga a dichas instrucciones, ya que hay una tendencia a aumentar la dilución por supuestas razones de economía, con lo cual la mezcla mineral pierde efectividad, pudiendo llegar a ser totalmente ineficaz.

También convendría efectuar un cálculo de la dilución con que debe emplearse la mezcla mineral concentrada comercial, pues algunos fabricantes, con el fin que su producto aparente ser más económico, aconsejan diluciones con cloruro de sodio superiores a lo correcto.

MEZCLAS MINERALES MOLIDAS CON SAL Y GRANOS O MELAZA:

Cuando las aguas de bebida tienen un alto tenor salino (más de 4 g/l) y los animales no ingieren voluntariamente las mezclas minerales puestas a su alcance, una forma de suplementar con minerales es a

través de ración en pequeñas cantidades (generalmente granos molidos), melaza deshidratada, levaduras en escamas, semitín, cáscara de arroz, etc., para atraer el consumo, con la mezcla mineral molida incorporada y el agregado de cantidades reducidas y variables, según necesidad que se comprueba únicamente en la práctica, de cloruro de sodio como regulador del consumo.

En general, el agregado de grano o melaza deshidratada es necesario cuando se comprueba que los animales no están consumiendo o consumen menos suplemento mineral que el requerido. La cantidad de ración y/o melaza y de cloruro de sodio a emplear no es posible determinarla anticipadamente, sino que se debe graduar a campo de acuerdo a lo que ingieran los animales y al consumo que se desee de la mezcla mineral.

Es el método de elección cuando se realiza suplementación mineral nitrogenada estratégica (con urea) en pasturas diferidas (ver capítulo XVI).

Figura 8.5.- Vaquillonas consumiendo suplemento mineral en un salero construido con 1/3 de goma de tractor sobre postes (Tilisarao, San Luis). Figura 8.6.- Salero construido con medio tambor de 200 litros con techo de chapa.

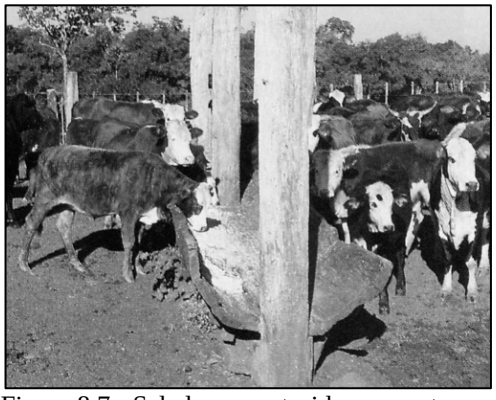
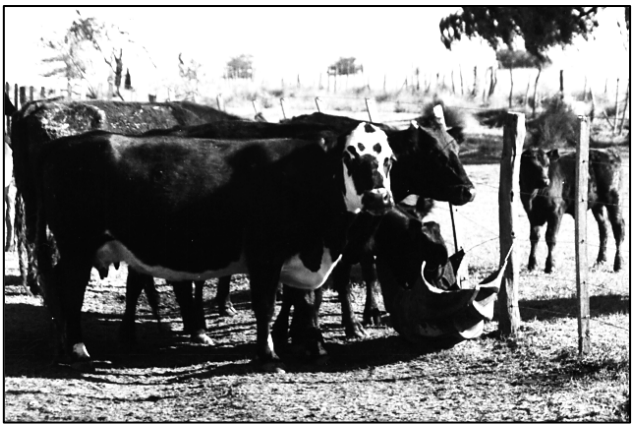


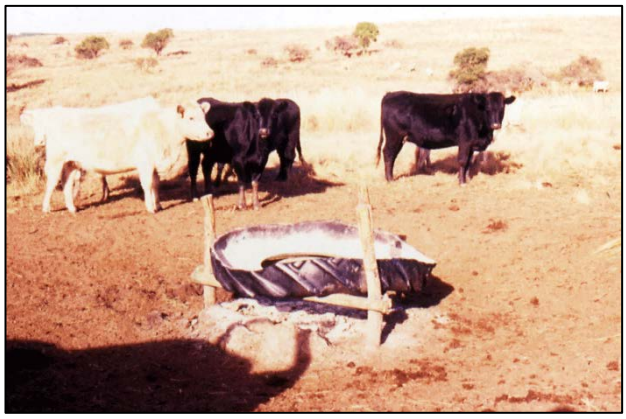
Figura 8.7.- Saladero construido con un tronco ahuecado (Misiones). Figura 8.8.- Saladero construido con un tronco ahuecado; atrás, escamoteador construido con alambrado; todo el frente es para el paso de los teneros, con troncos de eucaliptos para impedir la entrada de las vacas (Entre Ríos).

Figura 8.9.- Pileta de cemento empleada como saladero colocada sobre zona de piedra (Papagayos, San Luis).

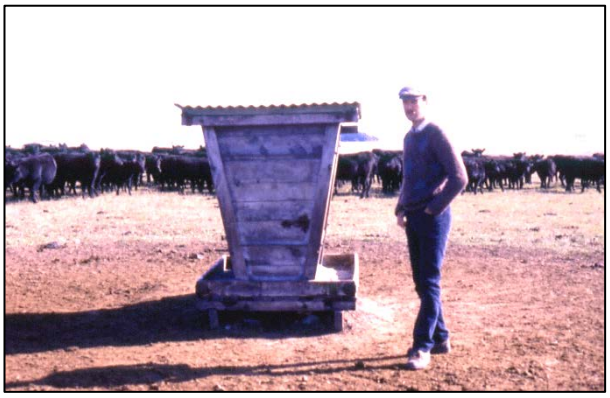


Figuras 8.10 y 8.11.- Saladeros 1/3 goma tractor. No se corroen, pero deben ser fijados a un alambrado o al suelo por medios postes. No son móviles.

Figura 8.12.- Saladero construido con medio tambor de 200 litros; no es aconsejable pues se corroe rápido.
Figura 8.13.- Saladero plástico con protector contra viento y giratorio a favor del mismo.



Figuras 8.14 y 8.15.- Saladeros con media goma de tractor cortada sagitalmente. No se corroen. Conviene cerrar el centro con una madera. No es imprescindible fijarlos al suelo, aunque conviene elevarlos. Observe la zona de sacrificio (sin pastura permanentemente) alrededor de los saladeros, una de las razones por las cuales conviene que sean móviles. Observe también en la foto 8.15 a un animal con las manos dentro del saladero y abundante suplemento volcado fuera del mismo.



Figuras 8.16 y 8.17.- Saladeros con tolva y techo. El primero, de madera, tiene mayor duración que el segundo, de chapa. En ambos observe la zona de sacrificio de la pastura. Conviene montarlos sobre patines para trasladarlos.

"Es innegable la utilidad de la sal para la salud, buen engorde y desarrollo de la hacienda vacuna, caballar y lanar".
"La sal gusta a todos los animales".

Hernández, José. 1882. "Instrucción del Estanciero". Edit. Casavalle, Bs.As., :36; 177.

CAPÍTULO IX

CONSUMO DEL SUPLEMENTO MINERAL

INTRODUCCIÓN

La EEA Mercedes (Corrientes) del INTA (1979) midió el consumo de una mezcla mineral de harina de hueso y sal en partes iguales en vaquillonas y novillos, en condiciones de pastoreo continuo en campo natural y con una carga de 0,7 a 0,9 animales/ha. El consumo fue ad libitum y los animales de raza Hereford y cruza cebú, con los siguientes resultados:

Cuadro 9.1.-

Categoría		Consumo promedio anual
Novillos	8-20 meses	56 g/día
Novillos	20-30 meses	102 g/día
Vaquillonas	14-16 meses	142 g/día

Las diferencias entre los consumos de las vaquillonas y de los novillos no fueron atribuidos al sexo, sino a diferencias entre los potreros donde se efectuaron los ensayos.

En otra experiencia realizada por la EEA Saenz Peña (Chaco) del INTA, se encontró que el consumo fue de 20 g/día promedio anual.

Hofer y Monje (1985) informan que en la EEA Concepción del Uruguay (Entre Ríos), el consumo voluntario de suplemento mineral evidenció una marcada estacionalidad. Los registros muestran promedios por animal y por día de 59 g para los meses de junio a agosto y 33 g desde septiembre a noviembre inclusive, con promedios mínimos mensuales de 19 g/día/animal. Estas diferencias pueden valorarse en función de la distinta concentración de fósforo en el forraje (favorable en el período de primavera), y de los mayores requerimientos demandados por la lactancia.

Arias et al (1985a) en la zona de la EEA Corrientes, con harina de hueso y sal en partes iguales ad libitum durante todo el año, citan un consumo variable según época entre 25 y 50 g/cabeza/día, llegándose en algunos casos hasta 100 g/cabeza/día en períodos cortos.

Mufarrege et al (1985) encontraron que el consumo de una mezcla de harina de hueso y sal por partes iguales se encontraba en unos 70-80 g/día en la jurisdicción de la EEA Mercedes (Corrientes).

También en la provincia de Corrientes, calculan el siguiente consumo:

Cuadro 9.2.- Consumo probable de mezcla mineral por bovinos y ovinos en campos naturales de la región oriental de la provincia de Corrientes. Mezcla 50 % de harina de hueso y 50 % de sal (Adapt. de Mufarrege et al, 1992 y Mufarrege, 2005).

Categoría	Consumo					
	Mezcla g/día	H. de huesos kg/año	Fósforo g/día	Sal kg/año	Mezcla kg/año	Sodio g/día
Vaca con cría	78	15	5	15	30	15,6
Vaquillona	57	11	4	11	22	11,4
Toros	100	---	6	---	40	---
Oveja con cría	7,4	1,5	0,5	1,5	3	1,48
Borrega	4,2	0,8	0,4	0,8	1,6	0,84
Equinos	100	---	6	---	40	---

Coppo et al (1992) indican que la harina de huesos al ser administrada ad libitum todo el año genera un consumo promedio de 15-25 g/animal/día.

Los mismos autores indican que en el NEA la forma usual de prevención de la deficiencia de sodio es la suplementación con sal común todo el año, lo que genera un consumo promedio de la misma de 15 a 25 g/animal/día. Esta suplementación habitualmente se efectúa conjuntamente con la de harina de hueso en una mezcla en partes iguales.

Peregó (1996) presenta el siguiente cuadro:

Cuadro 9.3.- Consumo de suplemento mineral (harina de hueso y sal) de novillos en pastoreo de forrajeras cultivadas en la zona de Monte (Misiones). Promedio de 3 años (Peregó, 1996).

Pastura	Consumo diario g/animal/día	Consumo anual kg/animal/año
Pasto Estrella	54,0	20,0
Pasto Bermuda Común	56,0	20,5
Pasto Estrella + Leucaena	56,3	20,5
Pasto Bermuda + Leucaena	55,7	20,0
Leucaena	74,3	27,0

En este cuadro se puede observar que en la zona, para la categoría novillo, los consumos son muy semejantes, excepto cuando los animales pastorean Leucaena como único alimento, en donde se aprecia un considerable aumento del consumo de la mezcla mineral. Esta diferencia se debe a las mayores necesidades de sal suplementaria de los animales, ya que Leucaena en este área es deficiente en sodio.

Es evidente que hay distintos factores que influyen en el consumo voluntario o ad libitum de las mezclas minerales, que pueden ser resumidos de la siguiente manera:

FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DEL SUPLEMENTO MINERAL

TIPOS DE SUELOS Y PASTURAS

Por lo general, mientras más alto sea el nivel de fertilidad del suelo, más bajo será el consumo de minerales.

El ganado que se alimenta con pastos de mala calidad, diferidos o sometidos a un pastoreo excesivo, consume más suplementos minerales que cuanto el pasto está en su punto óptimo de aprovechamiento.

En general, cuando los animales pastorean leguminosas consumen menos suplemento mineral que cuando pastorean gramíneas.

SUPLEMENTOS ENERGÉTICO-PROTEÍNICOS

El tipo y la cantidad de los suplementos energético-proteínicos suministrados influye en la ingestión de minerales por su contenido en ellos, pudiendo reducirse tanto la necesidad como el deseo de una ingestión voluntaria de minerales ad libitum.

Cuadro 9.4.- Algunos minerales en alimentos energéticos sobre base MS en Argentina.
(extractado de Jaurena et al, 1994)

Mineral	Unidad	Media	Mínimo	Máximo	NRC
GRANOS					
Avena (Avena sp); grano					
Calcio	%	0,11	0,01	0,32	0,07
Fósforo	%	0,30	0,12	0,41	0,38
Magnesio	%	0,12	0,08	0,19	0,14
Manganeso	ppm	40,84	27,00	64,80	42,00
Hierro	ppm	73,36	29,00	244,00	85,00
Cobre	ppm	4,44	2,10	9,90	7,00
Cebada (Hordeum sp); grano.					
Calcio	%	0,07	0,04	0,12	0,05
Fósforo	%	0,36	0,32	0,42	0,38
Magnesio	%	0,12	0,06	0,15	0,15
Maíz (Zea maiz); grano.					
Calcio	%	0,04	0,01	0,09	0,02
Fósforo	%	0,30	0,15	0,43	0,35
Magnesio	%	0,10	0,06	0,16	0,13
Manganeso	ppm	5,65	2,30	9,00	6,00
Hierro	ppm	60,00	40,00	80,00	26,00
Sorgo (Sorghum sp); grano.					
Calcio	%	0,02	0,01	0,05	0,04
Fósforo	%	0,30	0,23	0,45	0,33
Magnesio	%	0,11	0,09	0,13	0,18

Trigo (Triticum sp); grano.					
Calcio	%	0,05	0,02	0,07	0,04
Fósforo	%	0,39	0,28	0,45	0,42
SUBPRODUCTOS					
Arroz (Oriza sativa); afrechillo.					
Calcio	%	0,09	0,06	0,17	0,08
Fósforo	%	1,62	0,79	2,26	1,70
Avena (Avena sp); harina.					
Calcio	%	0,13	---	---	0,16
Fósforo	%	0,44	---	---	0,39
Avena (Avena sp); pelada					
Calcio	%	0,09	---	---	0,08
Fósforo	%	0,32	---	---	0,48
Magnesio	%	0,10	---	---	---
Avena (Avena sp); rebacillo.					
Calcio	%	0,14	0,07	0,19	0,15
Fósforo	%	0,19	0,09	0,45	0,15
Magnesio	%	0,08	0,08	0,09	0,09
Maíz (Zea maiz); rebacillo.					
Calcio	%	0,04	0,01	0,08	---
Fósforo	%	0,32	0,26	0,39	---
Trigo (Triticum sp); afrechillo.					
Calcio	%	0,16	0,04	0,26	0,13
Fósforo	%	1,22	0,39	1,71	1,38
Magnesio	%	0,46	0,12	0,70	0,60
Manganeso	ppm	137,00	109,60	160,50	125,00
Hierro	ppm	192,70	111,10	259,80	128,00
Cobre	ppm	13,00	---	---	14,00
Cinc	ppm	94,60	---	---	128,00

Cuadro 9.5.- Algunos minerales en alimentos proteicos sobre base MS en Argentina.
(Extract. de Jaurena et al, 1994).

Mineral	Unidad	Media	Mínimo	Máximo	NRC
Algodón (Gossypium hirsutum); semilla.					
Calcio	%	0,30	0,10	1,12	0,16
Fósforo	%	0,58	0,30	0,84	0,75
Magnesio	%	0,33	0,18	0,44	0,35
Girasol (Helianthus annus); semilla.					
Calcio	%	0,23	0,18	0,37	---
Fósforo	%	0,70	---	---	---
Soja (Glycine max); poroto.					
Calcio	%	0,25	0,16	0,34	0,27
Fósforo	%	0,56	0,37	0,65	0,65
Magnesio	%	0,22	---	---	0,29
Algodón (Gossypium hirsutum); expeller.					

Calcio	%	0,69	---	---	0,20
Fósforo	%	1,66	---	---	1,04
Magnesio	%	0,77	---	---	0,52
Algodón (Gossypium hirsutum); pellet.					
Calcio	%	0,33	0,24	0,50	0,21
Fósforo	%	1,19	1,00	1,44	0,97
Magnesio	%	0,61	0,56	0,66	0,57
Cebada (Hordeum sp); hez de malta.					
Calcio	%	0,37	---	---	0,33
Fósforo	%	0,66	---	---	0,55
Cebada (Hordeum sp); raicilla.					
Calcio	%	0,13	0,09	0,27	0,33
Fósforo	%	0,69	0,44	1,23	0,55
Girasol (Helliantus annus); expeller.					
Calcio	%	0,48	---	---	---
Fósforo	%	0,69	---	---	---
Magnesio	%	0,37	---	---	---
Girasol (Helliantus annus); pellet					
Calcio	%	0,52	0,37	0,75	0,23
Fósforo	%	1,25	1,02	1,53	1,03
Magnesio	%	0,76	0,72	0,84	0,75
Soja (Glycine max); pellet.					
Ca	%	0,43	0,26	1,56	0,33
Fósforo	%	0,77	0,61	0,92	0,71
Magnesio	%	0,29	0,24	0,32	0,30
Hierro	Ppm	---	29,00	244,00	85,00
Cobre	Ppm	---	2,10	9,90	7,00
Sojilla					
Calcio	%	0,47	0,29	0,59	---
Fósforo	%	0,59	0,54	0,63	---
Magnesio	%	0,26	0,23	0,28	---

Jaurena et al (1994), en base a los cuadros anteriores, nos indican que, en términos generales, nuestros granos tienen un mayor contenido de calcio y menor contenido de fósforo y magnesio que los similares indicados en el NRC 1982.

ÉPOCA DEL AÑO Y CLIMA

La época del año influye en el crecimiento y estado de las pasturas, y por lo tanto, en el contenido de minerales de la dieta, lo que lleva a una variación en el consumo voluntario de las mezclas minerales.

Renolfi et al (1985) informan que en Santiago del Estero, la época de mayor consumo de suplemento mineral es el otoño, disminuyendo luego a lo largo del año. En Entre Ríos, Hofer et al (1985b) encontraron que el mayor consumo se produce en invierno y el menor en primavera. En la zona de Río Cuarto, la sierra de Comechingones y la provincia de San Luis el consumo también es mayor en invierno y menor en primavera.

ESTADO PRODUCTIVO DEL ANIMAL

El índice de crecimiento y desarrollo, la gestación, la parición y la producción de leche influyen en las necesidades minerales, y por lo tanto, en el consumo voluntario.

EDAD

En el animal jóven, el consumo aumenta con la edad, debido a que a medida que se desarrolla y crece, las necesidades en cantidad de todos los alimentos son mayores, pero con el paso de los años, a medida que el ganado adulto envejece, el consumo voluntario de elementos minerales tiende a disminuir.

INDIVIDUALIDAD

Copock et al (1972) midieron el consumo individual de fosfato dicálcico en vacas lecheras en lactación durante 22 semanas. Las variaciones individuales del consumo diario fueron considerables, fluctuando de 0 a 1.000 g.

CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA

El ganado tiene un deseo natural de ingerir sal, pero si el mismo se satisface mediante el contenido alto de sales del agua de bebida, los animales en pastoreo reducirán o suprimirán el consumo voluntario de mezclas minerales basadas en sal. En estos casos se deberá disminuir paulatinamente la sal de la mezcla mineral e ir agregando otros estimulantes de la ingestión, como ser reducidas cantidades de suplementos energético-proteínicos altamente palatables (granos molidos, melaza, etc.) hasta dar con la proporción adecuada para que consuman el suplemento mineral en la cantidad diaria deseada.

Por el contrario, con aguas de bebida deficientes en sales (menos de 1 g/l), el consumo de las mezclas minerales se ve fuertemente aumentado ("hambre de sal")(Bavera et al, 1979 y 1999).

CONSUMO RECIENTE DE SUPLEMENTO MINERAL Y/O DEFICIENCIAS QUE POSEA EL ANIMAL

La dieta o el acceso reciente a suplementos minerales influyen sobre el consumo a corto plazo de los mismos. Cuando los animales permanecen ciertos períodos sin acceso a mezclas minerales, pueden desarrollar un deseo tal de ingestión que llegan a consumir diariamente hasta 10 ó 20 veces más minerales que las cantidades normales, hasta que su apetito por ellos se vea saciado. Esto también ocurre cuando se suministra por primera vez un suplemento mineral a animales con elevadas carencias.

En estos casos hay que controlar el consumo colocando al alcance de los animales cantidades reducidas del suplemento mineral y haciendo rotar los animales que se acercan al saladero hasta que se estabilice el consumo para evitar intoxicaciones por ingestión excesiva que pueden llevar a la muerte del animal.

PALATABILIDAD DE LA MEZCLA MINERAL

La palatabilidad de la mezcla mineral afecta el consumo. Si la mezcla no es suficientemente palatable el ganado no consumirá cantidades adecuadas para satisfacer sus necesidades o directamente no la consumirá. A la inversa, si la mezcla mineral es demasiado palatable, el ganado puede consumir en exceso y desarrollar un desbalance mineral.

Coppock et al (1972 y 1976) realizaron experimentos con vacas lecheras en lactación para determinar si consumían suficiente fosfáto dicálcico para satisfacer sus necesidades de calcio y fósforo. En condiciones de ingestión baja de calcio o fósforo, las vacas no consumieron por su propia elección suficiente fosfáto dicálcico para atender sus necesidades o subsanar sus carencias. Se llegó a la conclusión que las vacas lecheras en lactación no apreciaban en absoluto el calcio o el fósforo.

Hutjens y Young (1976) y Muller et al (1977) examinaron el sistema de consumo ad libitum con saladeros donde se ofrecían diez o más minerales y vitaminas por separado. La conclusión fue que las vacas lecheras no consumían suficientes cantidades de minerales para satisfacer sus necesidades, y que la ingesta voluntaria dependía más de la palatabilidad que del apetito o del deseo intenso de minerales.

El ganado no siente un deseo especial por la mayoría de los minerales, excepto por la sal común. Por lo tanto, debido a su palatabilidad, el cloruro de sodio es un valioso portador de otros minerales. Una mezcla de 25 % a 50 % de sal se consumirá en general voluntariamente en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades suplementarias de otros minerales. En caso necesario, se puede emplear melaza de caña, granos molidos, harina de semilla de algodón, etc. para hacer más palatable una mezcla mineral.

La **melaza o miel final** es el efluente final obtenido en la preparación de azúcar por cristalización reiterada. Es un jarabe residual del cual no se puede extraer sacarosa por medios sencillos. Las características más importantes como forraje son su riqueza en hidratos de carbono, principalmente azúcares, su bajo contenido en proteínas, alto contenido en minerales pero bajos niveles de calcio y fósforo. Posee un elevado nivel de potasio que le confiere cierto efecto laxativo. Su particularidad más importante es su gran palatabilidad que le permite una diversidad de usos, entre ellos el de estimulante del consumo. Se puede emplear mezclada con minerales en forma líquida en lamederos o deshidratada en saladeros o en bloques solidificados (Toll Vera, 1991).

Dew et al (1954) experimentaron con un grupo de vacas lecheras, dándoles libre acceso a varias combinaciones de cloruro de sodio y harina de hueso tratada al vapor. Si la harina de hueso se suministraba por separado, su consumo disminuía a 1 g/día/cabeza como promedio, pero si se mezclaba con cloruro de sodio, su consumo era 8 veces superior.

Los métodos de elaboración de la harina de hueso y otros suplementos minerales influyen en el valor nutritivo de los productos y en su palatabilidad, y por consiguiente, en su consumo. Las harinas de hueso elaboradas según prácticas incorrectas pueden emitir un olor desagradable que reduce su consumo.

Coppock et al (1972) señalaron que el ganado lechero alimentado con tres regímenes distintos de raciones, prefirieron el fosfato dicálcico al fosfato desfluorado, llegando a la conclusión que el ganado vacuno prefería un suplemento ácido como el fosfato dicálcico (pH 3,5) a uno alcalino (pH 8,5) como el fosfato desfluorado.

El hecho que el vacuno solo consume suplementos minerales de sabor agradable queda demostrado cuando se pone a disposición del ganado que sufre de carencia de magnesio un suplemento con este elemento, como ser óxido de magnesio, sin otro agregado. Los animales pueden llegar a morir de tetania antes de consumir esa fuente no palatable de magnesio. En cambio, si concentraciones inclusive elevadas (p.ej., 25 %) se combinan con ingredientes de buen sabor (p.ej., sal común, melaza), el ganado lo consume sin dificultad.

Si se emplean estimulantes del apetito y del sabor, como ser harina de semillas de algodón, melaza deshidratada, cultivos de levadura seca, granos molidos u otros, deben usarse con moderación para no originar un consumo excesivo, si bien en proporciones adecuadas contribuyen a un consumo mas uniforme y generalizado por todo el rodeo. Algunos de estos productos tienen además la ventaja de añadir energía y/o proteínas, lo cual es muy importante cuando se agrega nitrógeno no proteico (ver capítulo XVI). Siempre es necesario una proporción de cloruro de sodio para controlar el consumo excesivo.

PRESENTACIÓN DE LAS MEZCLAS MINERALES

La forma física de suministrar los minerales (panes, molida, en el agua, etc.) influye en su consumo, debido a un problema mecánico para ingerirla, a la palatabilidad o a su ingestión obligada.

ESTADO DE LOS SUPLEMENTOS MINERALES A CAMPO

Los saladeros protegidos de la lluvia y el viento ayudan a incrementar el consumo de suplementos minerales. No se debe permitir que las mezclas minerales se compacten en el saladero, ya que esto disminuye el consumo. La construcción de los saladeros debe ser de tal manera que permita también a los terneros consumir. El mantenimiento de los minerales en estado correcto (limpios, no compactados, etc.), con renovación periódica frecuente, incrementa el consumo.

DISTANCIAS AL SALADERO

El consumo de la mezcla mineral se reduce si las distancias de las zonas de pastoreo, de los abrevaderos y/o dormideros a los saladeros es excesiva (ver capítulo XV).

CONCLUSIÓN

Es muy importante en ciertas zonas no confundir los bajos o nulos consumos con la no existencia de deficiencias minerales, ya que existe en algunos ganaderos la errónea idea de que si los animales no consumen el suplemento mineral es porque no lo necesitan (Carugati, 1990). Los bovinos pueden no consumir los minerales puestos a su disposición por alguna de las razones que vimos anteriormente, en especial la mala palatabilidad y el exceso de sales en el agua de bebida. En estos casos será necesario estudiar el cambio o la proporción del portador (melaza en vez de cloruro de sodio) o del atractivo (melaza, grano).

El consumo de una mezcla mineral por un rodeo a lo largo del año es muy difícil de predecir, sino imposible. Puede variar desde prácticamente cero hasta unos 200 g/día/animal o más. En general, en rodeos de cría donde las condiciones enumeradas no son extremas, pero tampoco excelentes, podemos pensar que el consumo se encontrará entre los 20 y 100 g/día/animal promedio en el año. Es decir, entre unos 7 y 40 kg anuales de la mezcla mineral por animal adulto.

En general, se toma como base para los cálculos un consumo de 50 g/día/animal adulto, y posteriormente se va ajustando la fórmula de la mezcla mineral al consumo comprobado realmente a campo.

CAPÍTULO X

DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS MINERALES

INTRODUCCIÓN

La determinación de la existencia de deficiencias minerales es un procedimiento relativamente fácil en áreas donde tales deficiencias son agudas y con síntomas clínicos identificables. El procedimiento general en estos casos es hacer análisis químicos de los pastos, aguadas y tejidos animales de las áreas problema, seguidos de pruebas de alimentación y/o dosificación de los minerales para probar la existencia de la deficiencia sospechada.

Lo más difícil e importante a su vez desde el punto de vista práctico, es el identificar las áreas deficientes cuando no existen síntomas clínicos marcados de deficiencias, pero que son de gran importancia económica.

El uso de los análisis químicos del suelo como una indicación de una posible deficiencia en oligoelementos ha sido descartada debido a que los suelos alcalinos pueden ser ricos en minerales traza, los cuales no pueden ser utilizados por las plantas en crecimiento en esos suelos (Perold, 1952 y 1956). Corbellini (1994) considera que el análisis de suelo es útil sólo para algunos elementos, como ser cobalto, molibdeno y selenio, y que si bien la precisión es baja, es aceptable en trabajos iniciales de relevamiento para definir áreas bajo sospecha de deficiencia.

Las enfermedades de las plantas pueden indicar carencias específicas del suelo. Por ejemplo, la llamada "enfermedad de la restauración" de la avena indica carencia de cobre en el suelo. Es también importante el predominio en los pastos de una especie vegetal determinada; por ejemplo, el trébol subterráneo absorbe cobre selectivamente, las leguminosas absorben selectivamente molibdeno y diversas especies de Astragalus son plantas selectoras de selenio (Blood y Radostits, 1992).

También se han efectuado comprobaciones de la composición mineral de las pasturas. A pesar que estas búsquedas probaron ser de utilidad para identificar áreas con problemas de fósforo, han sido de poca utilidad para exponer regiones con deficiencias de minerales traza. Es casi imposible la identificación de deficiencias de oligoelementos por estos medios (Van Der Merwe et al, 1967). La interpretación de los resultados analíticos es complicada, no solamente por las interacciones de los oligoelementos, sino también por factores como profundidad y distribución de las raíces de las plantas que han sido analizadas. Los hábitos selectivos de los animales en pastoreo hacen imposible el predecir la concentración de los nutrientes ingeridos. A pesar de todos los inconvenientes indicados, Corbellini (1994) considera que el análisis de los forrajes en algunos casos, como ser en deficiencias de cinc, cobalto o fósforo, es posiblemente el método más exacto de los disponibles.

Van Der Merwe et al (1967) consideran que el análisis del pasto y los tejidos de los animales es solamente el primer paso para identificar deficiencias nutritivas, y enfatizan la importancia de utilizar experimentos con dosis diagnósticas como una prueba de tales deficiencias.

A todo lo visto hay que agregar la complicación que se produce por el aporte de minerales a la dieta por el agua de bebida, que en muchas zonas es relativamente importante, y que por lo tanto, hay que considerarla en los análisis químicos a efectuar y en la evaluación de la ingesta mineral. Por otra parte, la concentración de minerales en las aguas de bebida y su consumo pueden variar a lo largo del año, lo que es necesario también tener en cuenta (Bavera et al, 1979 y Bavera, 2001).

Una prueba diagnóstica cuando se sospecha una deficiencia nutricional es observar los efectos de adiciones específicas a las raciones, pero frecuentemente aparecen factores que provocan confusión. Pueden ocurrir curaciones espontáneas, lo que impone la necesidad de controles adecuados. La respuesta a veces es mediocre por administración de dosis insuficientes, por lesión tisular avanzada o porque la anomalía podrá ser sólo un factor predisponente o secundario a otro factor complicante todavía existente. Otra causa frecuente de confusión en pruebas terapéuticas es la impureza de los preparados utilizados, especialmente cuando se estudian oligoelementos. Por último, las preparaciones empleadas pueden tener actividad farmacológica intrínseca y producir cierta mejoría de la enfermedad sin que exista deficiencia nutricional de ningún tipo (Blood y Radostits, 1992).

PERFILES METABÓLICOS

Dentro de los análisis de tejidos de los animales, se encuentran los llamados **perfiles metabólicos (PM)**, que podemos definir como la determinación de elementos relacionados con el normal desenvolvimiento del metabolismo animal, expresando directa o indirectamente su nivel circulante en sangre, plasma o suero.

Se emplean generalmente distintos perfiles metabólicos, entre los que se pueden citar los perfiles renal, pancreático, tiroideo, adrenal, hepático y mineral o ionograma. Este último es la determinación sérica directa o indirecta de los niveles circulantes de elementos inorgánicos (Ca, fosfatasa alcalina, P, Mg, Cu, Vit. B_{12}, Zn, Se, Mn, hemoglobina, etc.).

Al efectuar estos análisis, se está midiendo el aprovechamiento real del alimento por parte del animal, ya que se lo valora en la última etapa de su asimilación, luego de haber sufrido diversas modificaciones en su digestibilidad, a través de efectos asociativos, competencia en absorción, velocidad de tránsito intestinal, etc.

Los **indicadores metabólicos (IM)** han incrementado la capacidad diagnóstica de las deficiencias subclínicas. Estos indicadores son metaloenzimas o compuestos orgánicos medibles en sangre, leche, orina o tejidos, que están relacionados con el metabolismo y/o la función del mineral en los animales. En uso se encuentran la hidroxiprolina o la fosfatasa alcalina para la deficiencia de calcio y/o fósforo, la ceruloplasmina y la super-óxido dismutasa para la deficiencia de cobre, la glutatión-peroxidasa para la deficiencia de selenio, el metil-malonato para la deficiencia de cobalto, las hormonas tiroideas para la deficiencia de yodo, la metalotioneína para la deficiencia de cinc, etc. (Corbellini, 1994).

El perfil metabólico es un auxiliar valioso para conocer el estado relativo de un rodeo en lo que respecta a su nutrición, pero puede ser aplicado al diagnóstico solo mediante el estudio estadístico con determinación de valores fisiológicos regionales de referencia, un conocimiento pleno del alimento y del agua de bebida, una excelente capacidad interpretativa del dato bioquímico obtenido, muestreos frecuentes seriados y perfecto conocimiento del metabolismo y de las interacciones.

El uso de los análisis de tejidos tiene limitaciones. Por ejemplo, a pesar que una deficiencia aguda de fósforo está asociada con bajos niveles de fósforo en plasma sanguíneo, esta medida no es confiable para diagnosticar deficiencias poco marcadas pero de gran importancia económica (Ward, 1968) debido al mecanismo de resorción ósea. Corbellini (1998b) indica que un bajo valor de calcio en plasma no refleja necesariamente una deficiencia dietética sino que puede indicar fallas en los mecanismos homeostáticos.

Por otra parte, la identificación de deficiencias subclínicas de minerales traza es aún un problema no resuelto. Corbellini (1998b) considera que en la práctica el dosaje de cobalto en dieta es lo más económico; que el análisis de cobre en alimentos es útil si se conoce además el contenido de molibdeno y el de sulfatos del agua de bebida; que en terneros muertos es útil el peso y la histología de las tiroides para determinar deficiencias de yodo; que el manganeso en sangre es pobre indicador y en pelo es discutible; que el dosaje de selenio en los alimentos necesita de un aparataje especial y costoso; que el cinc en sangre es un pobre indicador y en pelo es cuestionable por la dificultad de obtener muestras repetibles.

Sager (1998) confirma que la investigación del cinc en sangre es poco confiable si no está asociado a otros parámetros, ya que varía notablemente durante el día y en relación con la alimentación.

A pesar de ello, el análisis de los tejidos de los animales a pastoreo aparenta ser el método con más posibilidades, sin descartar la ingesta.

Con los conocimientos actuales, una tabla indicativa de los análisis a efectuar para evaluar las deficiencias minerales en bovinos, podría ser la siguiente:

Tabla 10.1.- Análisis a efectuar para evaluar deficiencias minerales en rumiantes
(Actualizado de Conrad y Ávila, 1978; Corbellini, 1994 y 1998b).

Elemento	Suelo	Dieta (forraje y agua)	Hígado	Plasma o suero sanguíneo	Saliva	Leche	Orina	Varios
Fósforo	--	P	--	P	--	--	--	Fosfatasa alcalina. Hidroxiprolina plasmática. Fósforo en hueso.
Calcio	--	Ca	--	Ca	--	--	--	Fosfatasa alcalina. Hidroxiprolina plasmática.
Sodio	--	Na	--	--	Na; K	--	Na	--
Azufre	--	S	--	--	--	--	--	--
Magnesio	--	Mg	--	Mg	--	--	Mg	En animales muertos, Mg en líquido cefalorraquídeo y humor acuoso del ojo.
Potasio	--	K	--	--	K	--	--	--
Cobre	--	Cu; Mo; S; Fe	Cu	Cu	--	--	--	Ceruloplasmina. Super-óxido dismutasa Eritrocitaria.
Cobalto	Co	Co	Co	Vit B_{12}	--	--	--	Metil-malonato en sangre u orina.
Manganeso	--	Mn; Ca; P	Mn	--	--	--	--	Fosfatasa alcalina; Arginasa hepática.
Cinc	--	Zn	--	Metalotioneína en plasma	--	Zn	--	Fosfatasa alcalina. Zn en pelo y huesos.
Iodo	--	I	--	T3 y T4	--	I	--	--
Hierro	--	Fe	--	Fe	--	- -	--	Hemoglobina.
Selenio	--	Se	Se	Se	--	Se	--	Glutation-peroxidasa eritrocitaria
Flúor	--	F	--	--	--	--	F	Flúor en huesos.
Cromo	--	Cr	--	--	--	--	--	--
Los análisis que se efectúan sobre la dieta (forraje y agua de bebida) o sobre los tejidos, deben realizarse periódicamente a través del año a una muestra representativa.								

La Reunión de Especialistas en Nutrición Mineral del Ganado realizada en la ciudad de Corrientes en 1983 (AAPA, 1985), ha llegado a conclusiones y recomendaciones, entre las que se manifiesta la notoria falta de equipos que trabajen exclusivamente en la especialidad nutrición mineral. Por otra parte, recalcan la necesidad de relacionar los análisis de laboratorio (parámetros bioquímicos) con los parámetros productivos (ganancias de peso, porcentaje de preñez, etc.), y también la necesidad de establecer la relación de los parámetros bioquímicos del animal con los valores de proteína, energía y otras fracciones no minerales del

alimento, ya que desde el punto de vista de la producción animal, la interrelación entre estos factores puede ser tan importante como el hecho de que un elemento mineral sea deficiente.

Con respecto a las técnicas analíticas de elementos minerales, recomiendan la compatibilización de las mismas entre los diferentes grupos de trabajo, dando las equivalencias entre los distintos métodos y dentro de los métodos, e insistir en los controles de calidad. Recomiendan se adopten las normas internacionales para la determinación de niveles umbrales de los diferentes elementos, tanto en muestras de tejidos animales como en forrajes, hasta tanto se disponga de mayor información generada en condiciones locales.

Resaltan la necesidad de recomendaciones generales por zona para solucionar problemas o carencias producidas por minerales. Al respecto, manifiestan que algunas áreas tienen problemas actualmente y en otras se espera la aparición de los mismos cuando se intensifiquen los niveles de producción.

CONCLUSIÓN

Lo ideal es formular mezclas minerales de consumo voluntario basándose en análisis y otros datos disponibles. Sin embargo, cuando no exista una información adecuada sobre la situación de los minerales en una determinada región o campo, se justifica plenamente la administración de una suplementación dietética mineral completa en un régimen de consumo voluntario.

“Los animales domésticos sufren de deficiencia de fósforo y de calcio con mucha más frecuencia que antes. Esto se debe a dos factores diferentes. Primero, el suministro de estos minerales en los alimentos comunes, especialmente los forrajes voluminosos, ha disminuido en las regiones agrícolas antiguas, pues el contenido de calcio y de fósforo del suelo se ha agotado. Segundo, las necesidades de los animales de estos minerales se han hecho mucho mayores, pues sus producciones de leche y de carne se han aumentado por la crianza seleccionada y por los métodos más intensivos y mejorados de alimentación y explotación”.

Morrison, F. B. 1943. Alimentos y alimentación. Corp. de Fom. de la Prod., Santiago, Chile, 123.

CAPÍTULO XI

INFORMACIÓN PARA FORMULAR SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES

MEZCLA MINERAL COMPLETA

En la mayoría de los ganaderos existe el concepto que es imprescindible, o por lo menos conveniente, suministrar mezclas minerales al ganado, pero es frecuente hallar una total desorientación entre los mismos en cuanto a qué sales o fórmulas minerales deben suministrarse, y no pocas veces deciden el empleo de una u otra mezcla solo por una aparente ventaja de precios. Esto último es realmente grave, pues hemos comprobado personalmente que algunas de las mezclas minerales "muy económicas" que se ofrecen en el comercio tienen una fórmula en su envase imposible de fabricar al precio de venta, lo que indica claramente su adulteración, generalmente por exceso de cloruro de sodio. Es decir, el ganadero está pagando sal común al precio de una mezcla mineral completa.

Por otra parte, la omisión en que incurren algunos fabricantes de estampar en el envase la fórmula cuali-cuantitativa de las mezclas minerales que venden, o la colocación de la fórmula en forma confusa, llevan a mas desorientación.

Hoy existen muchos suplementos minerales que contienen niveles adecuados de fósforo, calcio y magnesio, hecho que no ocurría un par de décadas atrás. Esto es así porque los productores, con el asesoramiento técnico adecuado, comenzaron a demandarlos y a rechazar los que no cumplían con las necesidades de su producción. Sin embargo, recién se está comenzando a mejorar la situación de los oligoelementos en los suplementos minerales comerciales, tema más complejo que el de los macroelementos.

Aunque se ha demostrado que el bovino no satisface de manera totalmente equilibrada sus necesidades minerales cuando el consumo es voluntario, no existe otra manera práctica de atender las necesidades minerales del ganado a pastoreo. Si se quiere tener cierta seguridad de proporcionar a bajo costo una alimentación suficientemente rica en minerales, deberá ponerse a disposición del ganado suplementos minerales "completos" para que sean consumidos según su elección (Cunha et al, 1964).

Una mezcla mineral "completa" incluye habitualmente sal, una fuente de fósforo pobre en fluoruros, calcio, azufre, cobre, cinc, cobalto, iodo, selenio y manganeso, a la que se le puede agregar magnesio,

potasio, hierro, cromo y otros elementos según se considere conveniente, o bien esperar a que nuevas informaciones locales o zonales sugieran la necesidad de incorporar dichos elementos, de acuerdo a lo visto anteriormente.

SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA MINERAL

Una **suplementación dietética mineral** puede definirse como el requerimiento más una cantidad adicional que puede ser usada como factor de seguridad (Adapt. de Houser et al, 1978 b). De acuerdo a esta definición, una mezcla mineral administrada como suplemento mineral, se emplea como una adición de seguridad o para cubrir deficiencias comprobadas o sospechosas, satisfaciendo las necesidades en un promedio de la situación alimenticia a campo de un rodeo, sin tener en cuenta una posible sobrealimentación de todos o de algunos de los animales.

Cada uno de los minerales a suplementar deberán estar calculados en cantidades lo más correctas posibles, ya que hemos visto que algunos minerales en exceso interfieren en la absorción de otros.

A medida que se obtenga más información real sobre las probables deficiencias minerales en una zona, campo o potrero determinado, podrán formularse mezclas minerales más eficientes y económicas, pero hasta tanto eso ocurra, se justifica plenamente la utilización de **suplementaciones dietéticas minerales completas**, es decir, con alto factor de seguridad. Si se sospecha o se tiene la certeza de deficiencia de alguno de los oligoelementos, se deberá cubrir el 100 % o más de los requerimientos del mismo, aunque en el resto solo estemos cubriendo el 50 % de los requerimientos.

Tabla 11.1.- Características de una suplementación dietética mineral de buena calidad para consumo voluntario del ganado vacuno a pastoreo (Modif. de Mc Dowell et al, 1984).

1º) Debe contener un mínimo de 6 a 8 % de fósforo. En zonas donde los forrajes contienen regularmente menos del 0,20 % de fósforo deberá contener más de 8 a 10 % de fósforo.
2º) La relación calcio-fósforo no debe ser superior a 2:1.
3º) Debe cubrir una proporción significativa (mínimo 50 %) de las necesidades totales diarias de cobre, cinc, selenio, cobalto y yodo.
4º) En regiones con una deficiencia conocida de ciertos oligoelementos, deberá proveer el 100 % o más de las necesidades diarias de los mismos.
5º) Debe estar formada por sales minerales de alta calidad, que contengan las formas más biodisponibles de cada elemento mineral.
6º) No debe contener sales minerales con metales pesados u otros elementos tóxicos. No debe ser portadora de agentes productores de enfermedades.
7º) Debe estar formulada de manera que su palatabilidad permita un consumo suficientemente alto como para cubrir las necesidades y favorecer el control de la suplementación.
8º) Debe tener garantías de control de calidad en cuanto a la exactitud de las cantidades indicadas en la etiqueta.
9º) Las partículas deben tener un tamaño uniformemente aceptable, que permita un buen mezclado y estabilidad, sin que estratifique la mezcla.
10º) Debe ser estable bajo condiciones de almacenamiento y ante factores climáticos durante el suministro.

No es necesario que los portadores de los minerales sean tipo grado alimenticio (feed grade). Pueden emplearse de tipo industrial que son más económicos, pero siempre que cumplan con las normas de la tabla 11.1, en especial los puntos 6 y 9.

Algunos autores opinan que no se justifica el uso de mezclas completas de minerales para consumo voluntario que contengan un margen de seguridad contra las deficiencias. Dichos autores consideran que

estas mezclas completas son un derroche desde el punto de vista económico y que además pueden ser nocivas.

Mc Dowell et al (1984), Mufarrege et al (1985), como asimismo el autor de este trabajo, no estamos de acuerdo con esta opinión. El peligro de toxicidad o de costos excesivos es muy reducido en relación con las elevadas posibilidades de aumentar las tasas de producción del ganado vacuno administrando una suplementación dietética mineral completa a consumo voluntario que siga los parámetros de la tabla 11.1.

Mufarrege et al (1985) informan que en la jurisdicción de la E.E.A Mercedes (Corrientes) el bajo contenido de fósforo y sodio en las pasturas naturales parece ser la causa más importante que afecta la adecuada nutrición mineral de vacunos y lanares. Hasta tanto no se disponga de mayor información experimental, dichos autores aconsejan la suplementación permanente, en bateas, de tal manera que los animales consuman voluntariamente el suplemento compuesto por 6 % de fósforo, 12 % de calcio y 50 % de sal.

Duarte (1985) informó que existen en la provincia del Chaco problemas nutricionales por deficiencias o excesos de minerales. La determinación de estos problemas, en la mayoría de los casos, está asociada a los tratamientos de "amplio espectro" que dan buena respuesta. Hay confirmación de deficiencias de calcio, fósforo, iodo, cobre, cobalto, magnesio y manganeso, tratándose con suplementos minerales ad libitum y/o inyectables.

INFORMACIÓN PARA FORMULAR SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES

Para evaluar la cantidad y porcentaje de nutrientes de una suplementación dietética mineral es preciso tener una idea aproximada de los siguientes parámetros:

DEFICIENCIAS MINERALES COMPROBADAS

En caso de haber comprobado o sospechar con fundamento deficiencias de alguno de los elementos, se deberá proveer el 100 % o más de los requerimientos del mismo.

INGESTIÓN DEL SUPLEMENTO MINERAL

Ya se han estudiado los factores que influyen en el consumo voluntario de los suplementos minerales (ver capítulo IX).

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS EN LA MEZCLA MINERAL

La concentración de cada elemento integrante de la mezcla mineral puede compararse con las necesidades totales de dicho elemento (tablas 11.2 a 11.9) a fin de determinar si la provisión dietética aporta una cantidad significativa. El método para hacer esta comparación se verá al formular y evaluar las mezclas minerales.

SALES DEL AGUA DE BEBIDA

Para conocer si el agua de bebida aporta minerales a la nutrición y en qué cantidad, es necesario tener la información del tipo y concentración de cada una de las sales del agua según protocolo de análisis (ver capítulos VI y XIII).

NECESIDADES MINERALES DE LOS BOVINOS

Para evaluar las necesidades minerales de los animales, hay que tener en cuenta la edad, la fase del ciclo de producción o reproducción y la finalidad para la cual se alimenta a los mismos.

Para la determinación de los requerimientos de minerales en los rumiantes en general, se procede de la siguiente forma:

- Necesidades Netas = M + GP + P + L
- Necesidades Alimenticias = (M + GP + P + L)/A

M = Mantenimiento (perdida por heces, orina y sudor).
GP = Ganancia de Peso (lo que queda retenido en el animal en la ganancia de peso).
P = Preñez (lo que queda retenido en el feto).
L = Lactancia (lo que se encuentra dentro de la leche secretada diariamente).
A = Absorción (la cantidad de mineral de la dieta que ingresa al organismo, dividida por la cantidad ingerida).

Los cálculos de requerimientos de minerales que aparecen en las tablas de nutrición provienen de trabajos de investigación llevados a cabo en países con sistemas de producción intensivos, con diferencias marcadas en las condiciones ambientales y de manejo y, en muchos casos, con animales de otro potencial genético de producción. La mayoría de los ensayos para los cálculos de los requerimientos han sido efectuados en animales estabulados o en condiciones donde el ingreso de MS se conoce con precisión, estando controlados otros efectos colaterales que pueden afectar la producción y salud de los animales (Corbellini, 1998b).

Los animales que dependen primariamente de pasturas tienen diferentes necesidades de minerales en relación con aquellos que reciben concentrados. Esto se debe no solo a aportes diferentes, sino a distintos requerimientos asociados a la velocidad de crecimiento y/o desarrollo de los animales sometidos a estos sistemas alimenticios (Sager, 1998).

Los diferentes sistemas de alimentación (ARC, INRA, NRC o el CSIRO), expresan las necesidades minerales en términos de valores sugeridos o recomendados, pero aunque no se conocen las cifras exactas relativas a las necesidades minerales de las distintas categorías de bovinos sometidos a distintas condiciones de vida, las investigaciones han llegado a algunas conclusiones generales con respecto a recomendaciones de orden dietético, que resume el Consejo Nacional de Investigaciones de EE.UU. (NRC). Las cifras deberán utilizarse solamente como guía aproximada, puesto que las necesidades de los distintos animales pueden ser diferentes a los promedios.

No se ha determinado la mayoría de las necesidades del ganado cebú o del que vive en condiciones tropicales. También, con la introducción de razas exóticas, de los cruzamientos y de la selección por producción, los índices de crecimiento han aumentado, con el consiguiente incremento de las necesidades minerales.

Pese a todas estas deficiencias, consideramos que el NRC se encuentra dentro de las informaciones actualmente más confiables para ser tomadas como base hasta tanto en nuestro país se cuente con datos más exactos adaptados a sus condiciones de producción ganadera.

En las siguientes tablas se resumen las necesidades minerales por kilo de materia seca consumida (excepto para fósforo y calcio) y para fósforo y calcio en g/día/animal y las máximas concentraciones tolerables del ganado de carne y del lechero en distintos momentos de su ciclo productivo por kilo de materia seca consumida:

Tabla 11.2.- Necesidades minerales y máximas concentraciones tolerables por kg de MS para bovinos de carne (Modif. de Nutrient Requirements of Beef Cattle, NRC 1984 y 1996).

		Requerimientos			
		Desarrollo y terminación	Vacas		Concentración máxima tolerable
Mineral	Unidad		Gestación	Principio lactación	
Fósforo	g/día	Ver tablas 11.5 a 11.9 en g/día/animal			---
Calcio	g/día	Ver tablas 11.5 a 11.9 en g/día/animal			---
Sodio	g/kg	0,06 – 0,08	0,06 – 0,08	0,10	10
Cloruro de sodio	g/kg	---	---	---	90 - 100
Azufre	g/kg	1,5	1,5	1,5	4
Magnesio	g/kg	1	1,2	2	4
Potasio	g/kg	6	6	7	30
Cobre	mg/kg	10	10	10	100 - 115
Cobalto	mg/kg	0,10	0,10	0,10	10
Manganeso	mg/kg	20	40	40	1.000
Cinc	mg/kg	30	30	30	500
Yodo	mg/kg	0,50	0,50	0,50	50
Hierro	mg/kg	50	50	50	1.000
Selenio	mg/kg	0,10	0,05 - 0,10	0,05 - 0,10	2
Molibdeno	mg/kg	---	---	---	5 - 6
Flúor	mg/kg	---	---	---	20 - 100
Cromo	mg/kg	0,3 - 1	---	---	1.000
Níquel	mg/kg	---	---	---	50

Tabla Nº 11.3.- Necesidades minerales y máximas concentraciones tolerables por kg de MS para bovinos de leche (Modif. del NRC Dairy Cattle 1978).

Elemento	Unidad	Vacas lecheras lactando: Peso kg	Producción de leche Kg				Vacas secas preñadas	Toros adultos	Vaquillonas y toros en desarrollo	Terneros con leche sustituta	Terneros al comienzo del concentrado	Nivel máximo tolerable
		400	- 8	8-13	13-18	+18						
		500	-11	11-17	17-23	+23						
		600	-14	14-21	21-29	+29						
		700	-18	18-26	26-35	+35						
Fósforo	g/día		Ver tablas 11.5 a 11.9 en g/día/animal					1,8	2,6	5	4,2	--
Calcio	g/día							2,4	4	7	6	--
Sodio	g/kg		1,8	1,8	1,8	1,8	1	1	1	1	1	--
Cloruro de sodio	g/kg		4,6	4,6	4,6	4,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	100
Azufre	g/kg		2	2	2	2	1,7	1,1	1,6	2,9	2,1	4
Magnesio	g/kg		2	2	2	2	1,6	1,6	1,6	0,7	0,7	4
Potasio	g/kg		8	8	8	8	8	8	8	8	8	30
Cobre	mg/kg		10	10	10	10	10	10	10	10	10	115
Cobalto	mg/kg		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5
Manganeso	mg/kg		40	40	40	40	40	40	40	40	40	1000
Cinc	mg/kg		40	40	40	40	40	40	40	40	40	500
Yodo	mg/kg		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	50
Hierro	mg/kg		50	50	50	50	50	50	50	100	100	1000
Selenio	mg/kg		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2
Cromo	mg/kg		0,1 - 0,5				0,05-0,025	--	--	--	--	--
Molibdeno	mg/kg		--	--	--	--	--	--	--	--	--	6
Flúor	mg/kg		--	--	--	--	--	--	--	--	--	20-100
Las cifras dadas son promedios												

Tabla 11.4.- Necesidades minerales por kg de MS para bovinos en período inicial de feedlot (Adapt. de Di Costanzo 1998, modificado del NRC).

Mineral	Unidad	Requerimiento promedio	Rango recomendado
Calcio	g/kg	7	6 – 8
Fósforo	g/kg	4,5	4 – 5
Magnesio	g/kg	2	2 – 3
Potasio	g/kg	12,5	12 – 14
Azufre	g/kg	1,5	1 – 2
Cloruro de sodio	g/kg	6	5 – 7,5
Manganeso	mg/kg	50	40 – 70
Cobre	mg/kg	12	10 – 15
Cinc	mg/kg	80	75 – 100
Hierro	mg/kg	150	100 – 200
Selenio	mg/kg	0,10	0,10 – 0,20

Tabla 11.5.- Necesidades de calcio y fósforo para ganado en crecimiento y terminación en g/día/animal. (Adapt. del NRC 1996).

Peso (kg)	200	250	300	350	400	450
Requerimientos de calcio y fósforo para mantenimiento (g/día)						
Calcio	6	8	9	11	12	14
Fósforo	5	6	7	8	10	11
Más requerimiento de calcio para crecimiento y terminación (g/día)						
ADP (kg/día)						
0,5	14	13	12	11	10	9
1	27	25	23	21	19	17
1,5	39	36	33	30	27	25
2	52	47	43	39	35	32
2,5	64	59	53	48	43	38
Más requerimientos de fósforo para crecimiento y terminación (g/día)						
ADP (kg/día)						
0,5	6	5	5	4	4	4
1	11	10	9	8	8	7
1,5	16	15	13	12	11	10
2	21	19	18	16	14	13
2,5	26	24	22	19	17	15
Los requerimientos totales se obtienen sumando los de mantenimiento más los de crecimiento y terminación.						
Calculado para peso adulto 533 kg; raza tipo británico						

Tabla Nº 11.6- Necesidades de calcio y fósforo para toros en crecimiento en g/día/animal (Adap. del NRC 1996).

Peso (kg)	300	400	500	600	700	800
Requerimientos de calcio y fósforo para mantenimiento (g/día)						
Calcio	9	12	15	19	22	25
Fósforo	7	10	12	14	17	19
Más requerimientos de calcio para crecimiento (g/día)						
ADP (kg/día)						
0,5	12	10	9	7	6	4
1	23	19	16	12	9	6
1,5	33	27	22	17	12	7
2	43	35	28	21	14	8
2,5	53	43	34	25	16	8
Más requerimientos de fósforo para crecimiento (g/día)						
ADP (kg/día)						
0,5	5	4	3	3	2	2
1	9	8	6	5	4	2
1,5	13	11	9	7	5	3
2	18	14	11	8	6	3
2,5	22	17	14	10	6	3
Los requerimientos totales se obtienen sumando los de mantenimiento más los de crecimiento.						
Calculados para animales de peso adulto 890 kg; raza tipo británico.						

Tabla Nº 11.7.- Necesidades de calcio y fósforo para vaquillonas de reemplazo preñadas en g/día/animal (Adapt. del NRC 1996).

Meses de preñez	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso de la vaquillona en kg:									
Sin útero preñado	332	343	355	367	379	391	403	415	426
Útero preñado	1	3	4	7	12	19	29	44	64
Peso total	333	346	360	375	391	410	432	459	491
Requerimientos de calcio (g/día)									
Mantenimiento	10	11	11	11	12	12	12	13	13
Crecimiento	9	9	9	9	8	8	8	8	8
Preñez	0	0	0	0	0	0	12	12	12
Total	19	20	20	20	20	20	32	33	33
Requerimientos de fósforo (g/día)									
Mantenimiento	8	8	8	9	9	9	10	10	10
Crecimiento	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Preñez	0	0	0	0	0	0	7	7	7
Total	12	12	12	12	12	12	20	20	20

Calculados para vaquillonas de peso adulto 533 kg; peso ternero al nacimiento 40 kg; Servicio 15 meses; raza tipo británico.

Tabla Nº 11.8.- Necesidades de calcio y fósforo para vacas de carne en g/día/animal (Adapt. del NRC 1996).

Meses desde parición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso en kg												
Sin útero preñado	533	533	533	533	533	533	533	533	533	533	533	533
Útero preñado	0	0	1	1	3	4	7	12	19	29	44	64
Peso total	533	533	534	534	536	537	540	545	552	562	577	597
Requerimientos de calcio (g/día)												
Mantenimiento	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Lactación	16	20	18	14	11	8	0	0	0	0	0	0
Preñez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12
Total	33	36	34	31	27	24	16	16	16	29	29	29
Requerimientos de fósforo (g/día)												
Mantenimiento	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Lactación	9	11	10	8	6	4	0	0	0	0	0	0
Preñez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5
Total	22	24	23	21	19	17	13	13	13	18	18	18

Calculados para vacas de peso adulto 533 kg; terneros al parto de 40 kg; Edad de parición 60 meses; Edad destete 30 semanas; Producción máxima leche 8 kg; Grasa leche 4 %; Proteína leche 3,4 %; Intervalo parto 12 meses; raza tipo británico.

Tabla 11.9.- Requerimientos de fósforo y calcio de vacas lechera (Godio et al, 1999, adapt. de NRC 1988).

Mantenimiento vacas lecheras adultas (a)				Mantenimiento vacas gestantes, últimos dos meses de gestación (b)		
Peso kg	Calcio g/día	Fósforo g/día		Peso kg	Calcio g/día	Fósforo g/día
400	16	11		400	26	16
450	18	13		450	30	18
500	20	14		500	33	20
550	22	16		550	36	22
600	24	17		600	39	24
650	26	19		650	43	26
700	28	20		700	46	28
750	30	21		750	49	30
800	32	23		800	53	32

Requerimientos por kg de leche producidos según % de grasa butirométrica (GB)

% de GB	Calcio g/kg de leche/día	Fósforo g/kg de leche/día
3,0	2,73	1,68
3,5	2,97	1,83
4,0	3,21	1,98
4,5	3,45	2,13
5,0	3,69	2,28
5,5	3,93	2,43

a) Para el crecimiento de vacas jóvenes, incrementar el 20 % en la primera lactancia y el 10 % en la segunda.
b) Valores para vacas que llegan con balance adecuado; de llegar con déficit, incrementar 25 a 33 % los valores tabulados.

INGESTIÓN DE MATERIA SECA

Se ha visto que el NRC indica en alguna de sus tablas los requerimientos minerales por kg de MS consumida. En los animales en feedlot es fácil determinar con bastante exactitud la materia seca consumida y el aumento de peso por día y por animal, pero en los animales en pastoreo el consumo de MS es un parámetro difícil de cuantificar y casi imposible de predecir con exactitud, ya que varía por influencia de numerosos factores. Entre los principales podemos citar en el animal el tamaño, el estado fisiológico (crecimiento, engorde, preñez, lactancia), la capacidad ruminal, la digestibilidad, la ingestibilidad, la capacidad de ingestión, la tasa de pasaje, la palatabilidad y disponibilidad del forraje, la estructuración de la pastura, el método de pastoreo, el contenido proteico del forraje, la suplementación, las condiciones climáticas (estrés ambiental).

Por lo tanto, es prácticamente imposible predecir exactamente el consumo total diario de MS en un régimen de pastoreo en una empresa agropecuaria comercial. En la primera edición empleamos las tablas que proponía Di Marco (1977a) sobre la base del peso vivo del animal y la digestibilidad del alimento; Melo (1999) considera que el consumo de MS es igual a la ingestibilidad por la capacidad de ingestión, para lo cual hay que conocer la digestibilidad, el peso vivo y el peso vivo ajustado por condición corporal elevado a la 0,75 ($PVaj^{0,75}$). Finalmente, he decidido emplear en esta edición las indicaciones del NRC de 1984 y 1988 por considerarlas más simples, con sus resultados intermedios entre los dos métodos indicados anteriormente y con una exactitud adaptada al propósito de este trabajo.

Las siguientes tablas proponen valores que tienen un amplio rango de variación, sirviendo solamente de orientación para los cálculos de los requerimientos minerales.

Tabla 11.10.- Consumo de MS en kg/día de vacunos en crecimiento y terminación en función de su peso y digestibilidad, EM, km y EN del forraje (Adapt. del NRC, 1984).

Forraje				Peso vivo en kg							
Energía Metabo-lizable (EM) Mcal/kg	Eficiencia de utilización de la energía para mantenimiento (km) %	Energía Neta (EN) Mcal/kg	Digestibilidad %	150	200	250	300	350	400	450	500
1,44	0,42	0,60	40	2,3	2,8	3,4	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7
1,62	0,48	0,79	45	3,0	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	6,8	7,3
1,80	0,53	0,96	50	3,5	4,3	5,1	5,9	6,6	7,3	8,0	8,6
1,98	0,57	1,14	55	3,9	4,8	5,7	6,5	7,3	8,1	8,9	9,6
2,16	0,60	1,31	60	4,2	5,2	6,1	7,0	7,8	8,7	9,5	10,2
2,35	0,63	1,47	65	4,3	5,3	6,3	7,2	8,1	9,0	9,8	10,6
2,53	0,64	1,63	70	4,4	5,4	6,4	7,3	8,2	9,1	9,9	10,7
2,71	0,66	1,78	75	4,3	5,3	6,3	7,2	8,1	9,0	9,8	10,6
2,89	0,67	1,94	80	4,2	5,2	6,1	7,0	7,8	8,7	9,5	10,3
3,07	0,68	2,09	85	3,9	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2	9,0	9,7
Según fórmula: CMS kg/día = $PV^{0,75}$ (0,1493 ENm - 0,046 ENm^2 - 0,0196).											
Corregir por sexo y frame (tamaño corporal) según tabla 11.12.											

Tabla 11.11.- Consumo de MS en kg/día de vacas de cría en función de su peso y digestibilidad, EM, km y EN del forraje (Adapt. del NRC, 1984).

Forraje				Peso vivo del bovino en kg					
Energía Metabolizable (EM) Mcal/kg	Eficiencia de utilización de la energía para el mantenimiento (km) %	Energía Neta (EN) Mcal/kg	Digestibilidad %	250	300	350	400	450	500
1,44	0,42	0,60	40	3,9	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
1,62	0,48	0,79	45	4,7	5,4	6,1	6,8	7,4	8,0
1,80	0,53	0,96	50	5,4	6,2	6,9	7,6	8,4	9,0
1,98	0,57	1,14	55	5,8	6,6	7,4	8,2	9,0	9,7
2,16	0,60	1,31	60	6,0	6,9	7,7	8,5	9,3	10,1
2,35	0,63	1,47	65	6,0	6,9	7,8	8,6	9,4	10,1
2,53	0,64	1,63	70	5,9	6,7	7,6	8,4	9,1	9,9
2,71	0,66	1,78	75	5,6	6,4	7,2	7,9	8,7	9,4
2,89	0,67	1,94	80	5,1	5,9	6,6	7,3	8,0	8,6
3,07	0,68	2,09	85	4,6	5,2	5,9	6,5	7,1	7,7
Según fórmula: CMS kg/día = $PV^{0,75}$ (0,1462 ENm - 0,0517 ENm^2 - 0,0074).									
Corregir por sexo y frame (tamaño corporal) según tabla 11.12.									

Tabla 11.12.- Correcciones del consumo de MS indicados en las tablas 11.10 y 11.11 por sexo y frame (tamaño corporal) (Adapt. del NRC, 1984).

Categoría	Detalle	Corrección
Novillitos razas medianas		0 %
Toros razas medianas		0 %
Vaquillonas razas grandes	Terminación a + de 475 kg	0 %
Novillitos razas grandes	Terminación a + de 520 kg	+ 10 %
Novillos razas medianas	Terminación a 450-520 kg	+ 10 %
Toros razas grandes		+ 5 %
Vaquillonas razas medianas	Terminación a 400-475 kg	- 10 %
Vacas últimos meses gestación		- 12 a - 13 %

Tabla 11.13.- Consumo de MS en kg/día en vacas lecheras (Godio et al, 1999, adap. de Weiss, 1988).

Forraje		Peso vivo de la vaca en kg					
Energía Metabolizable (EM) Mcal/kg	Digestibilidad %	400	450	500	550	600	650
1,80	50	8,8	9,9	11,0	12,1	13,2	14,3
1,95	54	9,6	10,8	12,0	13,2	14,3	15,5
2,09	58	10,5	11,8	13,1	14,4	15,7	17,0
2,24	62	11,6	13,0	14,5	15,9	17,4	18,8
2,38	66	12,9	14,6	16,2	17,8	19,4	21,0
2,53	70	14,7	16,5	18,3	20,2	22,0	23,8
2,67	74	16,9	19,0	21,2	23,3	25,4	27,5
2,81	78	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5
Consumos voluntarios posibles para los pesos y digestibilidades tabulados, siempre que la energía metabólica consumida no supere los requerimientos de la vaca.							
Correcciones por disminución del consumo pos-parto							
	1 semana	- 30 %					
	2 semana	- 22 %					
	3 semana	- 15 %					
	4 semana	- 12 %					
	5 semana	- 9 %					
	6 semana	- 7 %					
	7 semana	- 5 %					
	8 semana	0 %					

Tabla 11.14.- Digestibilidad de algunos forrajes empleados en bovinos a pastoreo.
(1) in vivo; (2) in vitro; (3) estimada.

	% digestibilidad			
Forraje	Promedio		Valores extremos o desv. estándar	Referencias
Achicoria (Chicorium intybus)				
Prefloración	75,55	(1)	± 0,47	Danelón, 1979.
Invierno	65,4	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Primavera	71	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1966
Otoño	77,1	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1966
Agropiro alargado (Agropyron elongatum)				
Macollaje temprano	64,7	(1)	---	Garciarena et al, 1984.
Macollaje avanzado	56,2	(1)	---	Garciarena et al, 1984.
Principio encañazón	55,4	(1)	---	Garciarena et al, 1984.
Encañazón - floración	54,2	(1)	---	Garciarena et al, 1984.
Floración - semillado	50,6	(1)	---	Garciarena et al, 1984.
Semillado	49,4	(1)	---	Garciarena et al, 1984.
Semilla seca	42,7	(1)	---	Garciarena et al, 1984.
Agropiro criollo (Agropyron scabrifolium)				
Comienzos primavera	67,3	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Primavera	61	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Verano	51,3	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Alfalfa (Medicago sativa)				
Octubre	66,5	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
1ª quincena diciembre	74.2	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
2ª quincena diciembre	60,9	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
1ª quincena enero	58,3	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
2ª quincena enero	56	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Febrero	54,3	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Marzo	46,5	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Heno arrollado	65,23	(1)	62,3 -68,14	Marchi et al, 1978
Heno arrollado	57,8	(2)	56,8 - 58,8	Crea Trenque Lauquen, sf.
Heno enfardado	57,8	(2)	56- 60,5	Crea Trenque Lauquen, sf.
Avena (Avena sativa)				
Preencañazón	71,23	(3)	70,4 -72,06	
Encañazón	65,69	(3)	---	
Grano lechoso	58,76	(3)	---	
Rastrojo	45,73	(3)	38,8 -52,66	
Heno	55,98	(2)	46,4- 61	Torres et al, 1974.
Cebada (Hordeum vulgare)				
Preencañazón	79,55	(3)	---	
Encañazón	67	(3)	---	
Rastrojo	47,67	(3)	42,4 -52,94	
Centeno (Secale cereale)				
Preencañazón	73,73	(3)	68,74 - 78,7	
Rastrojo	33,82	(3)	31,04 -36,6	

Digitaria (Digitaria eriantha)				
Primavera (corte 5 cm)	63,5	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Primavera (corte 10 cm)	63,2	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Verano-otoño (corte 5 cm)	62,4	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Verano-otoño (corte 10 cm)	62,6	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Junio	52,8	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Agosto	52,6	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Falaris bulbosa (Phalaris aquatica)				
(cv. El Gaucho INTA)				
Julio	65	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
2ª quincena octubre	61,9	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Festuca alta (Festuca arundinacea, Schreb)				
(cv. El Palenque MAG)				
Principio floración	72,40	(2)	---	Larrea, 1984 b.
Fructificación	61,8	(2)	---	Larrea, 1984 b.
Macollaje rebrote otoño	62,6	(2)	---	Larrea, 1984 b.
(cv. Manade)				
Principio floración	72,3	(2)	---	Larrea, 1984 b.
Fructificación	62,6	(2)	---	Larrea, 1984 b.
Macollaje rebrote otoño	67,9	(2)	---	Larrea, 1984 b.
Grama Rhodes (Chloris gayana, Kunth)				
Macollaje	52,8	(2)	---	Di Marco, 1977 b.
Encañazón	61,7	(2)	---	Di Marco, 1977 b.
Media floración	58,4	(2)	---	Di Marco, 1977 b.
Plena floración	54,3	(2)	---	Di Marco, 1977 b.
Grano lechoso	42,2	(2)	---	Di Marco, 1977 b.
Grano seco	46,3	(2)	---	Di Marco, 1977 b.
Maíz (Zea mays)				
Prepanojamiento	65,41	(3)	63,19 –67,6	
Grano lechoso	64,02	(3)	---	
Rastrojo	51,55	(3)	---	
Silaje grano pastoso	59,6	(1)	---	García Tobar, 1978.
Silaje grano ceroso	61,65	(1)	61,3- 62	Révora et al, 1974.
Mijo (Panicum miliaceum)				
Heno arrollado	55,03	(2)	53,3 - 57,8	Crea Trenque Lauquen, sf.
Heno enfardado	58,6	(2)	57- 60,2	Crea Trenque Lauquen, sf.
Moha de Hungría (Setaria italica)				
Macollaje	77,7	(2)	---	Bruno et al, 1984.
Encañazón	68,7	(2)	---	Bruno et al, 1984.
Principio panojamiento	64	(2)	---	Bruno et al, 1984.
Grano pastoso	59	(2)	---	Bruno et al, 1984.
Grano duro	56,2	(2)	---	Bruno et al, 1984.
Heno arrollado	55,84	(2)	53,3- 58	Crea Trenque Lauquen, sf.
Pasto llorón (Eragrostis curvula)				
(cv. Tanganika)				
Primavera	56,04	(1)	54,02-58,06	Marchi et al, 1973.

Primavera (corte 5 cm)	52,4	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Primavera (corte 10 cm)	52,4	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Primavera - verano	53,33	(2)	49,3 - 57,2	Gargano y Aduriz, 1984.
Verano-otoño (corte 5 cm)	49,7	(2)	---	Gargano et al., 1997.
Verano-otoño (corte 10 cm)	50,1	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Otoño	53,5	(1)	---	Cangiano et al, 1978.
Diferido	45,6	(1)	---	Cangiano et al, 1978.
Diferido	34,83	(2)	33,7 - 36,3	Gargano y Aduriz, 1984.
Diferido junio (corte 5 cm)	42	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Diferido junio (corte 10 cm)	42,7	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Diferido agosto (corte 5 cm)	40,7	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Diferido agosto (corte 10 cm)	39,3	(2)	---	Gargano et al, 1997.
Heno	58,74	(1)	57,1 - 60,35	Marchi et al, 1973.
(cv. Ermelo)				
Primavera - verano	57,56	(2)	54,4 - 60,2	Gargano y Aduriz, 1984.
Diferido	37,8	(2)	35,9 - 38,8	Gargano y Aduriz, 1984.
(cv. Morpha)				
Primavera - verano	56,8	(2)	53,7 - 59,6	Gargano y Aduriz, 1984.
Diferido	35,4	(2)	33,9 - 38	Gargano y Aduriz, 1984.
(cv. Conferta)				
Primavera - verano	52,56	(2)	46,1 - 59,8	Gargano y Aduriz, 1984.
Diferido	34,3	(2)	32,8 - 36,5	Gargano y Aduriz, 1984.
Pasto miel (Paspalum dilatatum)				
Primavera	60,6	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Verano	50	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Otoño	46,9	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Invierno	47,5	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Pasto ovillo (Dactylis glomerata)				
(cv. El Cencerro MAG)				
Septiembre	63,4	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Octubre	70,5	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Noviembre	64	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Diciembre	52,5	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Raigrás perenne (Lolium perenne)				
Julio	69,9	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Noviembre	73,4	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
1ª quincena diciembre	69	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
2ª quincena diciembre	62	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Febrero	59,2	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Sorgo forrajero (Sorghum sp.)				
Pasada floración	49,52	(1)	---	Marchi et al, 1978.
Comienzo panojamiento	66,04	(1)	64,9 - 67,1	Danelón, 1979.
Silaje grano pastoso blando	46,97	(1)	45- 48,8	García Tobar, 1978.
Silaje grano pastoso ceroso	53,35	(1)	51,5 - 55,2	Révora et al, 1974.
Silaje	55,5	(2)	---	Crea Trenque Lauquen, sf.
Heno	52,95	(1)	---	Laborde et al, 1980.

Diferido	47,75	(1)	---	Laborde et al, 1980.
Trébol blanco (Trifolium repens)				
(cv. El Lucero MAG)				
Septiembre	68,4	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Diciembre	69,2	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Trébol de olor blanco anual (Melilotus albus, Medik)				
1ª quincena junio	79,46	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
1ª quincena julio	73,77	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
2ª quincena julio	74,15	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
2ª quincena agosto	73,8	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
1ª quincena septiembre	66,15	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
1ª quincena octubre	76,45	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
1ª quincena noviembre	76,89	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
2ª quincena noviembre	73,16	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
1ª quincena diciembre	71,23	(1)	---	Cangiano et al, 1979.
Trébol rojo (Trifolium pratense)				
(cv. El Sureño INTA)				
Octubre	66	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Diciembre	60,5	(2)	---	EEA INTA Pergamino, 1986
Trigo (Triticum aestivum)				
Heno rastrojo arrollado	59	(2)	---	Crea Trenque Lauquen, sf.
Triticale (Triticum aestivum x Secale cereale)				
Elongación	83,02	(2)	80,6 - 85,8	Larrea et al, 1984 a.
Principio emergencia espigas	80,66	(2)	80,1 - 81,2	Larrea et al, 1984 a.
Total emergencia espigas	73,53	(2)	72,3 - 74,5	Larrea et al, 1984 a.

El alcance, repetibilidad y extrapolación de los valores dados en esta tabla se encuentran limitados a las condiciones en que se obtuvieron, pudiéndose encontrar para un mismo forraje variaciones entre años, dentro de cada año, entre zonas, por condiciones climáticas, fertilidad de suelo, época de cortes, estado fisiológico y sanitario, método de elaboración, etc. Por lo tanto, esta tabla solo es orientativa. Para obtener certeza en el valor, deberán efectuarse los correspondientes análisis.

BIODISPONIBILIDAD (BioD) DE LOS MINERALES EMPLEADOS EN LOS SUPLEMENTOS

Los suplementos minerales son principalmente compuestos químicos de variada composición y naturaleza, yacimientos naturales procesados y subproductos de varios procesos industriales. El análisis químico muestra que cantidad de elementos nutrientes tiene el suplemento, pero no indica en que grado es utilizado por el animal cuando es consumido, ya que siempre se pierde alguna cantidad de lo ingerido, ya sea por falta de absorción o en la digestión normal o en los procesos metabólicos. Las formas en que los elementos se encuentran presentes puede variar ampliamente la disponibilidad biológica y por lo tanto influir en gran modo en su valor nutritivo. Es decir, que la información de las determinaciones químicas del contenido mineral de las fuentes no tiene gran significado nutricional si no va acompañado de un factor que indique con que eficiencia se va a utilizar dicho mineral.

El término disponibilidad biológica o biodisponibilidad (BioD) se emplea como medida de la habilidad de la forma en que se encuentra el elemento en consideración para soportar algún proceso fisiológico en términos relativos en comparación a una referencia estándar (Ej.: Biodisponibilidad del azufre elemental 31 % comparado con el 100 % del azufre de la metionina). Es decir, nos indica el grado de utilización de un

elemento contenido en un portador, o sea, la relación entre la cantidad ingerida y la realmente absorbida. En otras palabras, la BioD nos indica que porcentaje del mineral presente en un portador, comparado con otro portador de referencia, va a ser capaz de ser digerido, absorbido y transportado a aquellas partes del cuerpo donde deba ser utilizado para su función esencial.

La mayor parte, no todas, de las fuentes inorgánicas de minerales tienen una biodisponibilidad mayor, y en algunos casos hasta el doble, que la observada en los forrajes y concentrados. En gran parte, esto se debe a que estas fuentes de minerales tienen un proceso de aprovechamiento por el animal más reducido, ya que no se deben descomponer las uniones con los elementos estructurales. De todos modos, el elemento de cada portador inorgánico de minerales tiene una determinada biodisponibilidad.

Como hemos visto al tratar la composición mineral de las pasturas, en las mismas los minerales se encuentran en gran medida formando parte de las estructuras de sostén de la planta, es decir, formando complejos con los componentes de la pared celular. Una vez ingerido el forraje, debe producirse en el rumen la separación de esas uniones entre los minerales y los componentes fibrosos de los vegetales (solvatación).

Luego de solvatizarse, los minerales se encuentran en condiciones de ser absorbidos. Dependiendo de cuan estrechas o estables sean las uniones entre los minerales y los componentes vegetales, la solvatación va a ser menos eficiente, y por ende, va a ser menor su BioD. En base a ello, en la medida que los vegetales maduran (se lignifican) la BioD va a ser menor (Durán y Carugati, 1988).

Las fuentes inorgánicas de minerales, al aportar los elementos en forma libre, no unida a complejos orgánicos como en el caso de los vegetales, obvian el paso de la solvatación y por ello su BioD es por lo general más elevada.

Chicco et al (1965) consideran que la solubilidad de una fuente fosfórica puede ser considerada como un índice útil de biodisponibilidad de la misma para el animal. El método oficial utilizado en la Comunidad Económica Europea para evaluar fuentes fosforadas destinadas a la alimentación de animales consiste en hacer una doble solubilización de fósforo, primero en agua y luego en ácido cítrico. Mediante este método se extraen en el agua los ortofosfatos monocálcicos y en el ácido cítrico los ortofosfatos di y tricálcicos. Esta técnica se considera cualitativa. Algunos autores señalan que existe una correlación significativa entre los resultados de biodisponibilidad de fósforo obtenidos in vivo y los encontrados mediante la medición de su solubilidad in vitro en ácido cítrico o solubilidad cítrica del fósforo (S.C.F.) (Castellanos Ruelas et al, 1997; Moguel Ordóñez y Castellano Ruelas, 1996). Rochinotti (1985), al comparar los datos de solubilidad con los de valor biológico, observa que los datos guardan un mismo orden, pero que difieren en el valor absoluto de la estimación, por lo que el parámetro solubilidad podría emplearse para ordenar suplementos entre sí, pero no para estimar su valor biológico.

MINERALES QUELATADOS O QUELADOS

Las sales inorgánicas son divididas en el proceso de digestión en iones libres. En muchos casos estos iones se ligan a otras moléculas dificultando su absorción, por lo que la respuesta a estas fuentes de minerales puede variar considerablemente en cada caso.

Un mineral quelato es el resultado de la unión entre un ión metal (mineral) y una proteína o aminoácido. El quelato se obtiene cuando el ligante orgánico se une al metal en más de un punto, de manera que se forma un anillo, del cual el metal forma parte, dando complejos orgánicos de liberación controlada.

Acedo y Rico González. (1998) indican que estos compuestos se producen con objeto de mejorar la biodisponibilidad del micromineral cuando se suministra al animal. Existen diferentes alternativas en el mercado pero la literatura científica no siempre diferencia bien el tipo de producto que se emplea en los ensayos. Los productos más frecuentemente encontrados son :

a) **Complejo metal-aminoácido**: resulta de acomplejar una sal soluble de metal con un aminoácido. Se trata de un complejo de bajo peso molecular ya que es la unión de un mol de metal con un mol del aminoácido. Se conocen también como complejos 1:1

b) **Quelatos**: resultan de la reacción de una sal soluble del metal con varios aminoácidos. La relación molecular en estos complejos (metal:aminoácidos) suele ser 1:2 ó 1:3. Estos productos no son de alto peso molecular pero superior siempre al del metal:aminoácidos (1:1).
c) **Proteinatos**: se forman por reacción de una sal soluble del metal con aminoácidos y/o proteína hidrolizada parcialmente. Son de alto peso molecular.
d) **Complejos polisacáridos/metal**: son de alto peso molecular y se forman por reacción de sal soluble del metal con una solución de polisacáridos.

En el cuadro 11.15 se recogen las principales características que diferencian a estas formas de aportar los microminerales bajo forma orgánica.

Cuadro 11.15.- Factores a considerar en la elección de una forma orgánica de microminerales

	Metal-aminoácidos	Quelatos	Proteinatos	Polisacáridos-metal
Peso molecular	Bajo	Bajo	Alto	Alto
Relación metal:aa	1:1	1:2 - 1:3	1 - n	1 - n
Definición química	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil
Solubilidad	Alta	Baja	Baja	Baja
Absorción	Directa	Directa si es soluble	Digestión previa	Digestión previa
Estabilidad	pH 3 - 7	pH 7 - 9	Inv. proporcional al peso molecular	Inv. proporcional al peso molecular
% máximo metal	20-25	15-20	<	<

Los aminoácidos son moléculas idóneas para formar quelatos pues disponen de dos grupos funcionales, el amino y el hidroxilo para formar el anillo con el metal. Las formas más deseables son las más ricas en mineral.

Ejemplos de productos quelatos naturales son la hemoglobina con el hierro, la vitamina B12 con el cobalto o la clorofila con el magnesio.

Los quelatos ofrecen como ventaja teórica respecto de las formas inorgánicas, en que son absorbidos con mayor facilidad e independientemente de los cambios de pH y potencial rédox del tracto digestivo, lo que permite su transporte directo del intestino hacia la corriente sanguínea.

Las formas minerales inorgánicas, en especial los sulfatos en medios de pH bajo tienden a interaccionar con otras moléculas resultantes de la digestión. Durante este proceso se pueden formar quelatos pero también pueden formarse complejos indigestibles.

La absorción de los microminerales depende de su solubilidad, y los quelatos se mantienen solubles en todo el tracto digestivo y se absorben como tal. Por lo tanto, una ventaja del uso de minerales quelatos es que disminuyen el riesgo de interacciones negativas con otros minerales.

Los quelatos con aminoácidos son muy estables, debido a que el metal es químicamente inerte. Los quelatos formados por aminoácidos de bajo peso molecular total incluido el metal (inferior a 800 Daltons) atraviesan las membranas de las células intestinales sin necesidad de ser hidrolizados en el lumen. Una molécula proteica de mayor tamaño al del dipéptido no puede transportar de manera efectiva un ion a través de la mucosa, ya que debe ser hidrolizada previamente en el lumen.

En la membrana celular, un tripéptido (gamma-glutamil glutatión) se encarga del transporte del quelato hasta el interior del citoplasma, utilizando para ello dos sistemas enzimáticos: la gamma-glutamil transpeptidasa y la gamma-glutamil ciclotransferasa. Esta absorción se realiza mediante transporte activo, requiriendo ATP (energía). Los oligoelementos que constituyen estos quelatos tienen:

- Absorción alta, casi del 100 %
- Ausencia de problemas de interacciones con otros macro y microminerales
- Ausencia de la influencia de la solubilidad del medio.

- Estabilidad debido a no formar otros ligantes con sustancias de la dieta y que pueden originar la precipitación e insolubilización del metal y, por ende, su absorción.
- Alta disponibilidad biológica.
- El metal se encuentra químicamente inerte y no reaccionante, debido a su estabilidad (estable y eléctricamente neutro).

Debido a los mecanismos de absorción anteriormente citados sin duda parecen tener ventaja los productos más simples que son los complejos metal-aminoácidos. Se trata de los productos de menor peso molecular, alta solubilidad y, a la vez, son lo que pueden aportar una concentración de metal más alta.

La desventaja que todos ellos tienen frente a las formas inorgánicas es que el coste de suplementación es mucho más elevado. Esto hace que, comercialmente, se empleen con un objetivo específico mas que como una alternativa de suplementación. Debido a este importante factor, es labor del nutricionista definir en qué situaciones es deseable emplear alguno ó algunos de los microminerales bajo forma orgánica y, sobre todo, estimar su potencial rentabilidad de uso.

Los más conocidos son zinc-metionina, cobre-lisina y manganeso-metionina. En rumiantes la Zn-metionina es la forma orgánica de suplementación de un micromineral más extendida, siendo una alternativa para evitar las interferencias con el cobre, selenio y calcio. A su empleo se le atribuyen mejoras en los epitelios, por lo que se favorece indirectamente los parámetros reproductivos y sanitarios de los animales.

En terneros se emplean también complejos de aminoácidos con manganeso como mejoradores de la eficacia de conversión y para mejorar la calidad de la canal.

Ha existido particular interés en los complejos de cobre como medio de proveer suplementación que escape a la degradación en el rumen y evite por consiguiente la formación de sulfuros y tiomolibdatos de cobre pobremente absorbidos. Suttle (1980) revisó el uso de estas sustancias en la absorción de cobre y concluyó que no hubo claras ventajas sobre las más comunes y menos caras formas inorgánicas de proveer el microelemento.

De cualquier modo, las evidencias de un aumento en la absorción son débiles. En distintos informes se establece que la biodisponibilidad de cobre desde Cu-lisina administrada a ovejas y vacunos fue similar a la del sulfato de cobre; a muy altas dosis de cinc, corderos suplementados con Zn-lisina acumularon más cantidad del mineral en tejidos que aquellos que recibieron Zn-metionina o sulfato de cinc.

Ciria Ciria (2005) coinciden con lo dicho anteriormente sobre las ventajas de las fuentes orgánicas de minerales, pero indican que también hay desventajas, entre las que destacan el precio, pues suponen un costo de suplementación por unidad de mineral BioD muy superior al de las sales inorgánicas; el control analítico es complicado y no siempre permite diferenciar las formas orgánicas técnicamente bien diseñadas de las simples mezclas de minerales y aminoácidos, donde realmente no existe una unión química entre la matriz orgánica y el micromineral. Y por último, que los resultados que aparecen en la literatura científica no son siempre consistentes y es difícil constatar por tanto la efectividad de su uso.

MINERALES, PORTADORES Y BioD

FÓSFORO

En los forrajes, el contenido de fósforo es bajo, y como se encuentra unido a un compuesto orgánico perteneciente a la pared celular, el ácido fítico, de difícil solvatación, la BioD de ese fósforo es baja, de alrededor del 50 %.

El tránsito intestinal rápido de los forrajes con bajo contenido de materia seca, ya sea verde o ensilado, en particular de leguminosas y de estadíos vegetativos tempranos de las plantas, resulta desfavorable para la eficacia de absorción. Por ello la disponibilidad del fósforo a partir de forrajes verdes o conservados es en general inferior a la obtenida de fuentes inorgánicas de calidad.

Los concentrados pueden tener contenidos relativamente importantes de fósforo, pero hay que destacar que se halla íntimamente ligado a los componentes fibrosos de cereales y subproductos, lo que determina una baja BioD, de alrededor del 30 %.

Los fosfatos solubles, tales como el fosfato sódico, ácido fosfórico y fosfato monocálcico tienen aproximadamente la misma y la más alta biodisponibilidad, seguidos muy de cerca por el fosfato dicálcico, el fosfato desfluorado, la harina de hueso (ortofosfato tricálcico) y el fosfato de roca bajo en flúor o roca fosfórica.

La roca fosfórica contiene 6,8 a 12,2 % de fósforo con biodisponibilidad de 65 a 68 %. Moguel Ordóñez y Castellanos Ruelas (1996) indican que es posible tener una idea somera de la calidad de una roca fosfórica observando el color. Las de mejor calidad son las de color blanco, y en orden decreciente, las de color amarillo, rosado, café y gris. La roca fosfórica, por ser un mineral natural, se encuentra frecuentemente asociada con sales de otros elementos que han sustituido al calcio o al fósforo, formando carbonatos, sulfatos o fluoruros.

El flúor es el más problemático, pudiendo llegar a contener entre 0,14 % y 4 %. Por ello en muchos casos es necesario desfluorinar la roca fosfórica, considerándose como tal la que no contiene más de una parte de flúor por cada 100 partes de fósforo (fosfato grado alimenticio, Feed Grade). Aguado Sánchez et al (1996) encontraron una biodisponibilidad del flúor de la roca fosfórica del 87 al 90 %, lo que hace de ésta una sal de alto riesgo toxicológico. Por todo esto, los fosfatos grado fertilizantes (por ej. fosfato diamónico) no deben ser utilizados en la alimentación animal.

Cuando se incluyen fosfatos de yacimientos, o fuentes de fósforo con elevados tenores de flúor, como es el caso del superfosfato triple, deben considerarse los niveles máximos tolerables de este elemento para el bovino, que ha sido estimado alrededor de 100 ppm (NRC, 1984).

Otro punto que debe ser cuidado es el de metales pesados como cadmio y arsénico, cuyos valores deberán ser inferiores a 10 ppm, plomo (<30 ppm) y mercurio (<0.1 ppm)

Los fosfatos de calcio son los portadores de fósforo más comunes y convenientes como suplementos minerales, ya que además de fósforo aportan calcio y tienen balanceada la relación entre ambos nutrientes. Otros fosfatos también pueden ser empleados como suplementos de fósforo, pero es necesario agregarles calcio.

Otras fuentes de fósforo que pueden usarse como suplementos son ciertos fertilizantes, los fosfatos de guano y fosfatos sintéticos, pero en general no se producen en el país y, en algunos casos, se debe tener precaución en su uso, pues pueden ser poco asimilables y/o pueden contener elementos tóxicos (flúor, arsénico, plomo, etc.).

Con respecto a la harina de hueso, Namiotkiewcz et al (1973), trabajando con vacas, concluyeron que la utilización aparente del fósforo de la harina de hueso era del 60,3 %. Aroeira et al (1979) coinciden con otros autores en que la digestibilidad verdadera (fósforo y calcio) para la harina de hueso autoclaveada (digestada) es del 46 %. Durán y Carugati (1988) dan para la BioD del fósforo de la harina de hueso aproximadamente 80-85 %.

La harina de hueso está integrada principalmente por fosfato tricálcico, además de pequeñas proporciones de fosfato de magnesio, carbonatos y otras sales cálcicas y oligoelementos en mínimas proporciones.

El hueso de frigorífico ("hueso fresco"), y aún el de campo no totalmente blanco ("hueso verde"), está integrado, además de por sales minerales, por oseína, restos de músculos, grasa y colágeno. La presencia de restos orgánicos en las harinas de hueso de mala calidad trae aparejado fuertes inconvenientes para su conservación, sobre todo a la intemperie, por el mal olor que adquieren a consecuencia del enranciamiento y putrefacción de los mismos, que incluso lleva a que los animales rechacen la mezcla mineral por falta de palatabilidad. Por lo tanto, la calidad de la harina de hueso disminuye a medida que aumenta la proporción de restos orgánicos.

Otra condición que debe reunir una harina de hueso es que haya sido sometida a un proceso de esterilización para eliminar microorganismos patógenos.

A fin de eliminar los restos orgánicos y esterilizar, se somete a los huesos a distintos procedimientos (cocción, digestión a presión en autoclave, calcinación). Luego se muelen a polvo, solos o con sal.

El art. 24.6.13 del "Reglamento de Inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal" de la Ley Federal de Carnes Nº 18.811 (SENASA, 1975) dice: "Se entiende por harina de huesos cocidos al vapor (Steam bone meal) a la harina resultante de los huesos tratados al vapor a presión, secados y triturados hasta su reducción a polvo.... El fosfato tricálcico será como mínimo del 70 %".

Hasta 1995, la harina de hueso digestada fue el portador de fósforo y calcio más empleado en la Argentina, debido a la buena producción existente, calidad y bajo costo por gramo de fósforo biodisponible. En ese año, a raíz de la aparición de la E.E.B. (Encefalitis espongiforme bovina o "enfermedad de las vacas locas") en Gran Bretaña y algunos otros países de Europa, y aunque la Argentina está libre de esta enfermedad, como medida lógica de precaución, se prohibió el empleo de las harinas de hueso digestadas y de las harinas de carne en la alimentación de los rumiantes, ya que el prión no es destruido por las temperaturas a que se elaboran estos subproductos animales.

La **harina de hueso calcinada o ceniza de hueso** sí está permitida si su elaboración se atiene a las recomendaciones internacionales, considerándose un producto seguro de aporte mineral ante la E.E.B.

La Resolución 485/2002 del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Sanidad Animal actualmente en vigencia ordena:

Prohíbese en todo el Territorio Nacional el uso de proteínas de origen mamífero, ya sea como único ingrediente o mezclada con otros productos, para la administración con fines alimenticios o suplementarios a animales rumiantes. Derógase la Resolución Nº 611/96.

VISTO el expediente Nº 6534/2002 del registro del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, la Resolución Nº 611 del 22 de octubre de 1996 del ex-Servicio Nacional de Sanidad y considerando:

Que la Dirección Nacional de Fiscalización Agroalimentaria, la Dirección Nacional de Sanidad Animal, la Dirección de Laboratorios y Control Técnico y la Coordinación de Cuarentenas, Fronteras y Certificaciones, proponen la modificación de la Resolución ex-SENASA Nº 611/96 con el objeto de optimizar los controles sobre alimentos y materias primas que los integran, que se administran a los bovinos, ovinos y otras especies rumiantes.

Que la aparición de casos de Encefalopatía Espongiforme Bovina (B.S.E.) en el Reino Unido de Gran Bretaña y otros países de la Unión Europea, está asociada al consumo de harinas de carne y hueso contaminadas con el agente de la enfermedad.

Que por tal motivo, y a efectos de minimizar la probabilidad de reciclado del agente de la B.S.E., se ha dispuesto mediante Resolución ex-SENASA Nº 611/96, **prohibir** la alimentación de rumiantes con harinas de rumiantes.

Que a posteriori del dictado de dicha norma, se ha verificado en países de la Unión Europea casos de fraudes y contaminaciones cuya constatación ha determinado la necesidad de reforzar todas las medidas de prevención, monitoreo y vigilancia tendientes a detectar, evitar y reprimir el uso de proteínas de rumiantes en animales rumiantes.

Que por las características de las pruebas diagnósticas disponibles en la actualidad y por la naturaleza del origen de las contaminaciones con proteínas animales en alimentos para rumiantes, es necesario, respectivamente, la extensión de la prohibición establecida mediante la mencionada Resolución ex-SENASA Nº 611/96, a todas las proteínas mamíferas, y establecer los parámetros a partir de los cuales se considerará fraude o contaminación, a la presencia de harinas mamíferas en alimentos para rumiantes, medidas que han sido adoptadas con anterioridad por otros países como los miembros de la Unión Europea y los Estados Unidos de América.

Que en el mismo orden, corresponde reformular las prescripciones vigentes en lo que hace al etiquetado de productos que no deban ser utilizados para la alimentación de rumiantes.

Que por todo lo expuesto resulta imprescindible implementar medidas que refuercen la trazabilidad de las acciones de control.

Que es conveniente disponer de criterios de decisión uniformes a aplicar en aquellos casos en que se detecten contaminaciones o fraudes por uso de sustancias prohibidas en alimentos para rumiantes.

Que la Dirección de Asuntos Jurídicos ha tomado la intervención que le compete.

El presidente del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria resuelve:

Artículo 1º.- **Prohíbese** en todo el Territorio Nacional el uso de proteínas de origen mamífero, ya sea como único ingrediente o mezclada con otros productos, para la administración con fines alimenticios o suplementarios a animales rumiantes.

Art. 2º.- PROTEÍNAS DE ORIGEN MAMÍFERO. A efectos de la presente Resolución se entiende por proteínas de origen mamífero a: harina de carne y hueso, harina de carne, harina de huesos, harina de sangre, plasma seco, harina de órganos, hueso digestado molido u otros derivados y cualquier otro producto que las contenga.

Art. 3º.- PROTEÍNAS LÁCTEAS PRODUCIDAS POR RUMIANTES. Exceptuase de la prohibición a que se hace referencia en el artículo que precede a las proteínas lácteas producidas por los rumiantes.

Art. 4º.- CENIZA DE HUESO PROVENIENTE DE ANIMALES RUMIANTES. Autorizase, para suplemento de la alimentación de rumiantes, como aporte de minerales (fósforo y calcio) de origen animal, a la **ceniza de hueso proveniente de animales rumiantes**.

Art. 5º.- La ceniza de hueso que se cita en el artículo 4º de la presente resolución, se deberá obtener sometiendo a los huesos a una temperatura no inferior a **seiscientos grados centígrados** (600ºC) durante un período mínimo de **una (1) hora**, debiéndose constatar la ausencia de proteínas. La Dirección de Agroquímicos, Productos Farmacológicos y Veterinarios podrá establecer los procedimientos específicos a tales efectos.

Art. 6º.- ALIMENTO CONTAMINADO. Cuando se detecte en alimentos balanceados para rumiantes la presencia de los productos consignados en el artículo 1º de la presente resolución, en concentraciones inferiores a cero coma tres por ciento (0,3 %), se considerará que el alimento está contaminado. En dicho caso corresponde se dé inmediata intervención a la Dirección Nacional de Fiscalización Agroalimentaria y/o Dirección Nacional de Sanidad Animal del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria a efectos de que tales Direcciones Nacionales procedan a efectuar: una (1) Auditoria o Inspección, un (1) Muestreo intensivo (dirigido) y adopten las medidas precautorias pertinentes en el Establecimiento Rural o Establecimiento Elaborador de Alimentos Balanceados involucrado. En el caso de que en un mismo establecimiento se produzcan dos (2) hallazgos reiterados en este sentido, deberá darse intervención inmediata a la Coordinación General de Equipos Integrales de Fiscalización e Infracciones Sanitarias (EIRS) de este Servicio Nacional a efectos que se adopten las acciones legales pertinentes.

Art. 7º.- ALIMENTO ADULTERADO. Cuando se detecte en alimentos balanceados para rumiantes la presencia de los productos consignados en el artículo 1º de la presente resolución, en concentraciones superiores al cero coma tres por ciento (0,3 %), se considerará que el alimento está adulterado e infringe las previsiones de la presente resolución, debiéndose adoptar en tal caso, en forma inmediata, las medidas preventivas previstas en el artículo que precede u otras que resulten aconsejable, según el caso, y se dará intervención a la precitada Coordinación General de Equipos Integrales de Fiscalización e Infracciones Sanitarias (EIRS) a efectos de adoptar las acciones legales correspondientes.

Art. 8º.- RÓTULOS DE LOS ENVASES. Los rótulos de los envases de proteínas de origen mamífero que se comercialicen como tal y de los alimentos balanceados destinados a especies mamíferas no rumiantes que se crían para la producción de alimentos destinados al consumo humano, que las contengan como ingrediente, deberán consignar obligatoriamente en forma destacada la leyenda “Prohibido su uso en la alimentación de vacunos, ovinos, caprinos u otros rumiantes”

Art. 9º.- PLAZO PARA EFECTUAR LA ROTULACIÓN. Se establece un plazo de ciento ochenta días de la publicación de la presente resolución, para que se produzca en los rótulos la inclusión de la leyenda mencionada en el artículo precedente.

Art. 10º.- Derógase la Resolución Nº 611 del 22 de octubre de 1996 del ex-Servicio Nacional de Sanidad Animal.

Art. 11º.- Comuníquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial y archívese.

La ceniza de huesos es un polvo blanquecino con tonalidades grisáceas, que se acentúan cuando la combustión no ha sido completa por falta de oxígeno, lo que origina residuos carbonosos de color negro. El contenido de cenizas totales debe ser superior al 96 % y no debe contener materia orgánica.

El fósforo óseo se encuentra dentro de una estructura cristalina, la hidroxiapatita que tiene un 18,5 % de fósforo y un 39,5 % de calcio. El contenido de fósforo de las cenizas de huesos comerciales, sin el agregado de excipientes varía entre el 14 % y el 18,5 %, dependiendo del grado de calcinación.

El procesamiento final de las cenizas de huesos incluye la molienda cuyo objetivo es el de producir un tamaño de partícula uniforme.

La harina de hueso calcinada tiene un alto pH, no así la digestada. El pH alto disminuye la digestibilidad y la palatabilidad (Coppock et al, 1972), por lo cual es conveniente agregarle a la harina de hueso calcinada ácido fosfórico, humedeciéndola levemente con él por rociado al colocarla en el saladero.

La ceniza de huesos, al no contener materia orgánica, se conserva muy bien y por largo tiempo, por lo que no se registran problemas en el consumo de los suplementos formulados con ceniza de huesos ni en su estabilidad mezclada con sal y otros minerales en saladeros.

Con la entrada al mercado de distintas clases de fosfatos inorgánicos se presentó un problema de palatabilidad, que afecta el consumo de la mezcla y también de estabilidad física de las mezclas minerales en las bateas. La humedad, proveniente principalmente de la lluvia, produce una compactación de la mezcla en la batea que disminuye el consumo por parte del animal. Este problema, que no lo tiene la ceniza de huesos, llevó a que en la formulación de las mezclas minerales se incluyera material de origen vegetal como el afrecho de arroz, el afrecho de trigo o la pulpa de citrus peleteada.

Esto último ha determinado que en tales fórmulas se vea imposibilitado el control de calidad de los suplementos minerales, en lo que respecta al grado de calcinación de la ceniza de huesos. Un suplemento mineral con el agregado de material vegetal presenta un contenido variable de materia orgánica y de proteínas, cuyo origen no puede ser distinguido en los análisis de rutina de laboratorio. Esto es, no se puede determinar si la materia orgánica, o la proteína, son de origen vegetal o animal (Somma de Feré y Rochinotti. 2004).

La harina de hueso calcinada es la única fuente de fósforo que se produce actualmente en el país. Su precio es varias veces menor que los otros suplementos fosforados, aún considerando que puedan tener una mayor biodisponibilidad.

El método de calcinación muchas veces se efectúa en forma primitiva, no llegándose a efectuar una correcta esterilización. Por lo tanto, debe tenerse precaución al emplear la harina de hueso calcinada, sobre todo respecto a la seriedad del fabricante y que el método y tiempo de calcinación empleado se adapte a lo exigido por SENASA.

La relación ceniza/fósforo es importante para controlar la posibilidad de adulteración por el agregado a la harina de hueso de carbonato de calcio u otra materia prima sin fósforo más barata. La relación máxima debe ser 6,6:1, es decir, que cuando la ceniza es mayor a 6,6 con respecto al fósforo, hay posibilidad de adulteración de la harina.

Tabla 11.16.- Composición química promedio de harinas de hueso digestada y calcinada sobre base seca (Adapt. de Berti y Olivero, 1995).

Proceso	Fósforo	Calcio	Ceniza
Harina de hueso digestada	11,41	25,92	75,35
Harina de hueso calcinada	14,94	37,44	97,99

Un método menos preciso pero muy simple de realizar a campo, que sólo sirve para averiguar si la harina de hueso está adulterada con carbonato de calcio, es el empleo de ácido clorhídrico (muriático) diluido en

agua en proporción de 1 a 5 a 1 en 10. Aplicado sobre la muestra de harina de hueso, si contiene carbonato de calcio, el ácido clorhídrico reacciona con el mismo, dando cloruro de calcio, agua y anhídrido carbónico. Este último al ser liberado produce un burbujeo. Si es harina de hueso pura, el burbujeo no se produce.

Con la información provista, se puede inferir la siguiente clasificación de las harinas de hueso:

Tabla 11.17.- Calidades de harinas de hueso (Modificado de INTA, 1974)

Proceso	Calidad	% de P	Materia orgánica	Color	Olor
Digestada	Muy buena	+ 14 %	- 15 %	Blanco	Inodora
	Buena	12 %	25 – 30 %	Amarillento a pardo	Picante "sui generis" (osamenta suave)
	Regular	10 %	30 – 36 %	Pardo a pardo oscuro	Muy intenso "sui generis" (osamenta fuerte)
	Mala	- 8 %	+ 36 %	Variable	Rancio fuerte
Calcinada	Muy buena	+ 14 %	- 10 %	Negro a ceniza	Inodora
	Buena	12 %	- 10 %	Ceniza a negro	Inodora
	Regular	10 %	30 %	Gris	"Sui generis"
	Mala	- 8 %	+ 30 %	Gris; cuerpos extraños.	"Sui generis"

CALCIO

Además de los portadores de calcio que contienen fósforo, los mas conocidos y utilizados son la conchilla molida, que es carbonato de calcio ($CaCO_3$) de origen marino, y la cal común empleada en la construcción, también carbonato de calcio, que se extrae de canteras.

La cal común se obtiene principalmente de los yacimientos de piedra caliza. Se puede adquirir en los negocios del ramo (corralones) en la forma pura (cal viva) o hidratada, como hidróxido de calcio (cal apagada). Es indistinto para el metabolismo animal usar una u otra forma, pero la cal apagada, por su presentación en polvo seco, resulta ser la más práctica para mezclar con otros alimentos.

La cal tiene una concentración de calcio de un 40 %, con una BioD de alrededor del 60 %. Es decir, que si se suministran 100 g de cal se cuenta con 40 g de calcio de los cuales el animal podría aprovechar unos 24 g.

Para el calcio vale lo precisado anteriormente para el fósforo con respecto a los forrajes y concentrados, que lo contienen en bajas concentraciones y se encuentra ligado a las estructuras fibrosas, siendo por ello su BioD baja, de un 30 %.

Los rumiantes parecen ser más sensibles a las diferentes fuentes de calcio que otras especies domésticas. Para el vacuno, la BioD más alta se encuentra en la harina de hueso (80-90 %), fosfato monocálcico y fosfato dicálcico; le siguen en biodisponibilidad intermedia el hidróxido de calcio (40 %), fosfato desfluorinado y carbonato cálcico (30 %).

La conchilla, menos soluble, tiene una BioD de un 30 %. Durán y Carugati (1988) indican que la BioD del calcio presente en la conchilla varía, dependiendo del grado de molienda. Para que la BioD sea más elevada que el 30 %, la molienda debe ser muy fina. Así y todo, nunca es mayor del 50-60 %.

La biodisponibilidad está fuertemente influenciada por la edad:

Tabla 11.18.- Influencia de la edad en la biodisponibilidad del calcio.

	Ternero	Adulto
Harina de hueso	68 %	55 %
Cloruro de calcio	60 %	53 %
Fosfato de calcio	64 %	50 %
Heno de alfalfa	41 %	31 %

SODIO

El agregado de cloruro de sodio (sal común) a las mezclas minerales tiene como finalidad hacerlas más palatables y aportar sodio y cloro, dos elementos en que las aguas de bebida pueden ser deficientes (arroyos, tajamares, vertientes, lagunas, ciertas napas, etc.) y también muchas pasturas, según vimos anteriormente. También impide la proliferación de microorganismos en la mezcla mineral expuesta a la intemperie, con lo que contribuye a mantener la calidad y palatabilidad de la misma.

En la Argentina la sal se obtiene extrayéndola de las salinas o salares, que son cuencas en donde se ha acumulado cloruro de sodio en cantidades económicamente explotables, pudiéndose extraer por labores a cielo abierto.

Ciertas salinas del Noroeste (Caucharí en Jujuy, Rincón y Pocitos en Salta) están mal denominadas así porque el cloruro de sodio alterna con boratos y sulfatos, por lo que más bien son borateras. Otros términos correctos para definir las acumulaciones de sales son:

Salitral: una cuenca cuyo relleno está impregnado por un porcentaje bajo de sales solubles.

Sulfatera: una cuenca en la que el relleno superficial está constituido por sulfato de sodio, magnesio o mezcla de ambos.

El cloruro de sodio está compuesto por un 39,34 % de sodio y un 60,66 % de cloro. Si bien para todo efecto la sal común se considera únicamente como cloruro de sodio, posee ciertos porcentajes de impurezas, cuya cantidad y calidad dependen de la salina de donde se extrajo y del proceso de purificación a que ha sido sometida. Por ejemplo, la sal proveniente de las Salinas Grandes de Hidalgo (La Pampa) posee impurezas compuestas por sulfato de calcio, cloruro de magnesio, sulfato de sodio, sulfato de magnesio, carbonato de sodio, una fracción mínima no determinada y otra insoluble. Para reducir a límites mínimos el contenido de sulfatos, calcio y magnesio es necesario un estacionamiento en parvas muy prolongado y/o un procedimiento posterior por lavado, con lo cual el contenido en impurezas se reduce, que en el caso de las salinas citadas, llega finalmente a 0,5 % (Stauffacher, 1967). De todos modos, este porcentaje de impurezas, y aún mayor cantidad, siempre que no se trate de elementos tóxicos, no ocasiona problemas en la suplementación animal, por el contrario, pueden ser de utilidad.

En el siguiente cuadro se puede observar la variación de la composición de la sal que existe entre algunas salinas, y aún dentro de una misma zona de salinas:

Cuadro 11.19.- Análisis de sales de algunas salinas argentinas (Adapt. de Río y Achával, 1905)

Componente	Provincia de Córdoba					Prov. Bs.As.	Prov. Río Negro	Prov. Chubut
	Quilino				Mistoles y Mar Chiquita	Bahía Blanca	Río Negro	Península de Valdéz
	I	II	III	IV				
Sulfato de calcio	--	8,362	4,621	0,16	0,043	0,15	1,72	0,933
Sulfato de sodio	--	12,835	6,312	--	0,691	vest.	vest.	--
Sulfato de magnesio	--	1,001	--	0,12	--	0,78	--	--
Sulfato de potasio	--	4,623	--	--	--	--	--	--
Cloruro de magnesio	--	--	0,925	--	--	--	0,09	0,479
Cloruro de potasio	--	--	--	0,37	--	0,24	--	--
Cloruro de sodio	99,625	69,671	84,258	97,45	96,610	92,10	97,67	92,828

No se debe emplear sal proveniente de saladeros, curtiembres u otros usos industriales o caseros, pues puede contener elementos tóxicos, materia orgánica y/o microorganismos patógenos.

El sodio del cloruro de sodio y el de la mayor parte de las sales de sodio tiene una biodisponibilidad alta, de un 90 %.

AZUFRE

Para bovinos, la biodisponibilidad del azufre del sulfato de sodio y del de magnesio es del 54 % (intermedia) y el del azufre elemental 31 % (baja), comparados con el 100 % del azufre de la metionina.

El sulfato de calcio granulado y solubilizado (yeso agrícola) con 90 % pureza tiene 27 % calcio y 21% de azufre. Es una fuente de azufre muy económica, existiendo en Mendoza muy buenas canteras.

Kahlon et al (1975) ordenaron algunas de las fuentes de azufre disponible para los microorganismos del rumen en forma decreciente: sulfato de calcio, sulfato de amonio, sulfato de sodio, sulfuro de sodio y azufre elemental. También se puede emplear sulfato de magnesio y sulfato de potasio.

MAGNESIO

La biodisponibilidad del magnesio de los forrajes oscila entre el 10 y 25 %. Se ve afectada por los contenidos de potasio y nitrógeno del forraje. La BioD del magnesio para gramíneas con bajo contenido de nitrógeno es del 18 al 24 %, pero cuando se incrementa la concentración de nitrógeno cae a un 11 a 16 %. Es decir, que en forrajes fertilizados o en estado de crecimiento exuberante van a existir bajos porcentajes de utilización del magnesio, y es justamente en estas situaciones donde la presentación de tetanias hipomagnesémicas es frecuente.

En los granos y concentrados la BioD del magnesio está entre el 30 y 40 %.

El óxido de magnesio tiene la BioD más alta (87 %); le siguen el sulfato y carbonato de magnesio, también con biodisponibilidad alta, mientras que el magnesio de la dolomita (carbonato de calcio y magnesio), según Gerken y Fontenot (1967) y Ammerman y Chicco (1968), es prácticamente indisponible (15 a 20 %).

POTASIO

La biodisponibilidad del potasio en los alimentos, tanto orgánicos como inorgánicos, es alta, del 90 %.

Los portadores más comunes empleados son potasio en forma de cloruro, sulfato, fosfato, bicarbonato, carbonato y acetato.

COBRE

Chapman y Bell (1963) ordenaron en forma decreciente las formas inorgánicas de cobre de acuerdo a la biodisponibilidad: carbonato de cobre, nitrato de cobre, sulfato de cobre, cloruro cúprico, óxido de cobre molido y óxido de cobre agujas.

El sulfato de cobre es la fuente standard para comparar otras fuentes de suplementación de cobre, a la cual se le asigna un valor de 100.

La biodisponibilidad relativa del cobre tribásico es 121 % (basado en nivel de cobre plasmático) y 196 % (basado en la acumulación de cobre en hígado) mayor que la del sulfato de cobre (Spears, 2003). Esta mayor biodisponibilidad del cobre tribásico se debe a que es una sal poco soluble en las condiciones ruminales, con lo cual se reduce el potencial para interactuar con el molibdeno y sulfatos en el rumen.

Las formas orgánicas de cobre demostraron ser igual o más biodisponible que el sulfato de cobre, variando los resultados según los autores. En dietas con altas cantidades de molibdeno, el proteinato de cobre fue más biodisponible que el sulfato de cobre en numerosos trabajos (103 %) (Ward et al, 1996, Kincaid et al., 1986); sin embargo, Wittenberg et al, (1990) encontraron similar eficiencia de absorción del proteinato y sulfato de cobre en dietas con altos niveles de molibdeno. Por su parte, la biodisponibilidad de cobre-lisina tendió a ser similar que la del sulfato de cobre (Ward et al., 1993). Kegley y Spears (1994) en dos experiencias demostraron igual biodisponibilidad del sulfato de cobre y de Cu-lisina.

Estas diferencias de biodisponibilidad muchas veces no justifican el empleo de las formas orgánicas de cobre por su mayor costo.

La suplementación oral con oxido de cobre es una practica difundida, a pesar que su biodisponibilidad es sumamente baja. Kegley et al (1994) reportaron una biodisponibilidad de solo el 7 % en relación al sulfato de cobre cuando midieron la concentración del cobre en plasma, pero se sigue empleando porque su proporción de cobre es del 80 %, mientras que la del sulfato es del 25 %, lo que compensa en parte la menor biodisponibilidad.

COBALTO

No hay datos exhaustivos sobre este oligoelemento referido a la biodisponibilidad, pero se ha comprobado la eficacia en la suplementación con carbonato, cloruro, sulfato, óxido y nitrato de cobalto.

MANGANESO

Su investigación se ha efectuado principalmente en aves, y si bien no hay datos fehacientes sobre biodisponibilidad en bovinos, se conoce que es muy baja.

El cloruro, sulfato y óxido de manganeso han demostrado ser fuentes eficaces de manganeso para bovinos. El sulfato de manganeso es mas biodisponible que el óxido de manganeso (Wong-Ville et al, 1989; Henry et al, 1992).

CINC

El óxido y el sulfato de cinc han mostrado eficacia similar en la suplementación mineral. El oxido tiene 80,3 % de cinc y el sulfato 22,7 %. Por lo tanto, para preparar una mezcla con 1 % de cinc se necesitan 1,25 kg de oxido de cinc por cada 100 kg de mezcla ó 4.5 kg de sulfato de cinc. El cinc realmente absorbido oscila entre el 10 y 30 %, ya que el mineral debe formar compuestos orgánicos para poder ser captado por el enterocito.

También se puede emplear el quelato metionina-cinc, que en preparados comerciales de importación, se presenta con el 10 al 22 % de cinc. Es un complejo estable, eléctricamente neutro, no es alterado por los microorganismos ruminales y tiene una eficiente absorción intestinal cercana al 90 % (Corbellini, 1998).

IODO

Los yoduros de sodio y potasio son bien utilizados como fuente de iodo, pero carecen de estabilidad física ante el calor, humedad y luz, aún en bloques de sal. El yodato de calcio, el EDDI (etilendiamina dihidroiodo), el diyododitimol y el ortoperiodato de pentacalcio son menos solubles en agua, tienen una mayor estabilidad física y son similares en su biodisponibilidad a los yoduros de sodio, potasio y calcio. El ácido diyodosalicílico es rápidamente absorbido por los rumiantes, pero es excretado con poca liberación de yodo de su estructura cíclica.

HIERRO

Hay pocos trabajos de investigación sobre biodisponibilidad del hierro en bovinos. En forma ferrosa es absorbido mas eficientemente que en forma férrica (Thomas, 1970). En forma oral, el orden fue sulfato ferroso, carbonato ferroso y cloruro férrico (Ammerman et al, 1967). Sulfato y cloruro de hierro mostraron una biodisponibilidad alta, carbonato de hierro intermedia a baja y óxido de hierro prácticamente se mostró indisponible, ya que solo proporcionó el 12 % del hierro disponible comparado con el cloruro férrico.

Thompson y Raven (1959) y Raven y Thompson (1959) reportaron que el hierro de las gramíneas y leguminosas es menos disponible que el cloruro férrico.

SELENIO

No hay ensayos críticos sobre la biodisponibilidad del selenio, pero el selenito o el selenato de sodio, tanto en dosis orales como inyectables han evitado los síntomas de la deficiencia de selenio en bovinos. Bajo condiciones apropiadas de almacenamiento, estas formas son estables en alimentos balanceados.

CROMO

Para la utilización eficiente por el animal debe ser orgánico, ya que su biodisponibilidad es cincuenta veces mayor que en su forma inorgánica (Mc Dowell, 1992, cit. por Marín Guzmán, 1998). Se ha empleado con éxito levadura de cerveza, levadura-Cr, nicotinato de cromo y quelatos de cromo con aminoácidos.

En las tablas 11.20 y 11.21 se resume la biodisponibilidad relativa y los porcentajes de los elementos de los compuestos mas empleados en mezclas minerales.

PORCENTAJE DE MINERALES Y BIODISPONIBILIDAD RELATIVA EN LOS PORTADORES MÁS USUALES

Tabla 11.20.- Porcentaje de P y Ca en los portadores más usuales empleados en mezclas minerales y biodisponibilidad relativa.

Portador	% de P	BioD	% de Ca	BioD
Fosfato monosódico	20 – 25,8	Alta	0	--
Fosfato monosódico monohidratado	22,5	--	0	--
Fosfato monosódico dihidratado	19,8	--	0	--
Fosfato disódico anhidro	21,5	--	0	--
Fosfato disódico dihidratado	17,3	--	0	--
Fosfato disódico heptahidratado	11,6	--	0	--
Fosfato trisódico	18,8 - 19	Alta	0	--
Fosfato dimagnésico trihidratado	17,77	--	0	--
Fosfato de potasio	22,8	--	0	--
Fosfato monobásico de amonio	24,74	--	0	--
Fosfato dibásico de amonio	20,60	--	0,52	--
Fosfato monocálcico	18,6 - 26,47	Alta	16,2 -17,12	Alta
Fosfato monocálcio monohidratado	22,7 - 24,5	--	16	--
Fosfato dicálcico	22,78	Alta	29,46	Alta
Fosfato dicálcico dihidratado	18	--	23,3	Alta
Fosfato tricálcico	18 – 20	Alta	31 - 38,76	Alta
Fosfato mineral desfluorado o roca fosfórica	8,7 - 21	Interm.	23 - 37	Interm.
Fosfato blando o arcilla coloidal	9	Baja	18	--
Acido fosfórico	23 – 25	Alta	0	--
Anhídrido fosfórico	44	--	0	--
Harina de hueso calcinada muy buena	14 – 16	Alta	28 - 38	Alta
Harina de hueso calcinada buena	12	Alta	24	Alta
Harina de hueso digestada muy buena	14 – 16	Alta	28 - 32	Alta
Harina de hueso digestada buena	12	Alta	24	Alta
Harina de carne y hueso (40/45 % proteínas)	3 – 9	Alta	9 - 14	Alta
Carbonato de calcio	0	--	35 - 40	Interm.
Oxido de calcio (cal)	0	--	72	Interm.
Piedra caliza en polvo	0	--	30 - 50	Interm.
Dolomita (Carbonato de calcio y magnesio)	0	--	22,3	Interm.
Conchilla molida finamente	0	--	30 - 39	Interm.
Sulfato dihidratado de calcio (yeso)	0	--	20 - 26	--

Tabla 11.21.- Porcentaje de cada mineral y biodisponibilidad relativa en los portadores más usuales.

Portador	S	Mg	K	Cu	Co	Mn	Zn	I	Fe	Se	Cr	BioD
Sulfato de calcio (yeso)	12-23	2,6										Alta
Sulfato sódico	10											Interm.
Sulfato sódico anhidro	22											---
Flor de azufre	96											Baja
Sulfato ($SO_4^=$)(del agua)	33											Alta
Carbonato de magnesio		21-30										Alta
Cloruro de magnesio		12										Alta
Oxido de magnesio		54-60										Alta
Sulfato de magnesio		10-17										Alta
Dolomita		10-11										Indispon.
Sulfato de K y Mg	22		18									Alta
Cloruro de potasio			50									Alta
Sulfato de potasio	28		41									Alta
Fosfato de potasio			55									---
Carbonato de potasio			56									---
Bicarbonato de potasio			39									---
Sulfato de cobre	12			25								Alta 100 %
Carbonato de cobre básico				53								Alta 93 %
Cloruro cúprico deshidratado				37,2								Alta 104 %
Oxido de cobre				80								Baja 7 %
Carbonato cálcico cobaltoso					46-55							Alta 101 %
Sulfato cobalto					21							Alta 100 %
Sulfato de cobalto, mono					25							Alta 100 %
Cloruro de cobalto					46							Alta
Sulfato manganoso						32						Alta 100 %
Oxido manganoso						52-77						Alta 80 %
Cloruro manganoso						44						Baja 12 %
Carbonato manganoso												Alta 69 %
Carbonato de cinc							52					Alta
Cloruro de cinc							48					Inter. 42 %
Sulfato de cinc	17						22-36					Alta 100 %
Oxido de cinc							73-80					Alta 98 %
Carbonato de cinc												Alta 100 %
Cinc-aminoácido							10-22					Alta 102 %
Proteinato de cinc												Alta 90 %
Quelato de cinc												Alta 97 %
Iodato de calcio								62				Alta 106 %
Ioduro cálcico												Alta 110 %
Ioduro de potasio			21					76				Alta 100 %
Ioduro de sodio			21					69				Alta
Dihidroyoduro (EDDI)								80				Alta
Sulfato ferroso heptahidratado	12								20-30			Alta 100 %
Carbonato ferroso									36-42			Baja 15 %
Oxido de hierro									46-60			Indispon.
Cloruro férrico									34			---
Selenito de sodio										30		Alta 100 %
Selenato sódico												Alta 107 %
Harina de carne y hueso 40-45		1										Alta
Harina de carne 60-65		0,04										Alta
Levadura de cerveza											0,0001/2	Alta 109 %
Levadura-Cromo											0,01/2	Media

CAPÍTULO XII

FORMULACIÓN BÁSICA DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES

FORMULACIÓN IDEAL DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES

La suplementación mineral ideal a suministrar a cada animal no sería una suplementación dietética mineral (ver definición), sino aquella suplementación que contenga en la cantidad exacta únicamente los minerales que sean necesarios para completar los requerimientos del animal de acuerdo a lo provisto por el alimento y el agua de bebida.

Para ello sería necesario conocer:
1º) La cantidad exacta de MS consumida por día (pasturas y/o ración).
2º) La composición mineral de dicha MS y la biodisponibilidad de esos minerales.
3º) La cantidad exacta de agua que bebe por día.
4º) La composición mineral de ese agua de bebida y la biodisponibilidad de esos minerales.
5º) El peso vivo, el aumento diario de peso o el mes de gestación o la producción diaria de leche y su contenido de grasa butirométrica.

Con esta información se debería calcular:
1º) El total de cada mineral que ingiere el animal por día.
2º) Los requerimientos diarios de minerales del animal.
3º) La necesidad de suplementación mineral por diferencia entre los requerimientos y el total ingerido de cada mineral, considerando la biodisponibilidad.

Ya se ha visto la dificultad existente para predecir exactamente el consumo de MS en un régimen de pastoreo, como así también las causas de las variaciones en su contenido mineral. Bavera et al (1979) han detallado los motivos de las grandes variaciones en el consumo de agua de bebida y en su contenido mineral.

Estos dos hechos fundamentales nos indican que a campo es prácticamente imposible calcular exactamente el total de cada mineral que ingiere por día un animal, como así también sus requerimientos, y por consiguiente, el cálculo exacto de la suplementación mineral necesaria. El problema se agrava aún más cuando en vez de un animal hablamos de un rodeo (distinto frame, conversión alimenticia, consumo de MS, consumo de agua de bebida, peso, condición corporal, estado productivo, edad, individualidad, etc.).

En conclusión, el descripto es un método que experimentalmente, con medición exacta de todos los factores, se podría llevar a cabo, pero no a campo, en una empresa comercial, donde las medidas exactas son imposibles de determinar y se trabaja con rodeos donde la variación entre los componentes del mismo tiene importancia en la determinación de la ingesta y de los requerimientos minerales.

Por estas razones, es necesario elaborar métodos prácticos de formulación de mezclas minerales, que nos indiquen una provisión dietética mineral apta para ser empleada en situaciones promedio de los rodeos.

FORMULACIÓN BÁSICA DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES

Para que una mezcla mineral básica pueda ser realmente útil y económica como suplementación dietética mineral para animales a pastoreo **cuando no se posee información** sobre el agua de bebida y/o sobre los forrajes, en líneas generales debe tener la composición que se indica en la tabla 12.1:

Tabla 12.1.- Proporciones de fósforo, calcio y cloruro de sodio en una provisión dietética mineral básica correcta para animales a pastoreo (Modificado de INTA, 1974 y Mc Dowell, 1984).

Fósforo total	Mínimo 6 - 8 %	Relación aproximada máxima Ca:P = 2:1
Calcio total	Mínimo 12 %	
Cloruro de sodio	40-50 % (mínimo 25 %)	

En pasturas con cantidad media de fósforo, lo aportado por la suplementación mineral en estas condiciones es de aproximadamente del 15 al 30 % de los requerimientos, según el consumo de la mezcla mineral, proveyendo el 70 % restante las pasturas. En el caso de pasturas con muy bajo contenido en fósforo, con un 6 % del mismo en la provisión dietética se suministra una suplementación de alrededor del 200 % por sobre el fósforo ingerido con la pastura, aunque sin llegar a cubrir los requerimientos.

En algunas épocas del año, el fósforo de las pasturas aumenta, con lo que al suministrar un suplemento mineral con 6 a 8 % de fósforo, el animal está ingiriendo más de lo requerido. Como el fósforo y el calcio se acumulan en los depósitos óseos y son de fácil movilización, si la suplementación se efectúa durante todo el año, los requerimientos en promedio de ambos minerales se cubren. Confirmando esto, y salvo casos excepcionales, todos los trabajos indican una buena respuesta productiva con niveles mínimos de 6 a 8 % de fósforo y 12 % de calcio en la provisión dietética.

Con respecto al sodio, es necesario un 25 % como mínimo de cloruro de sodio en el suplemento mineral para asegurarse cubrir los requerimientos de sodio y para que la mezcla mineral posea una buena palatabilidad. Generalmente, a medida que aumenta la salinidad del agua de bebida será necesario disminuir el porcentaje de cloruro de sodio acercándose a este mínimo, y si es necesario, agregar atractivos.

En la E.E.A Corrientes se realizó una experiencia sobre pasturas naturales deficientes en fósforo y sodio. La suplementación con fósforo y calcio mas sal o con sal sola, tuvo en general un efecto beneficioso para el crecimiento de vaquillonas. En este caso, donde existían pobres tasas de crecimiento en la recría, ambas suplementaciones tuvieron un efecto similar, lo cual indicaría que en esta etapa de la vida la deficiencia de sodio sería mucho más limitante para el crecimiento que la de fósforo. Pero dado que no existen datos concretos en contrario y por los mayores requerimientos de fósforo en la etapa reproductiva, los autores mantienen la recomendación de suministrar fósforo, calcio y sal en todo el rodeo ad libitum durante todo el año (Arias et al, 1985).

En otras experiencias realizadas en Corrientes se puede concluir que para lograr consumos de fósforo significativos desde el punto de vista de los requerimientos, sería necesario administrar fósforo y calcio en mezclas en las cuales la sal sea un componente menor, lográndose mayor consumo de la mezcla total y de fósforo y un menor consumo de sal. Pero dado que este mayor consumo de fósforo, en este caso, no ha resultado en ventajas reproductivas adicionales, no se justifica su recomendación, excepto que con las mezclas 1:1 persista la pica (Arias et al, 1985) o problemas reproductivos o clínicos. Sin embargo, Mufarrege (1993) cita que en el verano de 1993 se dio a vaquillonas un suplemento con 8,75 % de fósforo, consumiendo los animales 82,5 g de la mezcla por día con un consumo de fósforo de 2,4 g/día superior al aportado por la mezcla convencional de 6 % de fósforo. El fósforo sanguíneo aumentó de 5,1 a 6,1 mg/dl y la ganancia de peso vivo de 656 a 763 g/día, mostrando que un mayor consumo de fósforo mejoraría las condiciones de la

recría. La información de éste y otros ensayos sugieren que aumentar el consumo de fósforo de las mezclas minerales probablemente se traduzca en un aumento de la producción.

El siguiente método está desarrollado para los casos en que no se posee información sobre el contenido mineral de las aguas de bebida y/o de los forrajes consumidos por el bovino (pasturas y suplementación).

CÁLCULO PARA FÓSFORO Y CALCIO

Para formular un suplemento mineral hay que tener en cuenta el porcentaje del mineral deseado contenido en un determinado portador, controlando también que el mismo tenga una biodisponibilidad alta. Para esto se emplean las tablas 11.20 y 11.21, donde se detalla, además de la biodisponibilidad, el porcentaje de los elementos necesarios que contienen los portadores más comunes empleados en la formulación de mezclas minerales.

La fórmula a emplear para obtener el porcentaje del portador que contiene el elemento deseado en el total de la mezcla mineral es la siguiente:

FÓRMULA 1 A

$$\text{\% necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total} = \frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla}}{\text{\% del elemento en el portador disponible}} \times 100 = \ \%$$

Por **ejemplo**:

Deseamos que la mezcla mineral contenga el 6 % de fósforo y el 12 % de calcio, empleando harina de hueso calcinada buena. En la tabla 11.20 vemos que la harina de hueso calcinada buena contiene un 12 % de fósforo y un 24 % de calcio, con una biodisponibilidad alta para ambos elementos.

Aplicando la fórmula 1 A tendremos:

$$\text{\% de harina de hueso calcinada buena en la mezcla mineral} = \frac{\text{6 \% de fósforo deseado en la mezcla}}{\text{12 \% de fósforo contenido en la H de H}} \times 100 = 50\ \%$$

$$= \frac{\text{12 \% de calcio deseado en la mezcla}}{\text{24 \% de calcio contenido en la H de H}} \times 100 = 50\ \%$$

O sea que con un 50 % de harina de hueso calcinada buena en la mezcla mineral cubriremos el 6 % de fósforo y el 12 % de calcio que deseamos contenga la misma, con alta biodisponibilidad.

En caso que con un portador que contenga fósforo y calcio no se logre obtener en la mezcla mineral el porcentaje deseado de algunos de ellos, será necesario agregar un segundo portador que lo contenga, en cantidad suficiente para cubrir la deficiencia.

Por **ejemplo**:

Tenemos disponible como portador fosfato monocálcico, que contiene 20 % de fósforo y 16,2 % de calcio, con biodisponibilidad alta para ambos (tabla 11.20):

1º) Empleamos la fórmula 1 A:

$$\text{\% de fosfato monocálcico en la mezcla mineral} = \frac{\text{6 \% de fósforo deseado en la mezcla}}{\text{20 \% de fósforo contenido en el fosfato monocálcico}} \times 100 = 30\ \%$$

$$= \frac{\text{12 \% de calcio deseado en la mezcla}}{\text{16,2 \% de calcio contenido en el fosfato monocálcico}} \times 100 = 74\ \%$$

2º) La cantidad máxima a emplear en la mezcla mineral de fosfato monocálcico es de un 30 % para no sobrepasar la cantidad de fósforo deseado. Por consiguiente, va a existir una deficiencia de calcio, que debe ser cubierta por un segundo portador.

Determinamos el porcentaje de calcio que aporta a la mezcla un 30 % de fosfato monocálcico:

$$\text{Ca aportado a la mezcla por un 30 \% de fosfato monocálcico} = \frac{\text{30 \% de fosfato monocálcico} \times \text{16,2 \% de Ca}}{100} = 4{,}86\ \%$$

En la mezcla mineral deseamos 12 % de calcio; por lo tanto, el calcio a cubrir por un segundo portador será:

$$12\ \% - 4{,}86\ \% = 7{,}14\ \%$$

3º) Consultamos la tabla 11.20 y elegimos un portador que posea calcio y no fósforo, como por ejemplo el carbonato de calcio, que tiene 40 % de calcio y biodisponibilidad intermedia (no hay portadores de calcio sin fósforo con BioD alta) .

Empleamos nuevamente la fórmula 1 A:

$$\text{\% de carbonato de calcio en la mezcla mineral} = \frac{\text{7,14 \% de Ca deseado agregar a la mezcla}}{\text{40 \% de Ca contenido en el carbonato de calcio}} \times 100 = 17{,}85\ \%$$

Por lo tanto, para que una mezcla mineral con estos portadores contenga un 6 % de fósforo y un 12 % de calcio, deberá estar compuesta por:

Fosfato monocálcico = 30 %
Carbonato de calcio = 17,85 %
———————
total = 47,85 % de la mezcla final

CÁLCULO PARA OLIGOELEMENTOS

Una buena mezcla debe contener como mínimo algunos microelementos tales como cobre, cinc, selenio, cobalto y yodo.

Para calcular el porcentaje necesario de los portadores que contienen los oligoelementos en la mezcla mineral total, es necesario conocer primero el porcentaje necesario de cada oligoelemento en el suplemento mineral para cubrir el 100 % o el 50 % de los requerimientos. Para esto se emplean las fórmulas 2 A y 2 B:

FÓRMULA 2 A

$$\text{\% del oligoelemento en el suplemento para cubrir el 100 \% de los requerimientos} = \frac{\text{Requerimientos mineral diarios en mg/kg de MS} \times 0{,}001 \times \text{Consumo de MS en kg/día}}{\text{Consumo/día del suplemento mineral en g}} \times 100 = \ \%$$

FÓRMULA 2 B

$$\text{\% del oligoelemento en el suplemento para cubrir el 50 \% de los requerimientos} = \frac{\text{Requerimientos mineral diarios en mg/kg de MS} \times 0{,}001 \times \text{Consumo de MS en kg/día}}{\text{Consumo/día del suplemento mineral en g}} \times 50 = \ \%$$

1º) Los requerimientos diarios en mg/kg de MS consumida se toman de las tablas 11.2 ú 11.3.
2º) El factor 0,001 se emplea para reducir los requerimientos de mg a g (Tabla 17.1).
3º) El consumo de MS se toma de una situación promedio de las tablas 11.10, 11.11, 11.12 ú 11.13 (según categoría del animal) y 11.14 (según digestibilidad de la pastura).
4º) Luego de emplear la fórmula 2 A ó 2 B se elige el portador (tabla 11.21) y se emplea la fórmula 1 A.

Ejemplo:

Porcentaje de cobre en el suplemento mineral en novillos de peso aproximado 450 kg, con una pastura de digestibilidad aproximada de 70 % y un consumo promedio de 80 g/día del suplemento mineral que actualmente se le suministra.

Empleamos la fórmula 2 A:

$$\text{\% de cobre en el suplemento para cubrir el 100 \% de los requerimientos} = \frac{10 \text{ mg/kg MS} \times 0{,}001 \times 9{,}9 \text{ kg MS/día}}{80 \text{ g/día}} \times 100 = 0{,}12375 \text{ \% de Cu}$$

Empleamos la fórmula 2 B:

$$\text{\% de cobre en el suplemento para cubrir el 50 \% de los requerimientos} = \frac{\frac{10 \text{ mg/kg MS}}{} \times 0{,}001 \times \frac{9{,}9 \text{ kg MS/día}}{}}{80 \text{ g/día}} \times 50 = 0{,}061875 \text{ \% de Cu}$$

A continuación debemos elegir el portador, para lo cual recurrimos a la tabla 11.21. En ella vemos que el sulfato de cobre contiene un 25 % de cobre, con una biodisponibilidad alta.

Para hallar el porcentaje necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total, recurrimos nuevamente a la fórmula 1 A:

$$\text{\% necesario de sulfato de Cu en la mezcla mineral para cubrir el 100 \% de las necesidades con un consumo de 80 g/día} = \frac{\text{0,12375 \% de Cu deseado en la mezcla}}{\text{25 \% de Cu contenido en el sulfato de Cu}} \times 100 = 0{,}495 \text{ \%}$$

Es decir, que para cubrir el 100 % de los requerimientos de cobre de un novillo de aproximadamente 450 kg en una pastura con alrededor del 70 % de digestibilidad y un consumo de la mezcla mineral de unos 80 g/día, necesitamos que la mezcla mineral final contenga el 0,495 % de sulfato de cobre (unos 500 g cada 100 kg de la mezcla total).

Repetimos el procedimiento con los restantes oligoelementos que debamos agregar para obtener la fórmula final total de la suplementación dietética a emplear, agregando cloruro de sodio en cantidad suficiente para completar el 100 % de la misma.

CÁLCULO PARA MAGNESIO, AZUFRE Y SODIO

El forraje y/o el agua de bebida contienen frecuentemente cantidades amplias de magnesio y azufre, y a veces el agua en cantidades excesivas (Bavera et al, 1979 y Bavera, 2001).

Pequeñas cantidades de magnesio suministradas rutinariamente en una mezcla mineral carecen de valor (Underwood, 1977), y solo grandes dosis pueden ser eficaces. Por ejemplo, 10 a 25 % de óxido de magnesio en la mezcla mineral han sido efectivas para prevenir la tetania en vacas de cría durante la época de su aparición (Houser et al, 1978; Arano, 1985).

Pozzolo et al (1985), con pastoreo de sorgo cuyos niveles de ácido cianhídrico se encontraban por debajo de los niveles considerados tóxicos (150 ppm), comprobaron aumentos significativos de peso en novillos suministrándoles ad libitum una mezcla mineral con 20 % de azufre y 80 % de sal.

Como medida de seguridad, se puede cubrir solamente un 10 % de los requerimientos de azufre, lo que representaría el agregado a la provisión dietética mineral de un 2 % aproximadamente de azufre, que sumado al azufre del forraje y del agua, podría cubrir las necesidades de este elemento. Siempre se debe calcular el azufre aportado por el agua para no caer en excesos. En caso de deficiencias marcadas, según Hofer et al (1979), se debe elevar la proporción al 15 % de la mezcla mineral.

Con respecto al cloro y sodio, sus requerimientos son más que adecuadamente cubiertos en las suplementaciones dietéticas minerales que contienen un mínimo de 25 % de cloruro de sodio (tabla 12.1).

EJEMPLO DE UNA SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA MINERAL BÁSICA

De acuerdo a lo tratado hasta el momento, en nuestro país, un ejemplo de una suplementación dietética mineral completa, económica y útil para un determinado rodeo de carne, con las variaciones que sean aconsejables efectuar de acuerdo a cada situación particular, sería la siguiente, asumiendo los parámetros que se enumeran a continuación:

Ejemplo:

a) Vacas en parición de 450 kg de peso vivo (servicio D-E-F), zona serrana de Achiras, Cba.
b) Peligro de tetania hipomagnesémica.
c) Consumo de la suplementación mineral actual: 60 g/día promedio aproximado.
d) No se han determinado carencias específicas de oligoelementos, por lo que se desea cubrir con la suplementación mineral el 50 % de los requerimientos diarios.
e) Los animales se encuentran pastoreando pasto llorón cultivar Ermelo con un 58 % de digestibilidad aproximada (Tabla 11.14).
f) El consumo de MS es de aproximadamente 9,3 kg/día (Tabla 11.11).
g) El agua de bebida posee 0,5 g/l de sales minerales (deficiente, tabla 6.3), lo que torna despreciable su participación en la dieta mineral.

El contenido en minerales de la suplementación dietética mineral se debe expresar de dos maneras:

a) en por ciento del mineral y
b) en por ciento del portador.

Para los cálculos se han empleado las fórmulas 1 A y 2 B, las tablas enumeradas anteriormente y lo expresado en capítulos anteriores.

Elemento	% del elemento	% del portador	Portador
Fósforo	6	50	de **harina de hueso calcinada** buena.
Calcio	12	50	de **harina de hueso calcinada** buena.
Cobre	0,0775	0,310	de **sulfato de cobre**. En regiones con deficiencias de cobre, se deberá proveer el 100 % de las necesidades. Si hay alto contenido de molibdeno en las pasturas, elevar 3 a 5 veces la dosis indicada, o aún más (2 %) si se considera necesario por carencia manifiesta.
Cinc	0,233	0,447	de **carbonato de cinc**. En regiones pobres en cinc, elevar al doble.
Selenio	0,00058	0,002	de **selenito de sodio.** En deficiencias suministrar 1,5 mg/día/animal. No incorporar a la suplementación en zonas con forrajes con exceso de selenio.
Cobalto	0,00078	0,004	de **sulfato de cobalto**. Si la deficiencia es severa, puede agregarse 0,15 % de sulfato de cobalto.
Yodo	0,00388	0,007	de **iodato de calcio**. En zonas deficientes en iodo, elevar al doble o triple esta cantidad.
Manganeso	0,310	0,480	de **óxido manganoso**. En regiones pobres en manganeso, elevar al doble. En zonas con exceso en los pastos (ej.: este de Chaco y Formosa), no agregarlo.
Azufre	1,395	7	de **sulfato de calcio** (yeso) para cubrir alrededor del 10 % de los requerimientos. En caso de deficiencia marcada, elevar a un 15 - 20 %. Donde existan sulfatos en cantidades elevadas en el agua de bebida, calcular lo aportado por el agua. Cuando se provee nitrógeno no proteico, administrar 15 g de sulfato de calcio c/100 g de urea, o sea 1 g de azufre c/15 g de NNP.
Magnesio	---	10	a 35 % de **óxido de magnesio** cuando existan problemas de hipomagnesemia, o 35 g con ración.
Cloro-sodio	c.s.p.	31,752	de **cloruro de sodio** (sal común).
Total	---	100 %	---

El azufre del sulfato de cobalto, del sulfato de cobre y del sulfato de calcio y el calcio de este último, no es necesario tomarlo en cuenta en los cálculos por estar en cantidades reducidas que no influyen en la composición final de la suplementación dietéticas de animales a pastoreo. Hierro y otros minerales se incorporan a la provisión dietética mineral únicamente cuando su deficiencia está fehacientemente comprobada.

Todos los componentes deben estar perfectamente pulverizados. Solamente la sal puede ser molida (entrefina) o en grano (gruesa), de preferencia la denominada seca, que aunque es un poco más cara, no se endurece tan rápido con la humedad. Los componentes que van en proporción baja, se deben premezclar muy bien primero con pocos kilos de algunos de los componentes, y luego, esta premezcla se homogeniza con el resto de los componentes y la sal. Mientras se suministra esta provisión dietética mineral y hasta que se agote la cantidad preparada, se debe controlar el consumo, pues al haber modificado la composición con respecto a la que consumían anteriormente, puede variar el mismo. También puede cambiar el consumo por razones ajenas a la mezcla mineral (ver capítulo IX). Cuando varía el consumo es necesario reformular la provisión dietética mineral para adaptarla a la nueva ingestión diaria.

CAPÍTULO XIII

FORMULACIÓN DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES SEGÚN INFORMACIÓN POSEÍDA

FORMULACIÓN DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES POSEYENDO INFORMACIÓN SOBRE EL AGUA DE BEBIDA

INTRODUCCIÓN

La información necesaria sobre el agua de bebida, es decir, un análisis químico completo según protocolo para agua de bebida para bovinos (tabla 6.4) y el consumo aproximado de agua por día por animal, son información que asiduamente se encuentra en conocimiento de los productores o que puede ser obtenida rápidamente, tanto por la facilidad como por lo económico para conseguirla.

Distintas aguadas de un mismo establecimiento ganadero pueden tener distintos tenores de sales totales y de composición de los mismos, por lo que es necesario poseer por lo menos un análisis de cada aguada.

Éste es **el método más aconsejable** y **de mayor importancia** a emplear en bovinos a pastoreo, dada su factibilidad, la economía para obtener la información necesaria y la mayor precisión que posee comparado con el método práctico básico visto en el capítulo anterior. Esta precisión no es absoluta y es difícil mejorarla a campo, pero es suficiente para trabajar con bovinos en pastoreo en las condiciones de producción argentinas.

MINERALES DEL AGUA DE BEBIDA

En el análisis químico de un agua de bebida para ganado se deben efectuar siempre ciertas determinaciones básicas, y cuando se considere necesario, otras complementarias (tabla 6.4).

De las determinaciones básicas, las que nos interesan conocer para formular una suplementación mineral son el anión sulfato y los cationes sodio, calcio y magnesio. De las complementarias, en caso de considerar necesario su análisis (sospecha de su existencia en el agua, síntomas clínicos, contaminaciones) nos interesan los fosfatos, yoduro, cinc, cobre, potasio, hierro y manganeso.

AZUFRE:

Puede existir como sulfuro o sulfato. En el primer caso indica una contaminación orgánica que debe ser corregida. El anión sulfato es muy común en el agua de bebida, y contiene el 33,33 % de azufre. En muchas aguas su concentración puede ser importante siendo bien aprovechado por las bacterias del rumen.

SODIO:

Se encuentra presente en casi todas las aguas y a veces en cantidades altas que superan por sí solas los requerimientos del animal.

CALCIO:

Su presencia es muy común en las aguas de bebida. En algunos casos puede estar en concentraciones elevadas que llegan a cubrir los requerimientos del animal por sí solas.

MAGNESIO:

Su presencia es común en las aguas de bebida. En algunos casos su concentración puede llegar a cifras elevadas.

FÓSFORO:

La existencia de fosfatos en el agua nos indica casi siempre una contaminación, generalmente de tipo orgánico, fertilizantes o aguas tratadas y/o sobrantes de uso agrícola. Por lo tanto, en estos casos hay que eliminar la contaminación.

IODO:

Solo se encuentra en cantidades despreciables. En casos aislados puede aparecer en cantidades importantes por contaminaciones, especialmente por agua de mar.

CINC:

Rara su presencia en el agua de bebida. Concentraciones altas de 5 mg/l comunican al agua sabor desagradable y leve opalescencia. En caso de encontrarse estas concentraciones su ingesta cubrirá gran parte de los requerimientos.

COBRE:

Es poco común que el agua de bebida contenga naturalmente cobre. En caso de existir, su concentración siempre es inferior a 0,05 mg/l, lo que lo hace de escasa importante para la nutrición mineral, ya que significa un aporte de entre el 1 y el 4 % de los requerimientos. Presencias mayores indican algún tipo de contaminación (molusquicidas, anticriptogámicos, etc.).

POTASIO:

Se encuentra generalmente en muy pequeñas cantidades, y en los análisis de agua se agrupa con el sodio. Cuanto mayor es la salinidad del agua, menor es el error al adoptar este criterio, y si la salinidad es baja, su importancia en el agua de bebida para ganado es despreciable.

HIERRO:

No es común en el agua de bebida, pero su presencia da a las aguas ferruginosas color, sedimentos, olores y sabores extraños. En condiciones naturales puede llegar a los 20-30 mg/l, en cuyo caso hay que tenerlo en

cuenta por poder hasta superar los requerimientos del animal y por las posibles interferencias a otros elementos.

MANGANESO:

Poco frecuente en las aguas de bebida. Su presencia hace que el agua se enturbie en contacto con el aire y adquiera un sabor desagradable. Normalmente su cantidad es despreciable.

CONCLUSIÓN

Salvo los casos poco frecuentes indicados, los minerales del agua de bebida que nos interesa considerar en la suplementación mineral, especialmente cuando se encuentran en altas concentraciones, son el calcio, sodio, azufre y magnesio.

Si bien el consumo de agua es muy variable y son muchos los factores que influyen en el mismo (Bavera et al, 1979 y Bavera, 2001), será necesario establecer aproximadamente su consumo para poder tener una idea de la ingesta de calcio, sodio, azufre, magnesio y, si se considera necesario, otros elementos, por intermedio del agua de bebida.

Del protocolo de análisis de agua de bebida para ganado, se toma el calcio, sodio, magnesio y sulfato en mg/l y se multiplica por el consumo de agua diario calculado. En el caso del calcio, sodio y magnesio, el resultado de la multiplicación es directamente la cantidad de estos minerales que ingiere el animal por día por medio del agua de bebida, mientras que para obtener la ingesta de azufre, se deberá obtener el 33,33 % del resultado de la multiplicación, ya que ese es el contenido de azufre del anión sulfato (tabla 11.21).

Conociendo en esta forma la ingesta aproximada de minerales por el agua de bebida, al formular la mezcla mineral podemos hacer las siguientes consideraciones para cada uno:

CALCIO:

Si bien la relación Ca:P en el bovino puede ser superior a 2:1, en algunos casos podría ser necesario agregar más fósforo a la formulación de la suplementación mineral para que en la ingesta total la relación se mantenga dentro de los límites correctos. En los feedlot, por la alimentación fundamentalmente a grano que aporta más fósforo que calcio, si el agua de bebida contiene calcio en cantidades altas, podría ser innecesario agregar calcio a la ración o agregarlo en menor cantidad.

SODIO:

En los casos en que la ingesta por el agua de bebida sea muy elevada, podrá ser necesario reducir el cloruro de sodio de la mezcla mineral, o incluso, si los animales no la ingieren, reducirlo a niveles muy bajos para que actúe solamente como regulador del consumo y agregar granos molidos, melaza deshidratada u otro atractivo. Este criterio debe adoptarse también cuando la concentración de las sales totales del agua de bebida es muy elevada.

MAGNESIO Y AZUFRE:

En caso de decidir agregarlos a la mezcla mineral, se deberá prestar atención al magnesio y al azufre que ya se está ingiriendo por el agua de bebida, y reducir por lo tanto la cantidad a agregar a la mezcla mineral.

IODO, CINC, COBRE, HIERRO, MANGANESO:

Si el agua de bebida los contuviera en cantidad elevada con respecto a los requerimientos, se deberá reducir o eliminar ese oligoelemento de la mezcla mineral, y si se considera que alguno produce interferencias con un tercero, aumentar la concentración de éste en la suplementación.

FORMULACIÓN

FÓSFORO Y CALCIO:

En primer lugar, calcularemos los contenidos de fósforo y calcio de la provisión dietética mineral. Hemos visto las grandes variaciones en el contenido de estos elementos en las pasturas y explicado sus causas. En algunos casos las pasturas aportan fósforo y calcio para cubrir o casi cubrir los requerimientos en gramos/día indicados en las tablas 9.5 a 9.9, en casos intermedios cubren alrededor del 70 % de los requerimientos y en otros casos son evidentemente deficientes.

Por ello, si existen los análisis del agua de bebida pero no se tienen análisis de la composición mineral de las pasturas del campo problema, consideramos como conveniente que el consumo diario de la mezcla mineral posea el 30 % de los requerimientos de calcio y fósforo (tablas 11.5 a 11.9), restando, en el caso del calcio, el ingerido por el agua de bebida.

El **procedimiento** a seguir según estos parámetros para el **calcio y fósforo** es el siguiente:

1º) Se toma de las tablas 11.5 a 11.9 el requerimiento promedio de la categoría de animales de fósforo y calcio en g/día y se calcula el 30 % de cada uno.
2º) Se calcula el calcio aportado por el agua por día.
3º) Se resta del 30 % de los requerimientos diarios el calcio aportado por día por el agua para conocer cuanto calcio debe contener la mezcla mineral.
4º) Empleamos la fórmula 2 A para averiguar el porcentaje de calcio en el suplemento mineral para cubrir el 100 % del 30 % de los requerimientos deseados.
5º) Empleamos la fórmula 1 A para conocer el % necesario de harina de hueso que debe contener la mezcla mineral total.
6º) Vemos cuanto fósforo aporta la harina de hueso empleada.
7º) Empleamos nuevamente la fórmula 2 A para conocer el porcentaje de fósforo en el suplemento mineral para cubrir el 100 % de los requerimientos deseados (30 % de los mismos).
8º) Restamos del porcentaje de fósforo deseado en el suplemento mineral obtenido con la fórmula 2 A, el aportado por la harina de hueso para obtener la cantidad a agregar de fósforo a la mezcla con otro portador.
9º) Elegimos un portador que contenga fósforo y no calcio con BioD alta (Tabla 11.20).
10º) Empleamos nuevamente la fórmula 1 A para calcular el porcentaje de un portador que contenga fósforo y no calcio que se debe agregar a la mezcla.
11º) Calculamos los porcentajes que los otros elementos del agua aportan respecto de los requerimientos diarios empleando las fórmulas 3 A y 3 B.

Un ejemplo aclarará el procedimiento. Asumimos los parámetros que se enumeran a continuación:

a) Vacas en parición de 450 kg de peso vivo;
b) Hay antecedentes de tetania hipomagnesémica;
c) Los animales se encuentran pastoreando pasto llorón cultivar Ermelo con un 58 % de digestibilidad calculada según tabla Nº 11.14;
d) El consumo de MS es de aproximadamente 9,3 kg/día según tablas;
e) Los requerimientos de calcio se han extraído de la tabla 11.8 y los de sodio, magnesio y azufre de la tabla 11.2, reduciéndolos a mg/kg (Tabla 17.1);
f) Se ha calculado el consumo de agua de bebida en 40 l/día aproximadamente y el de la mezcla mineral que se suministra actualmente en 60 g/día.

g) Del protocolo de análisis de agua de bebida extraemos los siguientes datos:

sales totales 1.200 mg/l;
sulfatos 99 mg/l;
sodio 60 mg/l;
calcio 128 mg/l y
magnesio 26 mg/l.

h) Dada la concentración de sales del agua (muy buena para cría, tabla 6.3), y no existiendo síntomas de deficiencias, incorporaremos a la mezcla mineral sólo el 50 % de los requerimientos de oligoelementos.

En primer lugar, efectuemos el **cálculo para fósforo y calcio**:

1º) Según vemos en la tabla 11.8, estas vacas requieren unos 33 g/día de calcio y 22 g/día de fósforo, o sea una relación Ca:P de 1,5:1.

Formularemos una provisión dietética mineral con el 30 % de los requerimientos, lo que es adecuado para pasturas con cantidad media de fósforo, las cuales aportan el resto de los requerimientos.

Deberá, por lo tanto, estar la mezcla formulada para que la vaca ingiera 9,9 g/día de calcio, a lo que se le restará el calcio aportado por el agua, y 6,6 g/día de fósforo.

Calculamos:

2º) Ca aportado por el agua/día = 128 mg/l x 40 litros x 0,001 = 5,12 g/día

3º) Calcio en la mezcla mineral = 9,9 g/día - 5,12 g/día = 4,78 g/día en la mezcla.

4º) Empleamos la fórmula 2 A:

$$\text{\% de calcio en el suplemento mineral para cubrir el 100 \% de los requerimientos deseados (30 \%)} = \frac{\text{4,78 g/día de calcio}}{\text{60 g/día de consumo}} \times 100 = \text{7,97 \% de calcio}$$

5º) Empleamos la Fórmula 1 A

$$\text{\% necesario de harina de hueso en la mezcla mineral total} = \frac{\text{7,97 \%}}{\text{24 \%}} \times 100 = \text{33,2 \% de harina de hueso en la mezcla.}$$

6º) Vemos cuanto fósforo aporta un 33,2 % de harina de hueso:

$$\text{Fósforo aportado a la mezcla mineral por un 33,2 \% de H. de H.} = \frac{\text{33,2 \% de H de H} \times \text{12 \% de P}}{100} = \text{3,98 \% de P}$$

7º) Empleamos nuevamente la fórmula 2 A:

$$\text{\% de fósforo en el suplemento mineral para cubrir el 100 \% de los requerimientos deseados (30 \%)} = \frac{\text{6,6 g/día de fósforo}}{\text{60 g/día de consumo}} \times 100 = \text{11 \% de fósforo}$$

8º) Fósforo a aportar por otro portador:

11 % deseado en la mezcla - 3,98 % aportado por la H de H = 7,02 % a agregar de fósforo.

9º) Elegimos un portador que contenga fósforo y no calcio, como puede ser el fosfato monosódico, que contiene el 22,5 % de fósforo y cuya BioD es alta (Tabla 11.20).

10º) Empleamos nuevamente la fórmula 1 A:

$$\text{\% necesario de fosfato monosódico en la mezcla mineral total} = \frac{\text{7,02 \% de fósforo deseado en la mezcla}}{\text{22,5 \% de P contenido en el fosfato monosódico}} \times 100 = 31{,}2\ \%$$

Por lo tanto, para que la mezcla mineral, con un consumo de 60 g/día, aporte 4,78 g/día de calcio (más 5,12 g/día del calcio del agua = 9,9 g/día) y 6,6 g/día de fósforo, deberá estar compuesta por:

Harina de hueso.....	33,2 %
Fosfato monosódico.....	31,2 %
Total.....	64,4 %

OTROS ELEMENTOS:

11º) Luego calculamos los porcentajes que los otros elementos del agua aportan respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida, para lo cual se aplican las siguientes fórmulas:

FÓRMULA 3 A

(para sodio, magnesio y oligoelementos)

$$\text{\% que el elemento del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida} = \frac{\text{mg/l del elemento en el agua} \times \text{Consumo de agua por día en litros}}{\text{Consumo en kg de MS/día} \times \text{Requerimientos en mg por kg de MS/día}} \times 100 = \ \%$$

FORMULA 3 B

(para azufre)

$$\text{\% de S que el sulfato del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por Kg de MS consumida} = \frac{\text{mg/l de sulfato en el agua} \times \text{Consumo de agua por día en litros}}{\text{Consumo en kg de MS/día} \times \text{Requerimientos en mg por kg de MS/día}} \times 33{,}33 = \ \%$$

1º) Los requerimientos diarios en mg/kg de MS consumida para sodio, magnesio, azufre y oligoelementos se toman de las tablas 11.2 ó 11.3.
2º) El consumo de MS se toma de las tablas 11.10, 11.11, 11.12 ó 11.13 (según categoría del animal) y 11.14 (según digestibilidad de la pastura).
3º) La concentración del elemento en el agua de bebida en mg/l se extrae del análisis efectuado.
4º) El consumo de agua se debe calcular a campo.

Aplicando fórmula 3 A:

$$\text{Sodio} = \frac{60 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{9{,}3 \text{ kg MS} \times 100 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 258 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

$$\text{Magnesio} = \frac{26 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{9{,}3 \text{ kg MS} \times 2000 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 5{,}59 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

Aplicando fórmula 3 B:

$$\text{Azufre} = \frac{99 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{9{,}3 \text{ kg MS} \times 1500 \text{ mg/kg MS}} \times 33{,}33 = 9{,}46 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

Conclusión:
a) Sodio: No es necesario agregar sodio, ya que el mismo está cubierto en exceso por el contenido en el agua. Si los animales lo ingieren, se podrá emplear cloruro de sodio como sustento de los demás minerales en proporción del 25 % de la mezcla mineral.
b) Magnesio: Solo están cubiertos por el agua el 5,59 % de los requerimientos de magnesio. Como existe peligro de hipomagnesemia, es conveniente agregar a la mezcla mineral un 10 a 25 % de óxido de magnesio. Ya que parte de los requerimientos están cubiertos, agregaremos un 15 % de óxido de magnesio.
c) Azufre: está cubierto el 9,46 % de los requerimientos, lo que está muy cerca de la provisión por seguridad (Ver: Cálculo para Mg y S), por lo cual no agregaremos azufre a la mezcla.
d) Es agua muy buena para cría, sin exceso de sulfatos y otras sales, por lo que en oligoelementos podemos trabajar con el 50 % de los requerimientos. En este caso no los hay, pero si hubiera oligoelementos en el agua debemos seguir los siguientes pasos:
1º) Con la fórmula 3 A obtenemos el porcentaje que el elemento del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida.
2º) Empleamos la fórmula 2 B para conocer el porcentaje del oligoelemento en el suplemento mineral para cubrir el 50 % de los requerimientos.
3º) Empleamos la fórmula 1 B para conocer el porcentaje necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total conociendo el aporte del elemento por el agua.

FÓRMULA 1 B

$$\text{\% necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total conociendo el aporte del elemento por el agua} = \frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla mineral} - \left(\frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla mineral} \times \text{\% que el elemento del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida}}{100}\right)}{\text{\% del elemento en el portador disponible}} \times 100 = \%$$

En caso de que el resultado sea cero o un número negativo, evidentemente no se deberá incorporar a la provisión dietética este elemento, pues dicho resultado significa que el agua de bebida lo está aportando en cantidades iguales o superiores a los requerimientos.

Ejemplo:

Supongamos que según el protocolo de análisis, el agua tiene 0,05 mg/l de cobre; los requerimientos de cobre para estos animales son de 10 mg/kg MS (tabla 11.2) y consumen 9,3 kg/MS/día (tabla 11.11).

1º) Empleamos la fórmula 3 A:

$$\text{\% que el cobre del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida} = \frac{0{,}05 \times 40}{9{,}3 \times 10} \times 100 = 2{,}15\ \%$$

2º) Empleamos la fórmula 2 B:

$$\text{\% del cobre en el suplemento mineral para cubrir el 50 \% de los requerimientos} = \frac{10 \times 0{,}001 \times 9{,}3}{60} \times 50 = 0{,}0775\ \%\ \text{de cobre}$$

3º) Empleamos la fórmula 1 B:

$$\text{\% necesario de sulfato de cobre que contiene el elemento en la mezcla mineral total conociendo el aporte del cobre por el agua} = \frac{0{,}0775 - \frac{0{,}0775 \times 2{,}15}{100}}{25} \times 100 = 0{,}303\ \%$$

Es decir, que se deberá agregar a la mezcla mineral el 0,303 % de sulfato de cobre, ya que el agua aporta el 2,15 % de los requerimientos.

FORMULACIÓN DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES POSEYENDO INFORMACIÓN SOBRE LOS FORRAJES Y/O CONCENTRADOS

Este método no es de empleo común a campo, dado que si se tiene información sobre los forrajes y/o concentrados, es lógico que por la facilidad y economía para obtenerlos se tendrá también información sobre el agua de bebida.

Aún en el caso que se trate de una zona conocida por alguna deficiencia mineral en las pasturas, y que por lo tanto habría que suplementar con ese mineral, sería conveniente tener también información sobre el agua de bebida.

En caso que se posean análisis de los minerales contenidos en los forrajes y/o concentrados que ingieran los animales y se conozca aproximadamente el consumo de materia seca por día, se procede en primer lugar a calcular el porcentaje que cada elemento del forraje y/o concentrado aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

FORMULA 4

$$\text{\% que el elemento del forraje y /o concentrado aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida} = \frac{\text{g/kg o mg/kg de MS del elemento en el forraje y/o concentrado}}{\text{Requerimientos del elemento por kg de MS/día en g ó mg respectivamente}} \times 100 = \%$$

En segundo lugar se debe aplicar la fórmula 1 A, como ya vimos al tratar el método práctico de formulación de mezclas minerales, pero con la siguiente modificación:

FORMULA 1 C

$$\text{\% necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral total conociendo el aporte del elemento por el forraje y/o concentrado} = \frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla mineral} - \left(\frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla mineral} \times \text{\% que el elemento del forraje y/o concentrado aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida}}{100}\right)}{\text{\% del elemento en el portador disponible}} \times 100 = \%$$

En caso que el resultado sea cero o un número negativo, evidentemente no se deberá incorporar a la provisión dietética este elemento, pues dicho resultado significa que el forraje y/o concentrado lo están aportando en cantidades iguales o superiores a los requerimientos.

FORMULACIÓN DE SUPLEMENTACIONES DIETÉTICAS MINERALES POSEYENDO INFORMACIÓN SOBRE EL AGUA DE BEBIDA Y LOS FORRAJES Y/O CONCENTRADOS

En caso que se posea la información necesaria sobre la calidad y cantidad del agua de bebida y sobre los minerales contenidos en los forrajes y/o concentrados que ingiere el animal y el consumo de MS/día, no se trata ya de formular una provisión dietética mineral, sino una suplementación mineral con las cantidades exactas de minerales que puedan estar deficientes. Este caso sólo se da en engorde a corral, y la mezcla mineral no se suministra ad libitum sino que forma parte de la ración, por lo que su administración es bastante exacta.

La fórmula 1 A sufre la siguiente modificación:

FORMULA 1 D

$$\text{\% necesario del portador que contiene el elemento en la mezcla mineral conociendo el aporte del elemento por el agua y por el forraje y/o concentrado} = \frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla mineral} - \left(\frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla mineral} \times \text{\% que el elemento del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg/MS consumida}}{100}\right) \times \left(\frac{\text{\% del elemento deseado en la mezcla mineral} \times \text{\% que el elemento del forraje y/o concentrado aporta respecto de los requerimientos diarios por kg/MS}}{100}\right)}{\text{\% del elemento en el portador disponible}} \times 100 = \%$$

Las observaciones para el empleo y los resultados de la fórmula 1 D son las mismas que para las fórmulas 1 B y 1 C.

CONTROL DEL CONSUMO

En cualquiera de los casos vistos, cuando se suministra una nueva formulación de una provisión dietética mineral, y hasta que se agote la cantidad preparada, se debe controlar el consumo, pues al haber modificado la composición con respecto a la que consumían anteriormente, puede variar el mismo.

Esta variación del consumo también puede ocurrir si se agrega o retira de la provisión dietética mineral suplementación proteica (expeller, harinas) o nitrogenada no proteica (urea, biuret) con la proporción adecuada de grano molido u otros hidratos de carbono de fácil digestibilidad (ver capítulo XVI).

Si el consumo varió por éstas u otras causas, será necesario reformular la provisión dietética mineral para adaptarla al nuevo consumo.

"Muchas mezclas minerales se han anunciado ampliamente en los últimos años, desde que se ha comprobado la importancia de los minerales en la alimentación del ganado. Algunas de estas mezclas son esfuerzos honrados para suministrar a precio razonable minerales que puedan faltar en algunas raciones. A veces se hace excesiva propaganda por otras mezclas, o se las vende a precios excesivamente altos o aún son de baja calidad.

Por lo tanto, uno no debe entrar a pagar por una mezcla mineral comercial mucho más que lo que le costaría preparar una mezcla adecuada en la granja. El ganadero debe mirar siempre con sospecha esas marcas de mezclas minerales a las que se hace excesiva propaganda".

Morrison, F. B. 1943. Alimentos y Alimentación. Corp. de Fom. de la Prod., Santiago, Chile, 452.

CAPÍTULO XIV

CONTROL DE MEZCLAS MINERALES COMERCIALES

Hay distintos problemas en la calidad y en la presentación de gran parte de las mezclas minerales comerciales. Los más corrientes podrían resumirse de la siguiente manera:

1º) Información inexacta y/o confusa sobre los ingredientes minerales en una misma fórmula (emplear unidades distintas; en unos casos indicar portadores y en otros elementos; repetir elementos que ya están incluídos en portadores enumerados; etc.).

2º) No contener realmente lo indicado en la fórmula, lo cual es bastante corriente y que configura una falta de ética, abuso de confianza y una estafa por parte del fabricante hacia el productor y/o profesional.

3º) Suplementos minerales que contienen cantidades insuficientes o desequilibradas de los elementos (exceso de cloruro de sodio, relación Ca:P desbalanceada por mayor cantidad de calcio, etc.).

4º) Empleo de sustancias de bajo valor que no contienen fósforo (carbonato de calcio, piedra caliza molida, piedra dolomítica molida, cloruro de sodio en exceso, etc.). Como el fósforo es el elemento más importante que puede contener una mezcla mineral por ser la carencia más corriente, por su efecto y por su valor económico, una evaluación del valor biológico de una mezcla mineral se debe basar principalmente en el porcentaje que contiene del mismo.

5º) Mezclas minerales uniformes que es imposible que se puedan adaptar a todas las regiones ecológicas ni a todos los campos y tipos de producción, como se indica muchas veces en la etiqueta (mezclas minerales con selenio para regiones con problemas de toxicidad debidas al mismo; dosis de cobre insuficientes para regiones con molibdeniosis; mezclas minerales únicas recomendadas para campos con todo tipo de aguas de bebida; mezclas recomendadas tanto para cría como para tambo o inverne; etc.).

6º) Mezclas minerales recomendadas para ganado vacuno, ovino, porcino y/o equino y hasta para aves. Es obvia la imposibilidad de satisfacer las necesidades minerales de animales rumiantes, monogástricos y/o aves con una misma mezcla mineral.

7º) Indicar únicamente el elemento, y no el portador que lo contiene, con lo cual no podemos conocer la biodisponibilidad de dicho elemento.

8º) Indicar largas e impresionantes fórmulas en la etiqueta, muchas veces con elementos que aún no tienen comprobada su necesidad, o de toxicidad determinada (cadmio, estroncio, aluminio, etc.), o con cantidades tan infinitesimales que se ve claramente que proviene de las impurezas del cloruro de sodio o de los otros componentes.

9º) Hay fórmulas tan confusas que es imposible analizarlas. Como esto muy posiblemente se ha realizado ex profeso, lo aconsejable es directamente no emplear ese producto.

10º) Núcleos de oligoelementos y/o macroelementos que también contienen cloruro de sodio y/o harina de hueso y/o recomendar su mezcla con cloruro de sodio en proporciones que diluyen los minerales del núcleo a cantidades poco o nada eficaces para las necesidades del animal. Esto se hace para aparentar ante el ganadero que el producto es económico y fomentar su venta.

Para controlar la fórmula de una mezcla mineral comercial, se emplea el siguiente método:

Tabla 14.1.-Pasos a seguir para controlar la fórmula de una mezcla mineral comercial.

1º) Hallar los porcentajes de los portadores de la mezcla mineral, si en la etiqueta no están dados en porcentaje.
2º) Determinar el porcentaje de cada elemento, multiplicando el porcentaje de cada portador en la mezcla por el valor para ese elemento dado en las tablas 11.20 y 11.21, comprobando a su vez la biodisponibilidad. Sumar los porcentajes así calculados de cada elemento, obteniendo el total del elemento en la mezcla.
3º) Obtener la relación Ca:P, dividiendo calcio total por fósforo total.
4º) Analizar los resultados obtenidos para calcio, fósforo y cloruro de sodio con la tabla 12.1.
5º) Calcular los porcentajes de oligoelementos necesarios para la categoría de animales que tengamos, considerando el consumo de MS y de suplemento mineral (Fórmulas 2 A y 2 B) y comparar con los resultados obtenidos en este control.
6º) Analizar los resultados obtenidos para magnesio y azufre con lo expresado en el texto.

Un ejemplo aclarará los pasos a seguir:

Analicemos la siguiente fórmula comercial:

Harina de hueso.....12 kg
Carbonato de calcio.....13 kg
Cloruro de sodio.....24 kg
Sulfato de cobre.....0,5 kg
Sulfato de magnesio.....0,2 kg
Oxido de hierro.....0,3 kg

Total.....50 kg

Seguimos los pasos indicados en la tabla 14.1:

1º) Los porcentajes de cada portador en la fórmula se obtienen:

$$\text{Harina de hueso} = \frac{12}{50} \times 100 = 24\ \%$$

$$\text{Carbonato de calcio} = \frac{13}{50} \times 100 = 26\ \%$$

$$\text{Cloruro de sodio} = \frac{}{50} \times 100 = 48\ \%$$

$$\text{Sulfato de cobre} = \frac{0,5}{50} \times 100 = 1\ \%$$

$$\text{Sulfato de magnesio} = \frac{0,2}{50} \times 100 = 0,4\ \%$$

$$\text{Oxido de hierro} = \frac{0,3}{50} \times 100 = 0,6\ \%$$

Total..... 100 %

2º) Determinar el porcentaje de cada elemento:

a) Fósforo: existe únicamente en la harina de hueso. No está indicado en la fórmula de que calidad es la misma. Suponemos al observar el suplemento mineral, que la harina de hueso es calcinada buena, ya que la mezcla es de color gris y no presenta olor.

$$\text{P de la harina de hueso en la mezcla mineral total} = \frac{24\ \text{de harina de hueso} \times 12\ \text{según tabla 9.18}}{100} = 2,88\ \%$$

El fósforo de la harina de hueso tiene biodisponibilidad alta (Tabla 11.20).

b) Calcio: Existe en la harina de hueso y en el carbonato de calcio.

$$\text{Ca de la harina de hueso en la mezcla mineral total} = \frac{24\ \text{de harina de hueso} \times 24\ \text{según tabla 9.18}}{100} = 5,76\ \%$$

$$\text{Ca del carbonato de calcio en la mezcla mineral total} = \frac{26\ \text{de carbonato de Ca} \times 40\ \text{según tabla 9.18}}{100} = 10,40\ \%$$

Calcio total = 16,16 %

El calcio de la harina de hueso tiene biodisponibilidad alta y el del carbonato de calcio intermedia (Tabla 11.20).

c) Cobre: existe únicamente en el sulfato de cobre.

$$\text{Cu del Sulfato de cobre en la mezcla mineral total} = \frac{1\ \text{\% de sulfato de cobre} \times 25\ \text{\% según tabla 9.19}}{100} = 0{,}25\ \%$$

El cobre del sulfato de cobre tiene una biodisponibilidad alta (Tabla 11.21).

d) Magnesio: existe únicamente en el sulfato de magnesio.

$$\text{Mg del sulfato de magnesio en la mezcla mineral total} = \frac{0{,}4\ \text{\% de sulfato de Magnesio} \times 13{,}5\ \text{\% (prom.) según tabla 9.19}}{100} = 0{,}054\ \%$$

El magnesio del sulfato de magnesio tiene biodisponibilidad alta (Tabla 11.21).

e) Hierro: Solo existe en el óxido de hierro. No es necesario calcularlo, pues el hierro del óxido de hierro es prácticamente bioindisponible (Tabla 11.21).

f) Cloro y sodio: Se encuentran en el cloruro de sodio, que está en la fórmula de la mezcla mineral en una proporción del 48 % .

3º) Obtener la relación Ca:P

$$\text{Relación Ca:P} = \frac{16{,}16\ \text{\% de Ca total}}{2{,}88\ \text{\% de P total}} = 5{,}61, \text{ o sea Ca:P} = 5{,}61{:}1$$

4º) Analizar los resultados obtenidos para calcio, fósforo y cloruro de sodio con lo expresado en la tabla 12.1:

Esta mezcla contiene 2,88 % de fósforo total, lo cual es la mitad de lo considerado conveniente; 16,16 % de calcio total, lo cual individualmente podría ser aceptable, pero la relación Ca:P es de 5,61:1, la que es muy alta por existir poco fósforo.

El cloruro de sodio se encuentra dentro de los límites correctos.

5º) Calcular los porcentajes de oligoelementos necesarios para la categoría de animales que tengamos que suplementar, considerando el consumo de MS y de suplemento mineral (Fórmulas 2 A y 2 B) y comparar con los resultados obtenidos en este control.

Ejemplo: novillos de 450 kg, pastura 70 % de digestibilidad y 80 g/día de consumo.

El cobre, con el 0,25 % de la mezcla mineral total, cubre sobradamente el 100 % de los requerimientos, ya que solo haría falta el 0,094 % de cobre.

El hierro se debe considerar como inexistente, pues el óxido de hierro es prácticamente bioindisponible, pero no es dañino.

El resto de los oligoelementos no existe en la fórmula.

6º) Analizar los resultados obtenidos para magnesio y azufre con lo expresado en el texto:

La cantidad de magnesio que posee es despreciable, es decir, que es poco útil, aunque no dañino. El azufre se puede considerar que no existe en la fórmula, ya que el único que se encuentra está en cantidades despreciables como sulfato de cobre y de magnesio.

CONCLUSIÓN:

No es una fórmula de una mezcla mineral adecuada por poseer muy poco fósforo, tener una relación Ca:P muy elevada, y ser incompleta por carecer de magnesio, azufre y varios oligoelementos. Por lo tanto, no es aconsejable su empleo.

En ciertos casos, con poca inversión se podría corregir la fórmula (agregado de fósforo y de los oligoelementos faltantes en este ejemplo), pero si la corrección a efectuar es muy grande, posiblemente convenga económicamente cambiar de suplemento.

OTRO MÉTODO PARA CONTROLAR OLIGOELEMENTOS

Otro método para controlar los oligoelementos de la mezcla es basándose en la ingestión probable de la mezcla mineral y la ingestión calculada de MS (tablas 11.10 a 11.14).

FÓRMULA 5

$$\text{\% del elemento de la mezcla mineral en la ingestión diaria total de alimento} = \frac{\text{\% del elemento en la mezcla mineral} \times \text{Consumo diario de mezcla mineral en g}}{\text{Consumo total diario de MS en g}} = \text{\% ó mg/kg MS}$$

Por ejemplo:
Cobre en la mezcla mineral = 0,25 %
Consumo diario de mezcla mineral = 50 g
Consumo diario total de MS = 10 kg = 10.000 g

Aplicando la fórmula 5:

$$\text{\% de cobre de la mezcla mineral en la ingestión diaria total de alimento} = \frac{0{,}25\ \% \times 50\ g}{10.000\ g} = 0{,}00125\ \% = 12{,}5\ mg/kg\ MS$$

Por lo tanto, en este ejemplo se deduce que si las necesidades de cobre son de 10 mg/kg de MS tanto para rodeos de carne como lecheros (tablas 11.2 y 11.3), y el cobre de la mezcla mineral aporta sobre la ingestión diaria de alimento 12,5 mg/kg de MS consumida, la mezcla mineral cubrirá con amplitud el 100 % de las necesidades diarias (Para la reducción de unidades, ver en el apéndice la tabla 17.1).

"...la sal es barata y sobre todo, la sal de roca que no la disuelve el agua, sirve perfectamente á este objeto; y de esta manera, á la vez que se haría al ganado un gran beneficio, se evitaría el peligro de que coma hueso".

Hernández, José. 1882. "Instrucción del Estanciero". Edit. Casavalle, Bs.As., :176.

CAPÍTULO XV

COSTO Y MANEJO A CAMPO DE LA SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA MINERAL

COSTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA MINERAL

Muchos productores desprevenidos se guían para el uso de una mezcla mineral principalmente en el costo de la misma, sin reparar en su formulación y en la seriedad que pueda brindar el fabricante. Esto puede ser racional para un ganadero, por el lógico desconocimiento técnico del problema, pero el costo de la mezcla mineral debe basarse fundamentalmente en el costo unitario del fósforo presente, ya que es el elemento más caro de la misma por la escasez mundial del mismo, por su precio y por la cantidad necesaria a emplear en el bovino. Por lo tanto, el precio de adquisición de la mezcla mineral se debe dividir por el contenido de fósforo presente. En esta forma podemos comparar costos entre mezclas de diferentes formulaciones.

FÓRMULA 6

$$\text{Costo en \$ por g de fósforo} = \frac{\text{Precio en \$ por kg de la mezcla mineral comercial}}{\text{g de P contenido por kg de la mezcla mineral}} = \text{\$/g de P}$$

En el siguiente cuadro se puede comprobar la importancia de la concentración de fósforo o de otros elementos en la mezcla mineral. A medida que disminuye la concentración del elemento, será necesario que el animal consuma mayor cantidad de la mezcla mineral para ingerir la misma cantidad del elemento.

Cuadro 15.1.- Equivalencias de concentraciones de mezclas minerales para suministrar 5 gramos de fósforo suplementario por día (Mufarrege, 1994).

Porcentaje de fósforo en la mezcla mineral	Consumo diario necesario de la mezcla mineral para ingerir 5 g de fósforo/día	Consumo anual necesario de la mezcla mineral para ingerir 5 g de fósforo/día
2 %	250 g/día	91,2 kg/año
6 %	83,3 g/día	30,4 kg/año
9 %	55,5 g/día	20,2 kg/año
12 %	41,6 g/día	15,2 kg/año

Una mezcla mineral con deficiencia de fósforo posiblemente sea de corrección imposible, pero si la deficiencia es de otros minerales, puede ser factible y económica su modificación.

Wilken (1985) manifiesta que la iniciación de la suplementación mineral en campos de cría es, en términos económicos, una inversión, por cuanto los resultados se verán con amplitud a los dos años, pudiéndose considerar su efecto como acumulativo, en la medida en que la reposición de vientres se realice con vaquillonas nacidas y recriadas con una alimentación mineral adecuada.

Si bien el trabajo de este autor no es extrapolable a todas las situaciones de suplementación mineral, ha demostrado que el aspecto económico en el caso analizado es ampliamente favorable a la suplementación, con una muy baja incidencia en el total de gastos del establecimiento.

Aparte del resultado económico a largo plazo que cita este autor, hay que tener en cuenta el mejoramiento de los índices reproductivos en el corto plazo, por una respuesta rápida de la fertilidad a la suplementación mineral.

Una información que se puede extraer de un ensayo con novillos de la E.E.A Mercedes del INTA (1978) es que la relación entre la diferencia de las ganancias de peso vivo entre lotes suplementados y los testigos y el consumo de mezcla mineral, fue de 2,03 (diferencia de kg de aumento de peso/kg de mezcla consumida), es decir, que por cada kg de mezcla mineral consumida, se obtuvieron 2,03 kg de peso vivo extra. Por lo tanto, al comparar los valores del kg de mezcla mineral y el kg de peso vivo, se comprueba que en este caso existió un apreciable beneficio económico inmediato.

Perego (1996), refiriéndose a diversos trabajos anteriores, indica que los novillos que se suplementaron con harina de huesos y sal desde los 8 meses hasta los 32 meses de edad, en campo natural, incrementaron su peso en un 62 % más que los testigos sin suplementación, y en las vacas de cría se obtuvieron 71,6 % de preñez al tacto en las suplementadas contra un 36 % en las testigos. De esta manera pueden esperarse 2 kg extra de carne por kg de suplemento mineral consumido en animales en crecimiento y un incremento del 100 % de los índices de preñez en las vacas de cría suplementadas respecto de las sin suplementar.

Fader y Marro (1998) efectúan un análisis económico de cobre y selenio inyectable en vacas lecheras, llegando a la conclusión que por la mayor producción de leche y terneros logrados, la relación en margen de ganancia es de 1 a 3, es decir, que por cada peso invertido en minerales se obtienen 3 de ganancia adicional en producción de leche y carne por año.

Según Millán et al (1990a) la suplementación de mezclas minerales balanceadas, mejora la velocidad de crecimiento de los rumiantes en pastoreo en más de un 7 %, en comparación con animales no suplementados.

La suplementación mineral adecuada es financieramente rentable, pues la relación beneficio:costo atribuible a su utilización es positiva y oscila entre 1.5:1 y 5.1:1 (Segura y Castellanos, 1999).

INFLUENCIA DEL DESTETE

En el manejo de los rodeos de cría, es muy importante, además de la suplementación mineral, disminuir la eliminación de minerales por leche, ya que el tiempo en que se realice el destete influye directamente en la mineralización de la vaca.

Coppo y Mussart (2005) en zona subtropical encontraron que la separación de vaca-ternero a los 60-75 días postparto se tradujo en mayores ganancias de peso y más altos niveles séricos de calcio, fósforo inorgánico, magnesio, cobre y otros minerales en las vacas destetadas, lo que atribuyeron al cese del drenaje lácteo de minerales y otros nutrientes.

Es decir que el manejo de las vacas de un rodeo de cría para mantener la fertilidad debería incluir la suplementación mineral y el destete lo más temprano posible.

MANEJO A CAMPO DE LA SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA MINERAL

Los alambrados, el agua de bebida, el reparo y la sombra y las provisiones dietéticas minerales pueden ser utilizados para contrarrestar los diferentes hábitos de los animales, con el fin de uniformar el pastoreo de los potreros.

En muchos casos es costumbre colocar el suplemento salino cerca de la aguada, ya sea por una lamentable comodidad o porque existe la creencia que el animal necesita tomar agua inmediatamente después de ingerir la mezcla mineral. Hay experiencias que demuestran que esto último no es así, habiendo transcurrido en pleno verano hasta más de siete horas desde que el animal ingirió el suplemento mineral hasta que se trasladó a la aguada (Woolfolk et al, 1957), lo cual es lógico, dada la reserva de agua y la dilución de las sales que se efectúa en el rumen, lo que demora el pasaje de las mismas a los lugares de absorción y al medio interno.

Si bien hay autores que aconsejan colocar los saladeros cerca de las aguadas o en los dormideros, considero que esto es un gran error. Si en un potrero, sobre todo si es extenso, colocamos en una misma zona la aguada, el monte de sombra y reparo y el suplemento salino, estaremos creando las condiciones para que los animales permanezcan mucho tiempo en ese área, con lo que lograremos un sobrepastoreo de la misma y un subpastoreo de las zonas más alejadas.

Si el monte y la aguada ya existen y no pueden trasladarse, deberemos mejorar el aprovechamiento de la pastura por medio del manejo del suplemento mineral. Por lo tanto, la colocación del mismo debe efectuarse en uno, dos o más lugares, de acuerdo a la extensión del potrero, a no más de 500 a 700 metros uno del otro, ya que cuando los animales deben recorrer grandes distancias para llegar hasta el saladero, el consumo disminuye, buscando colocarlos siempre en aquellas zonas a las que el animal no accede frecuentemente y que por lo tanto se encuentran subpastoreadas. Cuando estas zonas alcanzan un pastoreo óptimo, se traslada el saladero a otra zona subpastoreada, de manera de evitar en lo posible focos de sacrificio permanentes (pisoteo, compactación), sobrepastoreo y mala distribución de las deyecciones.

También es necesario tener en cuenta el número de animales, debiendo emplearse un saladero cada unas 300 a 500 cabezas. Cuando los potreros son muy grandes, se deberá colocar varios saladeros.

Las mezclas minerales se deben colocar (ver capítulo VIII) en bateas de madera, chapa o hierro enlozado, cemento, plásticos, fibra de vidrio u otro material que la sal no corroa. Deben ser anchas, poco profundas y sobreelevadas del nivel del suelo para disminuir la contaminación con tierra y heces, pero deberán ser lo suficientemente bajas como para que los terneros también puedan consumir los minerales. La altura conveniente es que el borde esté entre los 30 y 50 cm del nivel del suelo. Es útil colocarles un techo simple de chapa o madera para impedir la entrada de agua de lluvia, que si bien no descompone la mezcla mineral si la misma es de buena calidad, puede disolver algunos de los elementos y arrastrarlos fuera de la batea al desbordar la misma.

En zonas muy ventosas, es útil proteger tres lados de la batea con madera o chapa, y colocarla de manera que el lado protegido más largo enfrente a los vientos predominantes.

Un elemento barato, duradero y fácil de conseguir en los depósitos (chacaritas) de materiales de construcción usados, que le ha dado muy buen resultado al autor, son las bañeras enlozadas en desuso, de preferencia aquellas no muy altas en sus costados (las muy antiguas son altas), para que los terneros también alcancen la mezcla mineral. Conviene montarlas sobre un par de patines de hierro o madera largos, de forma que cuando se quieran trasladar a otro lugar del potrero o a otro potrero siguiendo al rodeo, basta con atarlas a la cincha de un caballo, a un tractor o vehículo para hacer fácilmente el movimiento.

Es conveniente que el recorredor remueva diariamente la mezcla, para homogeneizarla y romper el estrato superior endurecido por la humedad ambiente y por la misma saliva de los animales.

A su vez, el recorredor deberá controlar diariamente que en ninguna de las bateas falte la mezcla mineral, sobre todo en épocas de gran consumo, disminuyendo a un mínimo la cantidad de la misma en la batea cuando se entra en épocas de bajo consumo.

Se debe llevar un control de los kilos de la mezcla que se van colocando en los saladeros. Conociendo este dato, los días transcurridos y el número de animales, se puede fácilmente calcular el consumo diario promedio por animal, dato muy importante por si es necesario modificar la proporción de algún elemento en la mezcla mineral o si se decide el agregado de urea (ver capítulo XVI).

En la temporada de servicio, y especialmente en potreros extensos de monte o sierra, conviene juntar los saladeros en un solo lugar a la par de una aguada para facilitar la concentración de vientres y toros en una o dos zonas del potrero (saladero y aguada; saladero, aguada y sombra).

Los bovinos tienen un gran olfato por la sal, encontrándola con facilidad, por lo que no debe preocupar la colocación de los saladeros en lugares no recorridos comúnmente por la hacienda, siempre que el acceso sea fácil. El autor ha comprobado este hecho en campos quebrados de sierra y monte, donde los bovinos, apenas colocado el saladero, lo ubican perfectamente por el olfato.

Cuando en los pastoreos rotativos se suministra el agua de bebida por medio de un tanque cisterna móvil con bebedero adosado, se puede colocar el saladero en la parte trasera del tanque, ya que este equipo estará permanentemente donde estén los animales.

Es de suma importancia el suministro continuo en los saladeros. Si en un potrero con necesidad importante de suplementación mineral, se suspende el suministro de la mezcla mineral (irresponsabilidad del recorredor, falta de suplemento mineral en el establecimiento, etc.), los animales comienzan a comer tierra en las cercanías del saladero, ya que en la misma ha caído algo de la mezcla mineral, y por lo tanto, tiene gusto salado. Esta ingestión de tierra (con sílice) en cierta cantidad trae los consecuentes problemas clínicos, ya que en su mayor parte queda depositada en la zona ventral del rumen, a veces con muchos centímetros de espesor, hecho comprobado por el autor en distintas necropsias. Esto se agrava en épocas de seca y viento, cuando escasea el pasto y el animal lo ingiere contaminado con abundante tierra. Además, los animales se concentran durante mucho tiempo en cercanías del saladero, buscando esos restos de suplementación y disminuyendo aún más su ganancia diaria de peso.

Cuando se administra por primera vez suplementos minerales a animales con deficiencias severas, se debe hacer paulatinamente, pues por el "hambre de sal" que sufren, pueden ingerir cantidades elevadas tóxicas (hasta mas de 1,5 kg/día) que en un primer momento producirán intensas diarreas y que pueden llevar a la muerte a parte de los mismos. Tener la misma precaución cuando se incorporan al establecimiento animales provenientes de zonas con aguas deficientes en sales. Estos animales no se deben juntar con los del establecimiento que ya están acostumbrados a ingerir el suplemento mineral, sino que se los debe mantener en potreros aparte, administrándoles el suplemento mineral en forma paulatina y haciéndolos rotar ante el saladero para impedir que alguno lo ingiera en exceso, hasta que se compruebe, por el consumo diario ad libitum, que han normalizado sus necesidades. El autor ha atendido varios casos de mal manejo de este tipo, incluso con muertes.

En campos de monte y/o sierra de aguas deficientes en sales, y en potreros con varias aguadas naturales o aguadas extensas (ríos, arroyos), donde la hacienda debe ser encerrada por medio de buitrones (corrales trampa), y el agua de bebida no puede ser empleada como cebo, cuando se decide emplear el buitrón se deberá colocar el suplemento mineral dentro del mismo, de manera de usarlo como cebo.

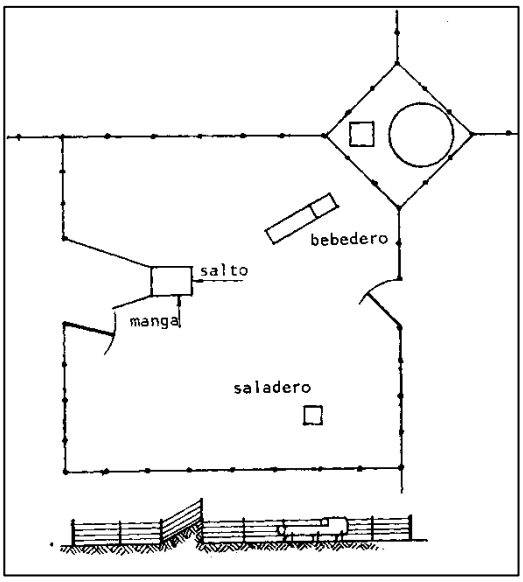


Figura 15.1.- Esquema de un buitrón (Bavera, 2001).

En campos donde la aguada, generalmente natural (ríos, vertientes, etc.), se encuentra por uno o más lados rodeada de laderas o pendientes fuertes, los animales tienden a concentrarse cerca de la aguada en la parte baja, sobrepastoreando sus alrededores. En estos casos, el suplemento salino debe colocarse en los lugares altos, donde el animal no acude espontáneamente. Se debe hacer un plan de manejo de estos potreros, donde además de indicar el o los lugares a colocar el suplemento mineral, debe señalarse la fecha en que se ha de suministrar en cada uno, pues no se obtendría un buen resultado en el pastoreo colocándolo en muchos lugares a la vez. Al principio, es conveniente colocar la mezcla mineral en las partes bajas de la ladera, fuera del límite de los lugares más pastoreados, subiéndola a medida que avanza la estación.

Cuando en un rodeo de cría con terneros al pie, a la provisión dietética mineral se le agrega urea para mejorar la digestibilidad de las pasturas bajas en proteínas, se debe tener la precaución de impedir que los terneros la ingieran, pues al no tener aún el rumen completamente desarrollado y funcional, pueden intoxicarse (ver capítulo XVI). En este caso, se deberán colocar los saladeros en posición alta, para que las vacas tengan acceso a la mezcla y no los terneros.

Si existe o se construye un escamoteador (para suplementación al pie de la madre) se podrá colocar para los terneros la provisión dietética mineral sin urea dentro del mismo a baja altura y para las vacas, con urea afuera y altos.

Figura 15.2.- Escamoteador tipo mecano, en paneles de caño, desarmable y transportable.

En épocas de escasez de forraje y/o de sobrepastoreo, al consumir poco forraje, los animales consumen consecuentemente menos minerales, y, por otra parte, generalmente este escaso forraje tiene déficit de algunos minerales. Además, al sobrepastorear, los animales están consumiendo el forraje a ras del suelo, por lo que ingieren tierra en gran cantidad, lo que eleva el contenido de hierro de la ingesta a niveles que pueden interferir en la absorción de otros minerales, como el cobre. Esto se puede agravar en zonas muy ventosas y/o en épocas de seca por el depósito de tierra sobre el forraje. Por todo esto, en épocas de mala alimentación es más importante aún administrar una suplementación dietética mineral completa.

La suplementación mineral como preventiva del timpanismo es parcialmente efectivas y se emplea como un métodos más de control. Aumenta la producción de saliva, el primer inhibidor del empaste, y contribuye a activar la flora y las contracciones ruminales.

La suplementación mineral de puede emplear, en algunos casos, para dosificar distintos productos. Para ello se deben lograr consumos estables, por lo que es necesario que los animales estén consumiendo con anterioridad el suplemento mineral para conocer los consumos y poder agregar al mismo la dosis correcta del producto.

"La capacidad de los microorganismos que existen en el rumen de bovinos y ovinos para utilizar fuentes de NNP y formar proteína verdadera, que los animales puedan convertir en carne y leche, constituye una contribución importante al abastecimiento de alimentos para el hombre"

Loosli y McDonald, 1969, El nitrógeno no proteico en la nutrición de los rumiantes, 1.

CAPÍTULO XVI

SUPLEMENTACIÓN MINERAL NITROGENADA (con NNP)

INTRODUCCIÓN

Si bien la mezcla mineral tiene muchas veces agregada proteínas (por ej. grano o expeller de soja), el nombre de sal proteinada que se emplea en algunos lugares no es el correcto, ya que el ingrediente más activo y que con mayor frecuencia se emplea es la urea. Por lo tanto, el nombre correcto es suplementación mineral nitrogenada, término que incluye al nitrógeno proteico y al no proteico.

El tipo de producción del animal y su intensidad determinan los requerimientos de proteína. Son altos en lactación (15-16 %), intermedios en crecimiento y/o engorde (12 %) y bajos en mantenimiento (9 %).

El nitrógeno no proteico puede ser añadido a la suplementación mineral para aprovechar la producción de proteína microbiana en el rumen. Su uso es fundamental en rodeos de cría que pastorean en invierno pasturas diferidas naturales o cultivadas de bajo contenido proteico (menos del 8 %) y alto contenido de hidratos de carbono estructurales de baja digestibilidad (celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina), como es el caso de zonas de marcada estacionalidad de precipitaciones, tales como la semiárida, del altiplano, de la patagonia y subtropicales y tropicales. **El suministro de NNP tiene como objetivo** mejorar la digestibilidad y aumentar el consumo del forraje base, permitiendo a las vacas de cría, durante esta época crítica de forrajes de baja calidad, mantener la condición corporal o incluso ganar moderadamente algo de peso.

El NNP también se puede emplear en invernadas largas durante restricciones en la alimentación, las que generalmente se realizan en pasturas diferidas cultivadas o rastrojos.

Los verdeos de invierno producen forrajes de buena calidad, pero a un costo más elevado y muchas veces y en algunas zonas, sin seguridad de tenerlos en tiempo y volumen.

La urea es un componente nitrogenado que se degrada dentro del rumen muy rápidamente y que, si se administran cantidades grandes puede producir toxicidad y muerte. Sin embargo, su correcto uso puede ser de alto beneficio técnico y económico, por lo que se debe prestar atención a los factores que influyen en su aprovechamiento.

Estos factores incluyen: la cantidad de carbohidratos rápidamente disponibles, el monto de nitrógeno soluble y el nitrógeno no proteico que surge naturalmente de los componentes de la ración base, el tiempo y repeticiones del consumo, los minerales y la adaptación del animal.

PORTADORES DE PROTEÍNAS Y DE NITRÓGENO NO PROTEICO (NNP) DE USO COMÚN

Existentes en el campo

- Forrajes con alto contenido de proteína.

Existentes en el campo y/o adquiribles en el mercado

- Grano de soja quebrado (molido con zaranda gruesa).
- Sojilla.
- Semilla de algodón.

Adquiribles en el mercado

- Grano de soja desactivado.
- Expellers, pellets y harinas proteicas de origen vegetal.
- Subproductos de molinería.
- Alimentos industriales.
- Residuos de producciones animales.
- Fuentes de nitrógeno no proteico.

En la elección del suplemento nitrogenado más adecuado se debe tener en cuenta su disponibilidad en el lugar, transporte, costo, composición nutricional y posibilidades y método de suministro al animal.

PORTADORES DE PROTEÍNAS

Forrajes

Algunos forrajes de alto valor nutritivo y elevados niveles de proteína, como henos de muy buena calidad, verdeos de invierno o pasturas de leguminosas en estadíos jóvenes de crecimiento, pueden utilizarse en programas de suplementación. Sin embargo, debe considerarse que los forrajes tienen alto contenido de fibra y pueden desplazar volúmenes importantes de la dieta base comparados con suplementos concentrados.

Grano de soja partido

El efecto de la suplementación con grano de soja partido sobre el consumo voluntario en vacunos alimentados con rastrojos o pasturas diferidas incrementa en forma importante el consumo de MS y mejora los niveles digestivo y metabólico, lo que impacta positivamente en el desempeño animal. Tiene un buen nivel de proteína de alto valor biológico y de energía. Por su alto contenido en aceites (4-6 %) y factores antinutricionales, no debe superar el 8-10 % del total de la MS de la ración, ya que puede ocasionar disturbios metabólicos. En rumiantes se puede emplear crudo, no siendo imprescindible su desactivación.

El proceso de **desactivado** consiste en un tratamiento del poroto de soja crudo por medio de vapor y posterior secado y enfriado para destruir los factores antinutricionales que son:

- **Ureasa**: enzima, también presente naturalmente en el rumen, que en presencia de temperatura y humedad libera amoníaco.
- **Antitripsinógeno**: no permite a la tripsina pancreática cumplir su función en la digestión de las proteínas.
- **Neutralizador de la metionina**: perjudica la utilización de éste aminoácido azufrado.
- **Factor destructor de la tiroides**: actúa únicamente en aves.
- **Enzima lipoxidasa**: destruye la vitamina A.

Aparentemente, la soja cruda o mal desactivada incrementa los requerimientos de zinc por formar complejos indigeribles entre el zinc y las proteínas.

Figura 16.1.- Poroto de soja entero: a) crudo; b) desactivado por vapor y secado por aire caliente; queda más oscuro que el crudo y algunos granos con su superficie arrugada.

Sojilla

Es un residuo de clasificación. Son granos de soja partidos, quebrados, semillas extrañas, paja, etc. Su composición es muy variable, dependiendo de la cantidad de soja presente. En general tiene un buen nivel proteico y es de bajo precio. Normalmente no es necesario molerlo, ya que casi todas las semillas están partidas. Hoy en día hay poca oferta a raíz de la gran limpieza de los potreros donde se siembra soja y las cosechadoras actuales más eficientes.

Semilla de algodón

El principal producto de la industria algodonera son las semillas de algodón. Tiene un alto contenido de lípidos (más del 20 %) y de proteínas. Por el alto contenido de lípidos, no debe excederse de 3 a 4 kg por día por animal adulto. También tienen problemas de conservación por su alta humedad (mayor del 15 %), pudiendo calentarse y colonizarse con hongos productores de aflatoxinas. Con menos del 10 % de humedad se pueden conservar largo tiempo sin alterarse.

Expeller, pellets y harinas

En la Argentina se generan principalmente expellers, pellets y harinas de soja, girasol y maní como subproductos de la muy desarrollada industria aceitera y de la del biodiésel. Son concentrados proteicos de entre 30 y 45 % de proteína. Las **harinas**, que generalmente se comercializan en **pellets**, son el subproducto de la extracción de aceites mediante la utilización de solventes, mientras los **expellers** son obtenidos mediante la extracción del aceite por presión en forma mecánica por prensa continua. La principal diferencia entre las harinas y sus pellets, y los expellers es el contenido de lípidos, de alrededor del 3 % para las harinas y pellets y del 8 % para los expellers. Los porcentajes de proteínas son mayores en las harinas y pellets y menores en los expellers. Ambos sistemas eliminan los factores antinutricionales de la soja, que en el rumiante adulto no tienen gran importancia, pero sí en animales jóvenes y en los monogástricos.

Si se comparan los precios relativos, el pellets de girasol ha resultado históricamente de menor costo, aunque los porcentajes de proteína varían en función de la cantidad de cáscara que la industria adiciona al pellet. Hoy en día, por los métodos empleados en la mayoría de las industrias, hay más ofertas de pellets que de expellers.

Figura 16.2.- a) Pellets de girasol y b) pellets de soja.

Afrecho y afrechillo

Son subproductos de la molinería con cantidades variables de almidón y 14 a 20 % de proteína bruta. Posee un contenido de fibra superior al de un grano y un porcentaje de proteína relativamente marginal para ser definido como concentrado proteico, por lo que, para ser usado con ese propósito, debe compararse en costo con otros suplementos existentes en el mercado. La presentación puede ser en pellets o a granel.

Gluten feed

Subproducto de la industrialización del maíz. Buena palatabilidad, seco o húmedo, nivel de proteína medio semejante a la harina de soja y buen nivel energético.

PORTADORES DE NITRÓGENO NO PROTEICO (NNP)

Como nitrógeno no proteico (NNP) se incluyen diversos compuestos que contienen nitrógeno y que estructuralmente no son polipéptidos, que es la forma en que encuentra el nitrógeno de las proteínas. Entre los mismos se pueden mencionar la urea, el biuret, la glutamina, el ácido úrico, las sales amoniacales de ácidos inorgánicos como el clorhídrico y el sulfúrico, el fosfato mono y diamónico y el bicarbonato de amonio. Todos estos compuestos nombrados son bien utilizados por los rumiantes, pero la urea es la fuente de NNP más comúnmente usada en la alimentación de rumiantes debido a su menor costo comparado con las otras.

Cama de pollo

Son residuos de la producción avícola, como ser la cama y guano de ponedoras (gallinaza) o de pollos (pollinaza). Está compuesta por cáscara de girasol, arroz, aserrín, paja u otras, que le suministran gran cantidad de fibra (13 - 40 %), y las deposiciones de las aves que le agregan ácido úrico hasta alrededor del 6 % de nitrógeno no proteico, el valor más variable en los análisis. La variación en su composición es muy inconstante de acuerdo a la cama empleada, cantidad de aves, tiempo de permanencia de la cama en el galpón, etc. Por su bajo peso específico y consiguiente alto costo de transporte, es utilizada principalmente por ganaderos cercanos a establecimientos avícolas.

Urea o carbamido

La urea es el sólido granulado de mayor concentración de nitrógeno. Rouelle la descubrió en 1773, Prout estableció su composición en 1818 y Wohler la sintetizo por primera vez en 1828.

De su fórmula:

$$CO(NH_2)_2 \quad \text{ó} \quad \begin{matrix} NH_2 \\ \rangle C = O \\ NH_2 \end{matrix}$$

puede calcularse que la urea pura contiene 46 por ciento de nitrógeno, en lugar de 16 % que contienen la mayoría de las proteínas. Por consiguiente, 1 kg de urea equivale a 2,88 kg de proteína bruta (46 ÷ 16 = 2,88 ó 6,25 x 0,46 = 2,88). Asumiendo una eficiencia de conversión de la urea en proteína del 70-75 %, un kg de urea puede reemplazar a unos 5,8 kg de expeller de girasol o 4,4 kg de expeller de maní.

Es la fuente de nitrógeno de menor costo por gramo de proteína suministrado, siendo por ello la que se utiliza más ampliamente. Se presenta como perlado, granulado o cristales (polvo) blanco o cristalino, soluble en agua, de sabor amargo, que se utiliza como fertilizante y que se mezcla fácilmente con los otros ingredientes de la suplementación mineral.

La urea es relativamente higroscópica y tiende con el tiempo a agrumarse o formar terrones con mucha facilidad, lo que se magnifican según el porcentaje de material en polvo que posea la urea granulada. Este problema es más grave cuando se trabaja a granel. Con urea embolsada se debe tener la precaución de no dejar los envases abiertos.

Al objeto de mejorar las características de fluidez, la urea se puede tratar convirtiéndola en urea de calidad para pienso (42-45 % de nitrógeno), en la cual cada grano de urea se cubre de caolina o de alguna otra sustancia no higroscópica para evitar la formación de grumos. En Argentina generalmente no se usa esta forma de urea.

La urea fertilizante es la más barata y es la que se utiliza comúnmente, en forma perlada, mezclada con la suplementación mineral.

Un litro de urea pesa ente 1,4 y 1,5 kg. Como tiene sabor amargo, si se emplea en dosis muy elevadas, limita la ingesta. Mal empleada, puede ser tóxica. Tiene muy alta solubilidad. A 0º C se disuelven 67 g/100 g de agua; a 20º C, 180 g/100 g de agua y a 40º C 167 g/100 g de agua. Esto es importante tenerlo en cuenta cuando llueve sobre la suplementación mineral nitrogenada, pues el agua sobrenadante tiene una alta concentración de urea que los animales pueden beber e intoxicarse.

En caso de incendio, produce humos tóxicos de nitrógeno (NO y NO_2) y monóxido de carbono.

Figura 16.3.- Urea perlada tipo fertilizante

Biuret

El biuret (NH_2-CO-NH-CO-NH_2) se produce a partir de la urea por calentamiento, y contiene un 41 % de nitrógeno (256 % de PB). Es apenas soluble en agua y no es tóxico, ya que el amoníaco se libera lentamente en el rumen. Por consiguiente, tiene ventajas concretas en comparación con la urea para utilizarlo mezclado con la suplementación mineral. Sin embargo, es caro y hace falta un período de adaptación de 3 semanas y hasta 2 meses antes de que se obtenga una respuesta total a la alimentación con biuret. Esta adaptación se pierde rápidamente cuando no se suministra biuret diariamente.

Hoy en día, su uso ha perdido vigencia.

La mezcla de urea y biuret podrán resultar más prácticas que cualquiera de los dos productos por separado (Loosli y Mac Donald, 1969), dado que su uso conjunto complementa sus cualidades.

Cuadro 16.1.- Portadores más comunes de proteína y de NNP, porcentajes promedios de proteína bruta (PB) y proteína pasante o no degradable (by pass).

Origen	Presentación	% PB	% de la PB que es pasante
Alfalfa	Pellets	18- 21	46
Algodón	Semilla	20 - 28	30 - 35
Algodón	Expeller	38 - 45	50
Algodón	Pellets	34 - 48	33 - 41
Algodón	Desmote	7,5	---
Arroz	Afrecho	12 – 18	---
Aves	Harina de plumas hidrolizada	78 – 88	70
Aves	Cama	20 – 32	---
Colza	Expeller	32 – 37	25 - 32
Girasol	Expeller	26 – 40	25 - 26
Girasol	Pellet	32 – 40	25 - 26
Maíz	Grano	9 - 10	53 - 61
Maíz	Gluten feed pellets	21 – 25	20 - 35
Maíz	Gluten meal	40 – 60	55
Maní	Pellet	43 – 46	25 - 27
Maní	Expeller	46	25 - 27
Maní	Descarte	27	---
Melaza	Seca	3,5	---
NNP Urea	Granulado	275 - 288	---
NNP Urea	Perlado	275 - 288	---
NNP	Biuret	256	---
Soja	Expeller	43 - 47	24 - 35
Soja	Pellets	42 - 48	24 - 35
Soja	Poroto entero crudo	32 - 40	22 - 25
Soja	Sojilla	24 - 35	---
Sorgo	Grano	7 - 14	40 - 50
Sorgo	Burlanda (harina de gluten)	45	---
Trigo	Afrecho	15 - 20	---
Trigo	Afrechillo	14 - 18	23 - 29
Trigo	Afrechillo pellets	15 - 17	---
Trigo	Rebacillo	18	---

CICLO DE LA UREA EN LOS RUMIANTES

El conocer el ciclo de la urea es básico para entender la nutrición del rumiante, ya que la urea no es sólo un producto industrial, sino también un producto metabólico formado en el organismo. Básicamente es nitrógeno no proteico de rápida degradación ruminal hacia amoníaco.

Cuando los microorganismos del rumen degradan las proteína ingeridas, el nitrógeno formado realiza una rápida hidrolización (agregado de hidrógeno) para formar amoníaco (NH_3).

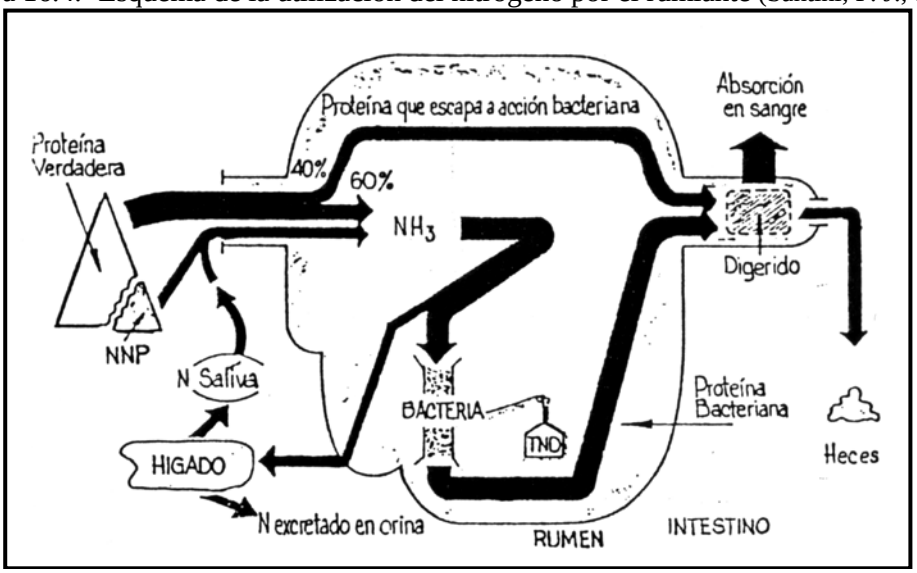
Si hay más amoniaco del que los microorganismos pueden utilizar, el exceso será absorbido por la corriente sanguínea a través de las paredes del rumen. Como la sangre que sale del rumen va directamente al hígado, una vez en la sangre el amoníaco es llevado al mismo. Una función del hígado es desintoxicar la

sangre y como el NH_3 es tóxico para el animal, el hígado lo transforma en un componente no tóxico, la urea, la que es liberada nuevamente a la corriente sanguínea.

Por la sangre la urea es transportada a las glándulas salivares, donde es absorbida y por la saliva enviada al rumen para su reciclamiento, siendo empleada como fuente de nitrógeno.

El exceso de urea en sangre es transportado a los riñones y excretado en la orina. Este proceso de eliminación de los excesos de amoníaco es costoso en energía y con riesgo de toxicidad si la cantidad de urea ingerida es muy alta o sin acostumbramiento.

Figura 16.4.- Esquema de la utilización del nitrógeno por el rumiante (Santini, F. J., 1994)



Cuando suministramos urea, a las 2 horas de la ingestión se produce el pico de amoníaco en rumen y a las 9 ó 10 horas el rumen vuelve a tener el nivel que tenía antes de la ingestión de la urea. Por ello, el aprovechamiento del amoníaco liberado para la síntesis de proteína microbiana dependerá, entre otros factores, del aporte simultáneo de energía en el rumen.

Los microorganismos usan las proteína naturales y las proteínas sintetizadas para su crecimiento y reproducción, lo que provoca un aumento en la población microbiana dentro del rumen. Permanentemente parte de los microorganismos ruminales son transportadas al abomaso (cuajo) y al intestino delgado, donde son digeridos por enzimas proteolíticas y sus proteínas divididas en los aminoácidos que las constituyen. Estos aminoácidos son absorbidos y utilizados por el rumiante para formar sus propias proteínas.

La clave para suplementar con urea radica en lograr un nivel lo más constante posible de nitrógeno amoniacal en el rumen a fin de maximizar su aprovechamiento por el metabolismo microbiano, ya que la urea en el rumen puede descomponerse en amoníaco más rápido de lo que las bacterias pueden convertirlo en proteína. Ello dependerá por un lado, de la frecuencia de consumo del suplemento durante el día y de la cantidad consumida, y por otro, de la fracción de NNP presente en la dieta base, que en las pasturas diferidas es muy baja.

En los feedlot podemos asegurar un consumo regular de urea durante el día, pero en pastoreo, el consumo se reducirá a una o dos veces por día, lo que provoca picos de producción de amoníaco en rumen que difícilmente son totalmente aprovechados por las bacterias por no estar equilibrado el aporte de energía con el de nitrógeno.

La cantidad de nitrógeno soluble contenida en la porción de proteína natural de la ración juega un importante papel en la cantidad de urea que debe ser usada como suplemento proteico. Así, por ejemplo, los forrajes verdes, particularmente en cierta época del año, como el otoño, poseen la mayor parte de su proteína en la forma de proteína soluble o nitrógeno no proteico; los silos de maíz confeccionados con materiales

secos poseen elevada cantidad de nitratos y aun ciertos granos, especialmente con altos porcentajes de humedad, poseen elevados niveles de proteínas rápidas a nivel ruminal.

TOXICIDAD

Cuando el nivel del amoníaco en el rumen es elevado, las cantidades que penetran en la circulación sanguínea pueden alcanzar niveles tóxicos para el animal. El amoníaco se libera rápidamente a partir de una fuente de nitrógeno no proteico de buena solubilidad como es la urea.

El nivel del amoníaco en el rumen será bajo si la microflora es activa y capaz de aprovechar el amoníaco a gran velocidad. Esto se logra con una previa adaptación a la urea y suministrando un carbohidrato de fácil fermentación (melaza, grano molido).

La toxicidad se produce con frecuencia cuando los animales comen grumos de urea o beben soluciones de urea acuosa o de urea-melaza diluidos por el agua de lluvia. El aumento repentino de la concentración de amoníaco en el rumen puede tener consecuencias fatales para el animal.

Los problemas de toxicidad ocurren cuando más cantidad de NH_3 es liberado a la sangre desde el rumen de lo que el hígado puede sintetizar en urea. La capacidad del hígado para transformar el amonio en urea (detoxificación) es muy alta pero no es ilimitada, por lo que al superarse tal capacidad se pueden producir severos daños en el animal. Con las proteínas naturales raramente ocurre esto, porque éstas son más difíciles de romper por los microorganismos, siendo el NH_3 liberado en un lapso más prolongado.

Se produce alcalosis y los síntomas clínicos de toxicidad ocurren cuando el amoníaco llega al cerebro y otros tejidos nerviosos, generalmente en corto tiempo después de suministrada la sobredosis. Estos síntomas clínicos son: salivación excesiva, dificultad para respirar, incoordinación motora, temblores musculares, timpanismo, convulsiones, mugidos, rigidez en las patas delanteras, aliento con olor a amoníaco y finalmente muerte.

Otras enfermedades tales como hipomagnesemia, hipocalcemia, hipofosforemia, tétanos, envenenamiento por órganofosforados, shock anafiláctico, etc. poseen síntomas semejantes. Las circunstancias que preceden a la toxicidad y el olor a amoníaco del aliento de los animales, ya que el mecanismo de defensa fisiológica consiste en llevar NH_3 a los pulmones para sacarlo de la sangre, pueden indicar la causa del problema.

Cuando una dosis letal se ingiere, aparecen los primeros síntomas de intoxicación entre los 20 y 60 minutos y puede ocurrir la muerte dentro de los 20 minutos a 3 horas. La morbilidad es de un 50 % y mortalidad del 80 %. Si el animal vive más de dos horas, generalmente sobrevive, recuperándose sin secuelas en 12-24 horas.

En las necropsias se detecta un fuerte olor amoniacal al incindir el rumen.

El término "toxicidad por urea" está mal empleado, ya que la urea en sí misma no es tóxica. La toxicidad es causada por el producto final de la degradación de la urea, el amoníaco (NH_3), por lo que el nombre apropiado es "toxicidad por amoníaco".

Tratamiento

El tratamiento a campo consiste en suministrar por vía oral una solución de 3 o 8 litros de vinagre o ácido acético al 5 % que neutralizan los radicales amonio, más ½ kg de azúcar (hidratos de carbono muy fermentecibles) en 20 a 40 litros de agua fría. La administración de agua fría por vía oral reduce la temperatura del contenido ruminal y con ello la ureólisis y diluye la concentración de amonio reduciendo su tasa de absorción. Por vena soluciones de calcio y magnesio para controlar la tetania.

Si se dosifica apenas se notan los primeros síntomas y antes que el animal alcance el estado de convulsiones, el porcentaje de sobrevivencia es normalmente muy bueno y sin efectos posteriores. Si es necesario, se repetirá el tratamiento a intervalos cortos.

La urea debe tratarse siempre como un veneno. Debe almacenarse en lugares seguros. Los baldes que contengan urea o una solución de la misma deben estar fuera del alcance de los animales (y de los niños).

ADAPTACIÓN, ACOSTUMBRAMIENTO O ESTABILIZACIÓN

Los bovinos no deben empezar bruscamente a ingerir urea ya que los microorganismos del rumen necesitan tiempo para adaptarse al nuevo suplemento. El nivel de urea debe aumentarse poco a poco, ya que la tolerancia de los bovinos va en aumento a medida que la flora ruminal se adapta.

La adaptación del animal a la dieta limita la cantidad de urea que puede ser usada en el comienzo de la suplementación. Toma de dos a cuatro semanas (tiempos de la alimentación) para que el animal se adapte a una utilización total de la urea, pero esta adaptación se pierde cuando los animales no consumen urea durante 2 ó 3 días, siendo necesario reiniciar el acostumbramiento desde cero.

La retención de nitrógeno absorbido se mejora en 2 a 4 % por cada período de 10 días de suministro de urea hasta llegar al equilibrio metabólico final. La máxima capacidad de los microorganismos del rumen para asimilar el amoníaco se alcanza después de las 3 semanas de iniciado el consumo de una dieta rica en urea.

El biuret también requiere un período de unas tres semanas para inducir la actividad de la enzima biuretasa. Como consecuencia de ésta tasa de hidrólisis más lenta y a que no se produce toxicidad con niveles altos de suministro, el biuret resulta una fuente de NNP muy interesante pero más cara que la urea.

Las mezclas comerciales, para lograr la adaptación de la flora ruminal, en general se presentan en tres tipos, con porcentajes crecientes de urea: Primera semana, Segunda semana y Tercera semana en adelante.

Antes de comenzar a dar por primera vez urea, el animal debe estar acostumbrado y tener satisfechos sus requerimientos de minerales, de manera que no exista "hambre de sal".

ENERGÍA

La urea, al contrario de lo que ocurre con la proteína, no contiene calorías, fósforo, ni azufre, pero estimula la fermentación ruminal de forrajes de baja calidad.

El biuret se puede suministrar solo, mientras que la urea debe mezclarse con una fuente energética para evitar la toxicidad.

La eficiencia de utilización del amoniaco o nitrógeno será máxima en la medida que sea la primera limitante necesaria para la síntesis proteica. En el caso de la urea, su utilización será alta con dietas bajas en nitrógeno disponible, pero que contengan adecuados niveles de energía, hidratos de carbono, minerales y otros compuestos que activen la síntesis microbiana.

Debido a que la urea tiene una tasa de hidrólisis muy rápida, los carbohidratos requeridos para su máximo aprovechamiento deben ser altamente solubles, como son los del contenido celular o no estructurales (azúcares simples: glucosa, fructosa, sacarosa) y los de almacenamiento (almidón, fructosanos). Los hidratos de carbono forman la base en la cual los microorganismos del rumen adhieren el amonio (NH_2), que sacan de la urea, para la formación de aminoácidos. Este es el factor más importante que afecta la utilización de la urea.

La energía contenida en forrajes de baja calidad no puede ser liberada por los microorganismos tan rápidamente como es necesario cuando se suministra urea y si no hay suficiente cantidad de carbohidratos rápidamente disponibles, los aminoácidos no se pueden formar y el NH_2 se pierde como NH_3 a través de la pared del rumen.

Por ello es imprescindible, al dar urea, suministrar simultáneamente melaza o granos molidos, ya que los carbohidratos de la melaza y más de un 70 % del almidón de los granos molidos se fermentan en su totalidad rápidamente en el rumen.

La melaza es un subproducto de la refinería del azúcar. Es una buena fuente energética, buen saborizante y aglutinante de uso en los bloques o panes mineral nitrogenados.

Como favorece el desarrollo de los protozoarios ciliados que absorben directamente el azúcar para retener energía, disminuyendo la energía disponible para el crecimiento bacteriano, no es el suplemento energético más adecuado como única fuente de energía para un suplemento mineral nitrogenado (Oldham et al, 1977, cit. por Fernández Mayer, 2001).

Una dieta alta en forraje diferido produce un pH ruminal elevado (6,6-6,8), ya que induce a una gran actividad de rumia y alta producción de saliva, promoviendo el crecimiento de bacterias que digieren la celulosa y hemicelulosa, cuyo producto final es el acético. Por ello es importante tener en cuenta que la alta suplementación o adición de almidón de los granos o de otro carbohidrato de fácil fermentación, solos, sin urea, a una ración de forrajes de baja calidad deficientes en proteína, hará que disminuya el pH (5,8-6,0) y que disminuya aún mas la digestibilidad del forraje diferido a causa de la competencia que se establece para el nitrógeno entre las bacterias de crecimiento rápido consumidoras del almidón, y las bacterias celulolíticas de crecimiento lento. Por ello, cuando se pastorean forrajes de baja calidad y se suplementa con granos, es imprescindible la adición de nitrógeno no proteico para lograr el aumento de la digestibilidad y del consumo del forraje diferido.

AZUFRE Y OTROS MINERALES

El azufre es un elemento activante de la digestión de la celulosa, favoreciendo una mayor retención de la misma, ya que es necesario para formar en el rumen los aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y cistina).

La población microbiana ruminal puede emplear el azufre inorgánico, tanto el azufre elemental como el proveniente de los sulfatos de los alimentos y/o del agua de bebida.

La proporción de nitrógeno y azufre cuando se suministra urea debe ser de 10:1, que es la proporción contenida en los aminoácidos. Se deben agregar 1 g de azufre cada 15 g de nitrógeno no proteico, o lo que es lo mismo, 3 g de azufre en polvo cada 100 g de urea (NRC, 1976). Tener en cuenta el azufre provisto por el agua de bebida, que en muchos casos cubre sus necesidades (el $SO_4^=$ tiene 33 % de azufre).

Loosli y McDonald (1969) citan que el cobalto estimula la utilización de la urea y la digestión de la celulosa (Bentley et al, 1954) y que se necesitan diversos elementos minerales, entre ellos el fósforo, para obtener un crecimiento microbiano óptimo en el rumen y una utilización eficaz de la urea (Burroughs et al, 1950).

El cinc disminuye la velocidad de degradación ruminal de la urea, lo cual es importante para su mejor aprovechamiento (Arelovich et al, 2000).

Podemos generalizar que para un completo aprovechamiento de la urea es necesario suministrar simultáneamente una suplementación dietética mineral completa, con especial atención en la proporción de azufre en la misma y en el agua de bebida.

CONSUMO DEL FORRAJE DE BAJA CALIDAD

Dietas de baja digestibilidad y bajo contenido de proteína disminuyen el consumo. Bajo condiciones extensivas de producción, además de la composición de la dieta, el consumo voluntario de forraje también estará afectado por la disponibilidad de materia seca por unidad de superficie. Durante el otoño-invierno, y principalmente para la cría, es habitual encontrar estas condiciones alimenticias.

La manera más económica de cubrir la deficiente disponibilidad forrajera, es la transferencia del gran volumen de pasto producido durante el verano por gramíneas de crecimiento estival como pasturas diferidas hacia la época invernal crítica. Durante el invierno, estos recursos no superan el 50 % de digestibilidad. Animales en pastoreo de forrajes con estas características no alcanzarían a mantener su peso corporal. El bajo consumo de estos forrajes no permiten mantenerse aún a las categorías de bajos requerimientos, como las vacas gestantes secas.

La depresión de la digestibilidad y el consumo con el avance de la madurez están asociados con una proporcional reducción en el contenido proteico. Es decir que, en dietas de baja calidad, el déficit de nitrógeno en el rumen actúa como factor limitante del consumo de energía, porque deprime la digestión de la celulosa. Por lo tanto, para un óptimo crecimiento de estos microorganismos ruminales se requiere, entre otros factores, de la correcta provisión de nitrógeno.

La inclusión de NNP (urea), proteína (grano de soja partido), energía (maíz, sorgo) y suplementación mineral (micro y macro elementos) en la dieta proporciona un ambiente favorable al crecimiento de los microorganismos, facilitando la degradabilidad de los forrajes y aumentando su consumo hasta en un 30 %.

El consumo de estos forrajes está determinado por la tasa de "vaciado" del rumen. Uno de los factores más importantes para la ruptura del forraje hasta partículas de tamaño menor a 2 mm que pasen el orificio retículo-omasal es la digestión microbiana (Stritzer, 1983). El desalojo más rápido disminuye la distensión de las paredes del rumen estimulando el consumo. Por ello, mejorar el nivel proteico de la dieta se traduce en un aumento de la tasa de crecimiento de la población ruminal, de la digestión microbiana, de la tasa de pasaje del forraje y por ende un mayor consumo voluntario de forraje.

La concentración mínima de nitrógeno necesaria para rumiantes que consumen dietas con digestibilidad entre 40 y 50 % debería ser de 0,8 a 1,6 %, siendo 1 % el valor más recomendado (Stritzer, 1983). Para dietas cuyo contenido en nitrógeno sea inferior, la respuesta a un aumento en la provisión nitrogenada, generalmente conduce a un aumento en el consumo voluntario, al incrementarse las tasas de digestión y de pasaje del alimento, atenuándose las pérdidas de peso.

Nocek y Russell (1988) establecen que existe una relación entre la suplementación nitrogenada y el consumo de energía. Como se favorece la síntesis microbiana por medio de la suplementación nitrogenada, se incrementa la digestibilidad, la tasa de pasaje y el consumo de materia seca; de esta forma se generan mayores cantidades de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal (proteína bacteriana y ácidos grasos volátiles), por unidad de materia seca consumida y por unidad de tiempo.

Melo et al (1982), realizaron un trabajo para evaluar el efecto de la urea en el consumo y la digestibilidad de forrajes de baja calidad diferidos para el invierno. Se trabajo sobre gramíneas de crecimiento primavero-estival, que diferidas en el invierno manifestaban una notable disminución de su valor nutritivo. Presentaban un contenido proteico entre 3 y 5 % de proteína cruda (PC). La falta de apetito es el primer síntoma de la deficiencia proteica. Se establecieron 3 tratamientos en los que se iba aumentando en nivel de suplementación con urea, suministrada en mezcla con un suplemento mineral y sal común, en forma gradual hasta alcanzar las dosis fijadas. El efecto de la urea sobre el consumo fue mas marcado que sobre la digestibilidad, aunque esta última también aumentó. Este incremento en los consumos sería explicado por un aumento en la velocidad de paso de la ingesta. Los aumentos en los consumos resultan mayores a mayor nivel de suplementación con urea.

Como regla práctica se debe esperar una declinación muy grande en el consumo a medida que los forrajes disminuyen su contenido de proteína a partir del 7 %. Los forrajes diferidos que se utilizan en la región pampeana, tienen valores de proteína tan bajos (entre 3 y 5 %), que, como en la experiencia descripta, es esperable una respuesta positiva en el consumo voluntario a la suplementación mineral nitrogenada.

Beguet y Provenzal (1994) encontraron que como consecuencia del suministro de suplementos minerales con urea se observó en la zona de sierra del CREA Comechingones, Córdoba, un mayor consumo de las pasturas naturales diferidas, incluso de especies que normalmente no son consumidas por el animal: Festuca hyeronimii (paja alta), Paspalum quadrifarium (paja del puerto), Stipa tenuisima (paja blanca) y otras. También notaron que el consumo de estas especies es mucho más notable en los casos de hacienda con sangre cebú.

Marchi (citado por Beguet y Provenzal, 1994), encontró un aumento del 42 % en el consumo de pasto llorón diferido, por un aumento similar en la digestibilidad, por el suministro de 50 g de urea diarios.

Cuadro 16.2.- Efecto de la suplementación con urea al heno de pasto llorón (Marchi, 1973).

	Urea g/día/cab		
	0	25	50
Consumo en kg/MS/día	2,9	3,02	4,22
Digestibilidad in vivo*	41,6	52,8	60,03
*novillos de 20 meses			

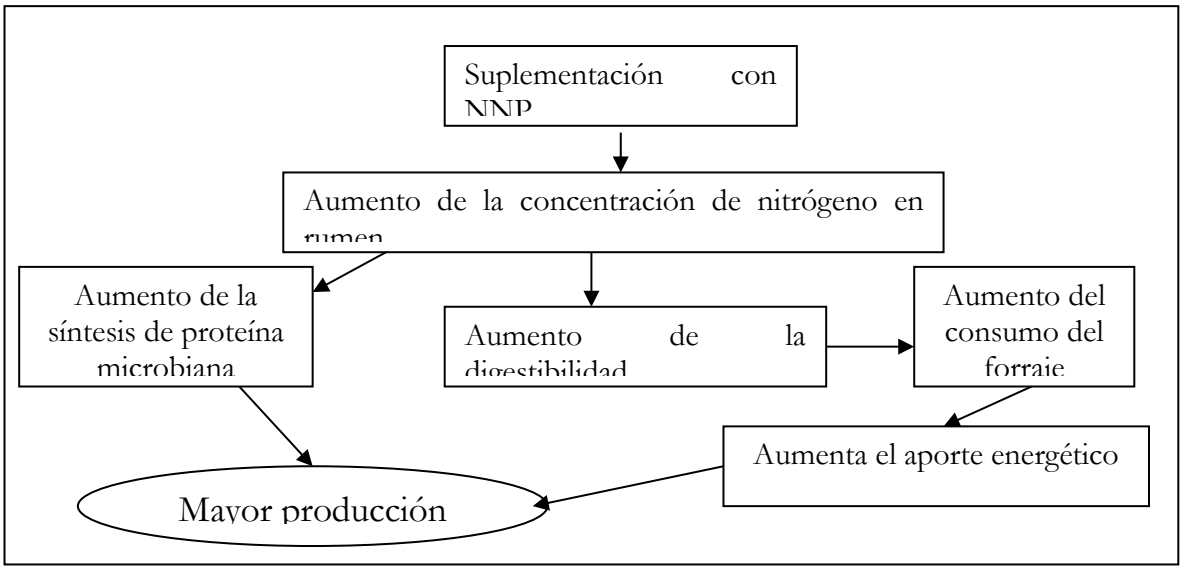
Es tan efectiva la suplementación con urea y minerales, que con manejo con altas cargas suplanta a la quema para eliminar las pasturas indeseables o el exceso de pasto seco, tanto en una pastura natural, en un pasto llorón o en rastrojos; los animales comen todo, incluso pajas secas que sin urea no comerían.

Un importante beneficio secundario de la eliminación de las pasturas secas por medio de los dientes de los bovinos es la disminución de los riesgos de incendios al eliminarse un material de fácil combustión.

Aldo Rudi (2006) ha comprobado que el pastoreo invernal con suplementación proteica es fundamental para eliminar toda la acumulación de pastizal seco bajo forestaciones. Cuando llega la época de los incendios la vaca no ha dejado nada, salvo algunas especies de gramíneas como la paja festuca, paja de puerto y la cortadera, aunque muchas veces las despuntan, signo que el sistema ruminal funciona bien. El pastoreo y la poda sistemática hacen que el bosque esté limpio abajo y en el tronco, con lo que se reduce considerablemente el avance de un eventual incendio y se hace casi imposible que el fuego se convierta en el temido "fuego de copa" que aniquila todo.

UTILIZACIÓN DEL NNP

Figura 16.5.- Esquema de la utilización del NNP



Siendo el recurso de NNP más difundido la urea**,** es recomendable combinarla con otra fuente proteica de degradación más lenta (poroto de soja partido, sojilla, expeller), siendo imprescindible agregar una fuente energética de fácil disponibilidad (granos molidos de rápida digestión, melaza) y azufre, y asegurar la completa homogeneización de la mezcla para evitar elevados picos de amoníaco ruminal. Debido a la interacción energía-proteína, la provisión de los nutrientes debe ser simultánea.

De no actuarse así, la síntesis de proteína microbiana puede ser baja y las pérdidas de amoníaco pueden ser grandes por falta de energía utilizable. Si se suministrada urea una vez al día, en el período inmediato posterior al suministro se produce una liberación masiva de amoníaco al medio ruminal y gran parte de él se perderá por falta de energía. Después de 9 a 10 horas el nivel de amoníaco vuelve a ser el que existía previo al suministro de urea, y desde entonces hasta que el animal consuma nuevamente el suplemento, la digestión ruminal estará deprimida por el bajo nivel de amoníaco (Stritzer, 1983).

La clave sería lograr un nivel constante de amoníaco en rumen evitando excesos del mismo. La forma de obtener esto sería con el uso de una suplementación balanceada entre NNP (urea) y una fuente de proteína poco degradable en el rumen.

Para comprender los efectos del tiempo de consumo, hay que recordar lo rápido que la urea se divide y libera NH_3. Alrededor de una hora luego de la ingestión, gran parte de la urea estará dividida por la microflora del rumen, lo que quiere decir que la cantidad de urea que debe ser administrada depende de cuán seguido el animal accede al suplemento que la contenga.

Los animales a pastoreo no consumen el suplemento mineral nitrogenado varias veces al día (como en un feedlot), sino que lo hacen voluntariamente sólo una o dos veces, pero como la baja intensidad de la producción influye sobre la menor necesidad de frecuencia de la suplementación, en vacas, novillos o aún en animales jóvenes en mantenimiento o restricción, es suficiente.

A veces se ven animales sobre pasturas recibiendo niveles riesgosos de urea que deberían ser administrados sólo en planteos de alta suplementación con grano. Esto no quiere decir que animales sobre pasturas no pueden recibir suplemento de urea, sino que debe administrarse en cantidades definidas como un suplemento parcial para las escasas proteínas naturales contenida en la pastura diferida. Estas proteínas naturales se rompen para formar NH_3 en la misma forma que la urea, pero el tiempo requerido para ello es mucho mayor.

El NNP no debe suministrarse a los terneros jóvenes ya que no lo pueden utilizar sino hasta que su función ruminal se haya desarrollado completamente.

CONSUMO EN RACIONES

El ganado adulto que se raciona puede recibir un máximo diario de 10 g de NNP por cada 100 Kg de peso del animal. Para una vaca de 600 Kg que reciba 5 Kg de ración dos veces por día, esto significa que el NNP debe limitarse a 6 g por kilo de ración. Ello corresponde a 1,25 por ciento de urea, ó 3,5 - 4,0 % de la proteína cruda en forma de NNP.

Otros trabajos indican cifras mayores, como ser que la urea no debe sobrepasar a los 113 g para vacunos adultos o 14 g para lanares, y que los vacunos de entre 1 y 2 años no deben sobrepasar los 56 g de urea por día.

También se recomienda en raciones como límites de uso 1 % de la MS total de la dieta (165 g/día en el caso de una vaca de 550 kg consumiendo un 3 % de su peso vivo) y un máximo del 3 % del concentrado.

Si bien se pueden intentar suministros mayores a los sugeridos, es necesario hacerlo en el mayor número diario de comidas posible, para disminuir la carga de urea por comida, y después del periodo de adaptación. Mantener al menos una relación de 10 a 1, es decir, 10 partes de un concentrado con granos harinosos (trigo, cebada, sorgo, maíz, etc.) por cada parte de urea a suplementar. Por ejemplo para dar 100 g de urea ofrecerla en mezcla con al menos 1 kg de grano de cereal molido.

En resumen, en raciones totales se deben tener las siguientes precauciones con la urea:

- No debe reemplazar a más del 33 % del nitrógeno total de la ración.
- No debe sobrepasar una cantidad equivalente al 3 % del concentrado.
- No debe sobrepasar el 1 % de la ración total en materia seca.

CONSUMO AD LIBITUM SOBRE PASTURAS DE BAJA CALIDAD

Cuando se reemplazan las fuentes de proteína por NNP es necesario incluir niveles altos de minerales, lo que es de importancia particular cuando el alimento se basa en pasturas diferidas, heno de baja calidad o silaje de gramíneas (ver capítulos V y VII).

En campos extensos, muchas veces con rodeos grandes, una limitante es la distribución de los suplementos en forma diaria. Por los costos de distribución (combustibles, mano de obra, vehículos, etc.) y por la extensión de los establecimientos, es imposible implementar una suplementación que implique suministro diario.

Por ello es necesario emplear un sistema de consumo ad libitum o voluntario, con reposición periódica cada varios días y que pueda hacer un hombre de a caballo (el recorredor), sin necesidad de mover grandes volúmenes, sino solo una bolsa que pueda ser transportada a caballo.

El tiempo que la suplementación queda expuesta está correlacionado positivamente con las posibilidades de consumo por parte de todos los animales. A mayor tiempo de exposición, menor es el número de animales que no consume, aunque no se modifica significativamente el por ciento de animales que ingieren el suplemento por debajo del objetivo propuesto (R. J. Mac Loughlin, 2006).

Técnicamente es una adición (se agrega el nutriente que falta) con estímulo (aumenta el consumo de la dieta base, la pastura diferida). No es una sustitución (cambiar la dieta base por la suplementación energética), donde el animal reduciría o anularía el consumo de la pastura diferida y se produciría un aumento de costos.

La industria de alimentos balanceados produce mezclas minerales y proteicas, tanto en forma de bloques como de harinas y sales, para aumentar el aprovechamiento del pastizal.

Mezclas líquidas

Contienen un elevado porcentaje de urea, en general del 10 %. Un suplemento líquido mixto consiste en un vehículo líquido, generalmente melaza, al que se ha añadido nitrógeno no proteico.

Se recomienda disolver la urea en agua antes de mezclarla con la melaza, con el fin de homogeneizar la solución. Se pueden incluir otros ingredientes como azufre (sulfato de magnesio), sal común y sales minerales solubles, que son en general más costosos que los no solubles (ver capítulo VIII) .

Los suplementos líquidos se pueden utilizar de igual forma que los suplementos concentrados secos. Son baratos, preparados con ingredientes de bajo costo según la zona. Debido a que contienen melaza, el ganado los consume gradualmente a lo largo de un prolongado período de tiempo. Se evitan problemas de apetecibilidad y toxicidad y se mejora la utilización. La ingesta suele ser de 0,5-1,5 kg diarios.

La concentración a emplear es muy variable. Una podría ser 10 % de urea, 25 % de melaza y 65 % de agua. Si el animal lame 0,5 litros por día de esta solución, estará consumiendo 50 g de urea.

Como en todos los casos, se requiere atención durante el período de adaptación, por lo que se debe mezclar inicialmente en la proporción de peso de 1 parte de urea, 10 partes de melaza, 10 partes de agua y las sales minerales solubles, lo que se deberá mantener por lo menos por unos 10 días, para luego, una vez estabilizado el consumo, realizar el cálculo del consumo de la mezcla con la cantidad de urea que deben ingerir los animales, y establecer la nueva concentración de urea y de sales minerales solubles.

El consumo se controla mediante lamederos. Como hemos visto (capítulo VIII) los lamederos pueden ser en una batea con un tambor giratorio para que el animal lama la mezcla sobre el tambor, o una batea que para evitar posibles consumos exagerados por los animales, posea una rejilla de madera que flote sobre la superficie de la mezcla. Es decir, que en ambos casos se debe obligar al animal a que lama la mezcla e impedir que la pueda beber.

En la Argentina no es un sistema muy empleado, salvo algunas zonas donde la melaza es de uso más corriente. Se emplea más en países tropicales.

Mezclas sólidas

En saladeros

Es una práctica corriente en muchas zonas administrar suplementación mineral nitrogenada en saladeros. Este tipo de suplementación ha sido usado en otros países, variando considerablemente su composición y logrando usarse hasta un 45 % de urea, pero en las condiciones de pastoreo de la Argentina, es conveniente porcentajes mucho menores, generalmente no superiores al 20 %, para evitar intoxicaciones.

En el establecimiento de campo la suplementación mineral nitrogenada es fácil de preparar, almacenar y suministrar; el animal come a voluntad, autorregulando su consumo y corrigiendo las deficiencias minerales y

proteicas, con lo que se evita que pierda peso e inclusive puede ganar en forma moderada entre 100 a 400 g/día.

Es esencial mezclar muy bien la suplementación mineral con la urea (cuidado con los grumos o apelotonamientos), el grano molido, la melaza y el azufre, por lo que se deben premezclar estos últimos con la urea y luego agregar la premezcla a la suplementación mineral.

Marinissen et al experimentaron con un suplemento de consumo autorregulable para vacas de cría en lactancia sobre pasto llorón. El suplemento (SUP) estaba compuesto por los siguientes ingredientes: 10 % grano de cebada, 62 % harina de girasol, 6 % de urea, 12 % afrechillo, 6 % fosfato dicálcico y 4 % melaza de caña de azúcar. Este suplemento estuvo diseñado para contener 42 % PB (70 % proteína degradable en el rumen, PD), 1,8 % Ca y 2 % P. Se ajustó el consumo del suplemento a 360 g/d variando la mezcla en el comedero con cantidades crecientes de Cl Na. Finalmente el consumo se estabilizó en la cantidad deseada cuando la mezcla alcanzó la proporción 1,25 ClNa:1 SUP a los 25 d de comenzado el ensayo. No se detectaron animales que rechazaran el suplemento. El consumo de materia seca del pasto llorón se calculó en 10,5 kg/animal/d. Al final del ensayo (78 días) se efectuó la pesada final de las vacas y se determinó al destete el peso de los terneros. El consumo diario promedio de SUP, proporcionó 151 g de PB, 5,7 g de Ca y 6,7 g de P, lo cual contribuyó a cubrir aproximadamente el 45% y 30% del déficit diario de PB y PD respectivamente, mientras que los déficits de Ca y P fueron cubiertos por el suplemento. El tratamiento Control perdió más peso que SUP, -46,9 (EE=7,4) kg vs. -27,4 (EE= 5,4) kg para Control y SUP respectivamente (p=0,0456). Los terneros provenientes de vacas SUP pesaron 146 (EE=13,0) kg mientras que los provenientes de las vacas Control pesaron 134 (EE=10,0) kg.

Balbuena et al en la E.E.A Colonia Benítez (Chaco) efectuaron un ensayo con novillos de 254±16 kg de PV en un diseño reverso simple con 2 nov/tratamiento y 2 períodos de 14 días c/u (total 8 observaciones). Los tratamientos fueron: a) Mezcla Mineral: suplemento comercial (Alfasal C87) y b) Mezcla Mineral más Nitrógeno (MMN): compuesto por (base MS): 15 % expeller de algodón, 24 % de sorgo molido, 12 % de urea, 15,7 % de MM, 1,3 % de azufre molido y 30 % de sal común. Ambos suplementos se suministraron ad libitum en comederos separados. La MMN incrementó el consumo de heno. Los mismos autores, con vaquillonas en pastoreo en verano, encontraron que los animales que recibieron MMN tuvieron una mayor ganancia de PV total (p=0,07), que se expresó luego de 40 días de suplementación, que aquellos que recibieron MM. Los consumos estimados de MMN fueron de 145 y 249 g/vaq/día para los animales pastoreando pangola y setaria, respectivamente. El consumo de MM fue de 57 g/vaq/día, promedio para ambas pasturas. La MMN incrementó la GPV, probablemente a través de un incremento del consumo de pasto.

Es muy recomendable agregar grano de soja, de preferencia desactivado, o sojilla o algún expeller a la mezcla, ya que la liberación de NH_3 de la urea cubrirá los requerimientos inmediatos de nitrógeno, mientras la soja o el expeller se degradan más lentamente y así cubrirán las necesidades a mayor tiempo.

Es importante comprobar que la suplementación mineral contenga como mínimo cinc en una proporción de 250 ppm (0,025 %), ya que este mineral disminuye la velocidad de degradación ruminal de la urea.

Lo ideal sería que los animales estén consumiendo una suplementación dietética mineral durante todo el año. De no ser así, se la debe suministrar antes de comenzar con la urea, de manera de eliminar toda posibilidad de hambre de sal y por lo tanto un consumo excesivo cuando se agregue urea. Cuando el consumo se estabilizó, agregar el maíz y la soja a la suplementación mineral y controlar, aumentando o disminuyendo el porcentaje de cloruro de sodio extra (ya hay parte en la suplementación dietética mineral), que el consumo se estabilice en unos 100 g promedio por animal. Recién entonces agregar la urea.

La primer semana se debe suministrar un tercio de la urea final; la segunda semana 2/3 y recién la tercera semana el total de la urea que se desea administrar. Por ejemplo, si la dosis calculada final es de 20 % de urea, según el consumo comprobado de la suplementación mineral con granos, se deberá incorporar a la mezcla la primera semana la urea al 7 %; la segunda semana al 13 % y la tercera en adelante al 20 %. El acostumbramiento total se produce recién a la cuarta semana, que es cuando se verá el 100 % de los efectos sobre el consumo y digestión de la pastura diferida.

Beguet y Provenzal (1994) informan que se empleó desde 1990 en el CREA Comechingones (zona de sierra con agua deficiente en sales), sobre pastura natural y sobre pasto llorón diferidos en otoño-invierno, con muy buenos resultados en el mantenimiento de la condición corporal de las vacas preñadas, una suplementación mineral nitrogenada ad-libitum compuesta por:

Cuadro 16.3.- Suplementación mineral nitrogenada Comechingones

Componente	%
Cloruro de sodio	40
Suplementación mineral	15
Urea	20
Maíz molido	20
Total	100

Una fórmula que recomendamos es:

Cuadro 16.4.-

Componente	%
Suplementación dietética mineral	30
Urea	20
Maíz molido	15
Soja poroto desactivado partido o sojilla	15
Cloruro de sodio (variable)	20
Total	100

El maíz molido proporciona hidratos de carbono rápidamente digestibles (71 %); lo mismo el poroto de soja desactivado (16 % + 19 % de la cascarilla = 35 %), que además suministra proteínas que seguirán actuando en el rumen luego que la urea baje en su concentración. Se puede emplear poroto de soja crudo, que si bien contiene ureasa, la reducida cantidad consumida y su lenta liberación no influye inicialmente en la digestión ruminal de la urea, aunque siempre será mejor usar poroto de soja desactivado. La suplementación dietética mineral, si bien aparece en la fórmula en baja concentración, como el consumo de la mezcla total es mayor por el grano (100-200 g/anim/día), los animales seguirán consumiendo lo necesario. El cloruro de sodio puede variar en cantidad, ya que se emplea para contrarrestar un excesivo consumo por la apetencia del grano. Controlar que la suplementación dietética mineral contenga suficiente azufre, cinc y cobalto. Caso contrario, agregarlos.

En estas fórmulas la urea está en bajo porcentaje, pero la administración es ad libitum y por lo tanto, por la individualidad, hay animales que consumirán más y otros menos. Es preferible quedarse cortos en la dosis que consumen algunos animales a que el consumo excesivo de otros del lote lleve a casos de intoxicación.

Si le ponemos números al consumo tendremos:

Consumo promedio de la mezcla total: 100 a 150 g/día/animal.
Consumo promedio de la suplementación mineral: 30 a 45 g/día/animal.
Consumo promedio de la urea: 20 a 30 g/día/animal.

En panes o bloques

Esta forma de suplementación resiste a la intemperie y es consumida lentamente por su dureza, por lo cual hay cierta garantía en cuanto al consumo dosificado de la urea, aunque en general es más costosa.

Los bloques tienen la ventaja de ser fáciles de manipular, se pueden administrar con frecuencias de varios días, tienen mucho tiempo de exposición y todos los animales tienen la posibilidad de acceder y consumirlo. A pesar de estas ventajas, la bibliografía existente reporta demandas muy poco uniformes con alta variación

en los consumos individuales, por ciento de animales que no consume, y número de individuos que no llegan a la ingesta objetivo (R. J. Mac Loughlin, 2006).

Se pueden emplear bloques comerciales y también se pueden fabricar en forma casera, con lo cual se bajan costos. Estos bloques se componen de urea, granos molidos, melaza, minerales, sal y cal. La cal actúa como endurecedor y puede ser reemplazada, si es necesario, en parte por cemento. La urea se coloca en un 6 a 8 % y la melaza entre un 30 a un 35 % del bloque. El resto son los otros componentes.

Otra fórmula puede ser:

Cuadro 16.5.- Ingredientes para bloques caseros

Ingrediente	(%)
Grano molido	25
Melaza	20
Urea	15
Cloruro de sodio	20
Suplementación mineral	20
Total	100

Otro tipo de panes, no empleados en Argentina, son los **bloques multinutricionales**, llamados así porque también aportan energía y fibra, es decir, que son un alimento de mantenimiento más completo. Este no es el fin para el que se emplea en nuestro país la urea en animales a pastoreo, ya que lo deseado es mejorar la digestibilidad y el consumo de pasturas diferidas. Los citamos para evitar confusiones si se leen trabajos de otros países, especialmente de zonas tropicales, y porque bajo alguna circunstancia podrían ser de utilidad en Argentina.

Un ejemplo de ingredientes y proporciones para bloques multinutricionales es: melaza 40 %; urea 5 - 10 %; minerales 5 - 15 %; cloruro de sodio 5 - 10 %; maíz molido 15 - 30 %; afrecho de trigo 15 - 30 % y flor de azufre 0,5 %. El ganado no debe consumir más de 0,5 kg por día. Se puede reducir el consumo añadiendo 3 o más kilos de heno molido, cáscara de arroz, de maní u otros alimentos de bajo contenido proteico.

En primer lugar, se disuelve la urea en cinco litros de agua caliente. Luego se le agrega y disuelve la sal y se mezcla la solución con la melaza antes de añadir los ingredientes secos. Para mezclar se puede emplear una mezcladora de cemento. Luego se coloca la mezcla húmeda en bateas y se deja endurecer antes que el ganado tenga acceso a ella.

UBICACIÓN

Los animales prefieren consumir la suplementación mineral nitrogenada luego de comer la pastura diferida o el heno, lo que es lógico, según lo visto anteriormente sobre el ciclo de la urea. Por lo tanto, los saladeros, lamederos o bloques se deben ubicar en las zonas de pastoreo, lejos de las aguadas, y varios al mismo tiempo, para darles la mayor oportunidad de consumir cuando sientan necesidad. Es decir, la misma forma de ubicación que los saladeros con minerales solamente, pero por otra razón y en mayor número.

Como no es época de servicio, no es necesario juntar los saladeros en la aguada.

Nunca dejar faltar la suplementación mineral nitrogenada en ninguno de los saladeros. Controlar y repartir aún en días de llovizna o temporales.

Como únicamente los animales con un rumen funcional pueden utilizar la urea, no se debe dar a los terneros jóvenes y a los monogástricos (equinos, cerdos). Por lo tanto, si hay terneros en el lote, los saladeros se deben colocar a una altura que los mismos no alcancen a comer, pero si las vacas. La altura del saladero también evita que los cerdos consuman el suplemento. No deben pastorear equinos en el mismo potrero.

Una vez iniciada la suplementación nunca debe discontinuarse, o será necesario comenzar nuevamente con el acostumbramiento.

PRECAUCIONES

Cuando llueve y se acumula agua en los saladeros, la urea, que es muy soluble, se disuelve en la misma formando una solución de alta concentración, que al beberla los animales pueden intoxicarse. Por lo tanto, conviene que el saladero tenga techo o por lo menos un desagüe para que no acumule agua.

Aunque el riesgo es bajo porque la suplementación con urea se emplea en épocas de seca (invierno), siempre hay que estar alerta por posibles lluvias extemporáneas.

REGULACIÓN DEL CONSUMO

En caso que no se esté suministrando permanentemente suplementación mineral, se debe comenzar a darla durante 15 a 20 días agregándole parte del grano o melaza a incorporar. Cuando se regulariza el consumo, se completa la cantidad de grano o melaza y se agrega un tercio del porcentaje de urea calculado de acuerdo al consumo medido. A la semana se agrega otro tercio y a la tercera semana recién se coloca el 100 % de la urea calculada. Este porcentaje final de urea puede ir desde el 12 al 30 % de la mezcla total, siempre calculando que en promedio los animales no consuman más de unos 20 g diarios.

La evaluación del consumo diario del suplemento es muy importante porque nos va a determinar el consumo diario de NNP. Si el consumo es pequeño, no se llegan a modificar los parámetros fisiológicos y no se presenta respuesta productiva, y si es muy exagerado, pueden producirse problemas de toxicidad.

El grano molido y/o la melaza actúan como atractivos del consumo y el cloruro de sodio como controlador del mismo.

En animales adultos, cuando se utiliza suplemento mineral el consumo promedio puede variar alrededor de 50 g/día/animal. El consumo de sal mineral más urea y energía debe estar alrededor de 0.03 % del peso vivo, o sea 0,3 g/kg de PV. Así que un animal de 400 kg consumirá unos 120 g/día de la mezcla mineral nitrogenada, lo que significa, en las fórmulas anteriores, unos 20 g de urea/día/animal.

Para ajustar el consumo los niveles de cloruro de sodio pueden subirse o bajarse en relación al total del suplemento mineral nitrogenado.

LEER LA BOSTA

Las heces, deposiciones fecales, estiércol o bosta del bovino están compuestas principalmente por agua y por los elementos no digeridos, ya sea por fibra lignificada indigerible o por granos con cubierta muy firme, o por otras fracciones alimenticias que podrían ser digeridas, pero que no lo son por un pasaje muy rápido por el tracto intestinal, como ser alimentos en partículas muy finas, algunos sectores de fibra del forraje, alimentos muy digestibles (tiernos, aguachentos), granos enteros, etc.

Bavera y Peñafort (2006) nos indican que en animales sanos, la consistencia de las heces nos puede orientar sobre el equilibrio nutricional del bovino, permitiendo interpretar y corregir estos problemas.

El empleo de una suplementación mineral nitrogenada permite bajar por lo menos una categoría en la clasificación de la bosta. Es decir, que de una consistencia 5 dura, propia de los animales que consumen forrajes de baja calidad, se puede pasar a una 4 firme, lo que nos indica una mejora en la digestibilidad del forraje base.

Mostramos ejemplos de estas dos categorías:

CONSISTENCIA 5: DURA

Heces en forma de bolas o anillos consistentes (casi como boñigas equinas), duras, secas, amontonadas en pequeños grupos en la bosteada, marrón oscuras en su superficie y un poco más claro en su interior, con surcos muy marcados.

Son heces características de la alimentación con pasturas diferidas muy lignificadas, con mucha fibra y mínima proteína (3-4 %), muy baja digestibilidad (menos del 40 %) y muchas veces también con consumo invernal de árboles forrajeros.

El tiempo de retención en rumen y tracto gastrointestinal es muy prolongado, lo que disminuye el consumo. Puede ayudar al pasaje aguas con sulfatos. El aporte de nutrientes está por debajo de los niveles de mantenimiento, aún para vacas secas, por lo que hay pérdida de peso.

Este tipo de bosta nos está indicando la necesidad de suministrar una suplementación mineral nitrogenada.

Figuras 16.3.- Sin suplementación con NNP: a) Bostas duras de vacas en un rastrojo de maíz en el mes de junio (Est. La Siberia, La Gilda, Córdoba). b) Heces duras en un llorón diferido en invierno (Yacanto de Calamuchita, Córdoba); c) Bosta de vacas en invierno en pastizal natural diferido.

CONSISTENCIA 4: FIRME

Heces moderadamente espesas, de color normal, que se apilan con una forma de torta cónica truncada baja, más alta y dura que la correcta, formando distintos anillos, que tienden a ser firmes en las partes más bajas. La última fracción que cae, en vez de formar un pequeño cráter, por la consistencia firme forma una elevación o pequeño copo en el centro de la bosta.

Son heces lo suficientemente secas para no quedar pegadas a la suela de la bota al pisarlas.

Nos indican una ración con demasiada fibra entera de regular calidad y lignificación y largo tiempo de retención en el rumen y de pasaje intestinal, lo que provoca el efecto de llenado ruminal, y, por consiguiente, bajo consumo, aunque superior al de los animales que defecan bosta 5 dura.

Escasa cantidad de proteína cruda (5 a 7 %), especialmente de compuestos nitrogenados degradables, y con la digestibilidad por debajo del 56 %. Generalmente el pH ruminal es de 7 o algo superior.

Es la consistencia de las heces de vacas secas y vaquillonas alimentadas con dietas de pasturas diferidas con suministro de suplementación mineral nitrogenada.

Figuras 16.4.- Con suplementación mineral nitrogenada: Bosta de vacas en llorón diferido

MOTIVOS DE FALLAS EN LA SUPLEMENTACIÓN MINERAL NITROGENADA

- Ausencia o inadecuado período de adaptación.
- Inadecuada homogeneización del suplemento.
- Consumo intermitente de la fuente de NNP.
- Días sin suplementación y reinicio sin período de adaptación
- Inadecuada suplementación con azufre y/u otros minerales.
- La pastura ya es adecuada en proteínas.
- Bajo consumo por oferta de NNP en un vehículo poco palatable.
- Toxicidad por excesivo consumo del NNP por vehículo muy palatable
- Insuficiente cantidad de carbohidratos solubles.
- Pocos saladeros con NNP en el potrero o mal ubicados.

APÉNDICE

Tabla 17.1- Equivalencias y conversiones de unidades de peso y concentraciones

Unidad dada	por	factor	igual	Unidad buscada
kg	x	1.000	=	g
kg	x	1.000.000	=	mg
g	x	1.000	=	mg
g	x	1.000.000	=	µg
g	x	0,001	=	kg
mg	x	1.000	=	µg
mg	x	0,001	=	g
µg	x	0,001	=	mg
µg	x	0,000.001	=	g
g/kg	x	1.000	=	mg/kg = ppm
g/kg	x	1.000	=	ppm = mg/kg
g/kg	x	0,1	=	%
g/l	x	1.000	=	mg/l = ppm
g/l	x	1.000	=	ppm = mg/l
g/l	x	0,1	=	%
g/l	x	100	=	mg/100 ml = mg/100 cc
mg/kg	x	0,001	=	g/kg
mg/kg	x	1	=	ppm
mg/kg	x	0,000.1	=	%
mg/g	x	0,1	=	%
mg/l	x	0,001	=	g/l
mg/l	x	1	=	ppm
mg/l	x	0,000.1	=	%
mg/100 cc	x	1	=	mg/100 ml = mg/dl
mg/100 ml	x	1	=	mg/100 cc = mg/dl
mg %	x	1	=	mg/dl = mg/100 cc
µg/g	x	0,001	=	g/kg
µg/g	x	1	=	mg/kg
µg/g	x	1	=	ppm
µg/g	x	0,000.1	=	%
µg/l	x	0,000.001	=	g/l
µg/l	x	0,001	=	mg/l
µg/l	x	0,000.1	=	%
ng/ml	x	1	=	µµg/ml = pg/ml
ng/ml	x	0,000.000.001	=	g/ml
ppm	x	0,001	=	g/kg
ppm	x	1	=	mg/kg
ppm	x	0,000.1	=	%
ppm	x	1	=	µg/g
%	x	10	=	g/kg
%	x	10.000	=	mg/kg

%	x	10.000	=	ppm
%	x	10	=	mg/g
%	x	10.000	=	µg/g
%	x	10	=	g/l
Libra	x	453,6	=	g
Libra	x	0,4536	=	kg
Libra	x	16	=	onza
kg	x	2,2046	=	Libra

BIBLIOGRAFÍA CITADA Y/O CONSULTADA

AAFCO, Association of American Feed Control Officials. 1996. Official Publication. p:230.

Abernarthy, C. O., Thomas, D. J. y Calderón, R. L. 2003. Journal of Nutrition 133:1536S-1538S.

Acedo, Juan y Rico González. 1998. Utilización de aditivos en piensos para rumiantes: minerales forma orgánica, levaduras, enzimas, ionóforos y otros. Grupo Leche Pascual. XIVº Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA, 47-66, y en: www.produccion-animal.com.ar

Aguado Sánchez, M. D., J. I. Romero Paredes Rubio y J. A. Cuarón Ibargüengoytia. 1996. Efecto sobre la estructura y composición ósea del conejo con diferentes niveles de flúor en la dieta. Tec. Pecu. Mex., 34(1):46-59.

Alexander, Julio. 2005. Red Voltaire, Venezuela.

Allcroft, R. 1961. The use and misuse of mineral supplements. Vet. Rec. 73:1255-1266.

Alonso, M. L., Benedito J. L., Miranda M., Castillo C., Hernández J. y Shore R. F. 2002. Food Additives and Contaminants 6:533-541.

Ammerman, C. B. y C. F. Chicco. 1968. Availability of inorganic magnesium salts to sheep. J. Anim. Sci. 27:288.

Ammerman, C. B. y R. D. Goodrich. 1983. Advances in mineral nutrition in rumiants. J. Anim. Sci. 57 (2):519-533.

Ammerman, C. B., S. M. Miller, L. R. Mc Dowell y C. A. Zometa. 1978. El selenio en la nutrición de los rumiantes. Simp. Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. Florida, Gainesville, Florida: 106-114.

Ammerman, C. B., J. M. Wing, B. G. Dunavant, W. K. Robertson, J. P. Feaster y L. R. Arrington. 1967. Utilization of inorganic iron by rumiants as influence by form of iron and iron status of the animal. J. Anim. Sci. 26:404.

Andrews, E. D., L. T. Hart y B. J. Stepheson. 1959. A comparison of the vitamin B_{12} and cobalt contents fron lambs, cobalt-dosed lambs, and others with a recent history of mild cobalt deficiency disease. N.Z. J. Agric. Res. 2:274.

Angelino, F. 1986. Com. pers. Cátedra de Clínica de Grandes Animales, Fac. de Agr. y Vet., Univ. Nac. de Río Cuarto, Arg.

Arano, A. R. 1985. Nutrición mineral del ganado en el área de jurisdicción de la E.E.A. Marcos Juárez (Córdoba). Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):29-30.

Araya, O., F. Wittwer y A. Villa. 1994. Evolución de las concentraciones de fluoruro en vacunos y en el pasto luego de una erupción volcánica. Vet. Arg., XI (107):501.

Araya V., Oscar. 2003. Fluorosis en el ganado como consecuencia de erupción volcánica. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Chile.

Arelovich, H. M., F. N. Owens, G. W. Horn y J. A. Vizcarra. 2000. Effects of supplemental zinc and manganese en ruminal fermentation, forage intake and digestion by cattle fed prairie hay and urea. J. Anim. Sci. 78:2972-2979.

Arelovich, Hugo M. 2004. Suplementación proteica invernal. Conferencia. Jornada Técnica Abierta, AACREA Región Semiárida, Sta. Rosa, La Pampa:.La ganadería entre la soja y la cordillera. En: www.produccion-animal.com.ar

Arelovich, H. M. 2004. Programas de suplementación proteica para bovinos. Dpto. de Agronomía de la U.N. del Sur, AGROUNS, 1(2):16.

Arias, A. A., F. Gandara y A. Slobodzian. 1985a. Nutrición mineral del ganado. Informe de situación en el área de la E.E.A. Corrientes (El Sombrerito). Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):57-70.

Arias, A. A., C. D. Peruchena, O. A. Manunta y A. Slobodzian. 1985b. Experiencias de suplementación mineral realizadas en la E.E.A. Corrientes (El Sombrerito). Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):57-70.

Arnod, G. W. 1964. Some principles in the investigation of selective grazing. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 5:285.

Aroeira, L. J. M., H. A. Moreira, N. M. Rodríguez, I. B. M. Sampaio y M. Martins. 1979. Utiliçao do fósforo de tres diferentes suplementos por rumiantes. Arq. Esc. Vet., UFMG, Belo Horizonte 31 (2):243-253.

Arthur, J. R., F. Nicol y G. J. Becket. 1990. Hepatic iodothyronine 5-deiodinase. Biochem. J. 272:537-540.

Asociación Argentina de Producción Animal (AAPA). 1985. Reunión de Especialistas en nutrición mineral del ganado, Actas. Corrientes, oct. 1983. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):103-104.

Audoin, L. 1991. The role of nitrogen and phosphorus in pollution of animal origin. Revue Scientifique et Technique 10(3):629-54.

Bach, Alex y María Devant. 2004. Microminerales en la nutrición del rumiante: aspectos técnicos y consideraciones legales. XXº Curso de Especialización FEDNA, Barcelona, España. Edic. Técnicas Reunidas y en: www.produccion-animal.com.ar

Balbuena, O. 1985. Informe sobre aspectos locales relacionados con la nutrición mineral del ganado. E.E.A. El Colorado, Formosa. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):19-23.

Balbuena, O. y D. J. Mufarrege. 1984. Suministro de sal a novillos con geofagia en la provincia de Formosa. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (1):14-15.
Balbuena, O., L. R. McDowell, H. O. Toledo, G. M. Correa y C. A. Luciani. 1989. Información preliminar acerca de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de Chaco y Formosa. Rev. Arg. Prod. Anim., 9 (1):15-16.
Balbuena, O., L. R. McDowell, H. O. Toledo, J. H. Conrad, N. Wilkinson y F. G. Martín. 1989. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). Vet. Arg., VI(59):584-594.
Balbuena, O., L. R. McDowell, C. A. Luciani, J. H. Conrad, N. Wilkinson y F. G. Martín. 1990. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 5. Cobalto y Selenio. Vet. Arg., VII(61):25-33.
Balbuena, O. y O. Mastandrea. 1992. Trastornos clínicos en bovinos pastoreando Melilotus alba con niveles altos de molibdeno en la zona Centro-Chaqueña. Vet. Arg. IX (89):612-615.
Balbuena, O., J. C. Ivancovich, O. Mastandrea, C. A. Luciani, R. C. Stahringer y H. O. Toledo. 1993. Variación estacional de cobre, fósforo y sodio en bovinos en crecimiento en el dorsal agrícola occidental sub-húmedo del Chaco. Vet. Arg., X (96):396-403.
Balbuena, O., L. R. McDowell y R. C. Stahringer. 1999. Suplementación con cobre inyectable en terneros y vacas con hipocupremia. Vet. Arg., XVI (154):272-280.
Balbuena, Osvaldo. 2003. Nutrición Mineral del Ganado, INTA E.E.A. Colonia Benítez, Chaco.
Balbuena, O., Kucseva, C.D., Gándara, F.R., Stahringer, R.C., Slanac, A.L., Rochinotti, D. y Schreiner, J.J. Mezcla mineral y mezcla mineral con nitrógeno para la recría de bovinos en pastos tropicales. INTA E.E.A Colonia Benítez, Chaco. Fac.Cs.Vet., UNNE, Corrientes. NA 14.
Balbuena, O.; Gándara, R.F., Kucseva, C. D.; Stahringer, R. C.; Picallo, A.B. y Carduza, F.J. 2003. Mezcla mineral completa y mezcla mineral fortificada con urea para vaquillas de reposición durante el verano. En: www.produccion-animal.com.ar
Barberis, L. A. y I. Mizuno. 1965. La composición mineral de nuestras principales especies forrajeras cultivadas. Inagro 2:12-18.
Barberis, L. A. 1967. La composición mineral de las principales especies forrajeras cultivadas en la pradera pampeana. Actas del Congreso Argentino de la Producción Animal. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Bs. As., II:37-47.
Batán, Jesús Méndez. Metales pesados en alimentación animal. XVIIº Curso de Especialización FEDNA
Bavera, G. A., E. E. Rodríguez, H. A. Beguet, O. A. Bocco y J. C. Sánchez. 1979. Aguas y Aguadas. Ed. Hemisferio Sur, Bs.As., 284 pag.
Bavera, G. A., H. A. Beguet y O. A. Bocco. 1999. Aguas de bebida para bovinos; Interpretación de análisis, manejo y mejoramiento de aguadas salinas. Edic. de los Autores, Río Cuarto, 112 pag.
Bavera, G. A. y O. A. Bocco. 1987. Suplementación mineral del bovino. Edit. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires. 88 pag.
Bavera, Guillermo A. 2001. Manual de aguas y aguadas para el ganado. Ed. del autor, Río Cuarto, 388 pag.
Bavera, Guillermo A. y Carlos H. Peñafort. 2006. Heces o bosta del bovino y su relación con la alimentación. En: Produccion-animal.com.ar
Bavera, G. A.. 2006. El pelaje del bovino y su importancia en la producción. Cap. 18. www.produccion-animal.com.ar
Bavera, G. A. 2006. El Sitio de la Producción Animal. Director General. www.produccion-animal.com.ar
Beck, A. B.. 1956. The cooper content of the liver and blood of some vertebrates. Aust. J. Zool. 4:1
Beguet, H. A. y G. A. Bavera. 1987. Convenio Univ. Nac. Río Cuarto-AACREA Zona Centro. Cátedra de Producción Bovina, Fac. de Agr. y Vet. de la Univ. Nac. Río Cuarto, Río Cuarto, Arg.
Beguet, H. A. y P. Provenzal. 1994. Suplementación proteica invernal en forrajes de baja calidad. En: Suplementación de vacunos, CREA, Cuaderno de Actualización Técnica 53:31.
Bemhaja, M., A. Mederos, M. Franchi, G. Pigurina y T. Alonso. 1997. Contenido de minerales en comunidades nativas bajo pastoreo en suelos arenosos de Tacuarembó. Rev. Arg. Prod. Anim., 17 (Sup.1):189-190.
Bentley, O. G. y P. H. Phillips. 1951. The effect of low manganese rations upon dairy catttle. J. Dairy Sci. 34:396.
Berger, M. E., R. J. León y H. F. Fenoglio. 1985. Cambios en la concentración de elementos minerales en alfalfa (Medicago sativa L.) con el avance a madurez. Rev. Arg. Prod. Anim. 5 (3-4):149-155.
Berti, A. y R. Olivero. 1995. Composición química de cuatro materias primas que aportan minerales en la alimentación animal. Univ. de la Rep., Fac. de Agr., Montevideo. Bol. de Inv. 49:1-8.
Bingley, J. B. y B. J. Carrillo. 1964. INTA. Boletín Técnico Nº 15.

Bingley, J. B., B. E. Ruksan y B. J. Carrillo. 1978. Estudios sobre hipocuprosis en la región de la pampa húmeda en la Provincia de Buenos Aires. Rev. Med. Vet. 59 (2):63.
Blackmon, D. M., W. J. Miller y J. D. Morton. 1967. Zinc deficiency in rumiants: ocurrence, effects, diagnosis, treatments. Vet. Med. 62-265.
Blas C. de, C. Resch, J. Amor y P. García. 1998. Utilización de sales aniónicas en dietas para vacas secas. FEDNA, XIVº Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal, 57-46. En: www.produccion-animal.com.ar
Block, E. 1994. J. Dairy Sci. 77:1437.
Blood, D. C., J. A. Henderson y O. M. Radostits. 1983. Medicina Veterinaria. Interamericana, 5ª edic., México: 918.
Blood, D. C. y O. M. Radostits. 1992. Medicina Veterinaria. Nueva Edit. Interamericana, 7ª edic., México, II:1237; 1296-1300.
Boda, J. M. y H. H. Cole. 1954. The influence of dietary calcium and phosphorus on the incidence of milk fever in dairy cattle. J. Dairy Sci. 37:360.
Boggiatto, P. R. y B. Rucksan. 1989. Molibdeniosis en bovinos en el noroeste santiagueño. Rev. Arg. Prod. Anim., 9 (Sup.1):106.
Bolasell, Diego. 2005. Evaluación de distintas fuentes de cobre para rumiantes. Porfenc SRL. En: www.produccion-animal.com.ar
Bonel, J. A. y G. Ayub. 1985. Método para determinar la calidad del agua para bebida de bovinos y recomendaciones para el ganadero. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):45-48.
Bracho, Isneiro M. 1999. Importancia de las sales catiónicas-aniónicas en la alimentación de vacas lecheras. Zulia, Venezuela. FONAIAP Divulga 63.
Brem, J.J., Mestre, J., Pochon, D.O. y Trulls, H.E. 2001-02. Alteraciones del ciclo estral provocadas por un alto ingreso de molibdeno en vaquillonas Brangus y respuesta a la suplementación con cobre. FCV UNNE Rev. Vet. 12/13:1 y 2.
Bremner, I., W. R. Humphries, M. Phillipo, M. J. Walker y Morrice, P. C.. 1987. Animal Production 45:403-414.
Bremer, I. y A. C. Dalgarno. 1973. Iron metabolism in the veal calf. 2. Iron requeriments and the effects of cooper suplementation. Br. J. Nutr. 30:76.
Brizuela, M. A. y S. B. Cseh. 1996. Niveles de macrominerales en tricepiro bajo dos frecuencias de defoliación. Rev. Arg. Prod. Anim., 16 (Sup. 1):237-238.
Brizuela, M. A. y S. B. Cseh. 1998. Potencial tetanigénico de verdeos de invierno. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (Sup. 1):135-136.
Bruno, O. A., J. L. Fossatti, N. A. Calcha y H. F. Fenoglio. 1984. Evolución de la producción y calidad de forraje de cultivares de Moha de Hungría. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (6-7):673-682.
Buffarini, M. A., A. C. Homse y S. Cseh. 1997. Efecto de la administración parenteral de cobre y cinc sobre la ganancia de peso y los niveles séricos de cobre y cinc en novillos. Rev. Arg. Prod. Anim., 17 (Sup. 1):307.
Buffarini, M. A. y A. C. Homse. 1999. Deficiencias minerales en bovinos de invernada. Tecnicorreo, 7(27):2-6.
Buffarini, M. A., L. Minatel, M. E. Callorso, J. C. Carfagnini y A. C. Homse. 1998. Efecto de la administración parenteral de zinc sobre la concentración de zinc en plasma, pelo, piel, la ganancia de peso y la prevalencia de patologías podales en vaquillonas en engorde. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (Sup. 1):332.
Busetti, M. R., V. H. Suárez, M. A. Frecentese, G. L. Micheo, D. O. Bedotti y M. C. Fort. 1992. Concentraciones minerales en flechilla negra y niveles séricos en vacas de cría en el área del caldenal (Pcia. de La Pampa). Therios, 19 (93):220-233.
Cangiano, C. A., O. E. Melo, G. R. Mauro y M. C. Bulaschevich. 1979. Valor nutritivo del trébol de olor blanco anual (Melilotus albus Medik). Sexta Reunión Científico Técnica de Prod. Animal. A.A.P.A.:16
Cangiano, C. A., O. E. Melo y J. C. Mombelli. 1978. Digestibilidad y consumo de pasto llorón (Eragrostis curvula Ness) c.v. Tanganyka durante período otoño-invernal. Inf. Tec. 80, E.E.A Manfredi, INTA.
Cantón Castillo, J. G., Y. Moguel Ordoñez, O. Rojas Rodríguez, E. Sauri Duch, J. Miranda Soberanis y A. F. Castellanos Ruelas. 1994. Estimación del daño inducido por el cobre de la pollinaza empleada en la alimentación de ovinos. Tec. Pecu. Mex., 32(2):82-89.
Cantón Castillo, J. G., Y. Moguel Ordoñez y A. F. Castellanos Ruelas. 1996. Utilización de las deyecciones avícolas como fuente fosforada para rumiantes. Tec. Pecu. Mex., 34(3):160-166.
Capen, C.C. y T. Rosol. 1989. En: Clinical Biochemestry of Domestic Animals. Kaneko. J. 4ª ed. Academic Press. San Diego U.S.A.
Carugati, A. 1990. Prácticas de suplementación mineral en ganado vacuno. Cebú y derivados, 37(447):27-29.

Casas, C.A. y G.S. Ruiz. 1969. Una forma de lograr más terneros sin mayores gastos. La Nación, Bs.As., 22.03.69, 2ª secc.:21-22.
Casteel, S.W. 2001. Lead. En: Peterson, M.E. y Talcott, P.A., Small Animal Toxicology. W.B. Saunders Company. Philadelphia, pp 537-547.
Castellanos Ruelas, A. F., Y. Moguel Ordoñez y J. G. Cantón Castillo. 1997. Predicción de la biodisponibilidad de las fuentes fosforadas mediante la técnica de solubilidad cítrica del fósforo. Téc. Pecu. Mex., 35(1):39-46.
Castelli, M. E. 1999. Estacionalidad del nivel de cobre en vacas lecheras del centro-oeste de Santa Fe. Rev. Med. Vet., 80(4):273-274.
Castro, Horacio. 2004. La cal común ¿puede cubrir la deficiencia de calcio de los novillos a corral? E.E.A INTA Rafaela. En: www.produccion-animal.com.ar
Ceballos, A., F. Wittwer, P. A. Contreras y H. Böhmwald. 1998. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en rebaños lecheros a pastoreo: variación según edad y época del año. Arch. Med. Vet. 30(1):13-22.
Ciria Ciria, Jesús, R. Villanueva Marín y J. Ciria García de la Torre. 2005. IXº Seminario de Pastos y Forrajes.
Claypool, D. W, F. W. Adams, H. W. Pendell, N. A. Hartman y J. F. Bone. 1975. J. Anim. Sci. 41:911-914.
Comaleras, T. 1988. Las deficiencias de vitamina E y selenio y su relación con la retención de placenta. Nutrición Animal Aplicada, Bs.As., 5:30-31.
Conrad, J. H. y J. Ávila. 1978. Predicción de las deficiencias minerales en los rumiantes basado en suelo, planta y tejido animal. Sim. Latin. sobre investig. en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. Florida, Gainesville, Florida: 164-169.
Contreras, P. A., H. Rusch, F. Wittwer y A. Barudy. 1990. Efecto de las balas de magnesio intrarruminales en las concentraciones séricas de magnesio en vacas en lactancia. Rev. Arg. Prod. Anim., 10 (3):187-191.
Coppo, J. A. 1985. Informe sinóptico sobre aspectos relacionados con la nutrición mineral del ganado en el N.E.A. efectuado por el "Servicio de Análisis Clínicos" de la Fac. de Ciencias Veterinarias de la U.N.N.E.. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):23-24.
Coppo, J. A., N. B. Coppo, M. A. Revidatti, A. Capellari y A. L. Slanac. 2002.Deficiencias minerales detectadas en sangre de terneros sometidos a destete precoz. Rev. Med. Vet., Bs.As., 83(6):240-244.
Coppo, J. A. y N. B. Mussart. 2005. Mejoría del peso y de los niveles séricos de minerales y oligoelementos en vacas precozmente destetadas versus lactantes. Vet. Arg. 22(219):662-672.
Contreras, P.A.; H. Rusch; F. Wittwer y A. Barudy. 1990. Rev.Arg. Prod.Anim. 10:187-191.
Contreras, P.A. 1996. En: Aspectos Técnicos y Perspectivas de la Producción de Leche. Ed. F. Lanuza y G. Bartolameolli. Serie INIA-Remehue 64:85-103
Contreras, P. A.; A. Ceballos; R. Matamoros y F. Wittwer. 2003. Contenido de yodo en forrajes de predios lecheros de las Regiones IX y X de Chile. Valdivia. Arch. Med. Vet. 35(1).
Coppo, J. A., G. L. Sandoval, N. B. Coppo y A. L. Slanac. 1992. Deficiencias de minerales y oligoelementos detectadas en bovinos del nordeste argentino; panorama 1977-1992. Vet. Arg., IX (85):331-336.
Coppo, José A.; Coppo, Norma B.; Koza, Gabriela A. y Slanac, Alcides L. 1998. Indicadores nutricionales en la hacienda de áreas inundadas de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa.
Coppo, J. A. y N. B. Coppo. 1999. Desnutrición del ganado como secuela de las inundaciones de 1998. Vet. Arg., XVI(158):581-587.
Coppock, C. E., R. W. Everett y R. L. Belyea. 1976. Effect of low calcium or low phosphorus diets on free choice consumption of dicalcium phosphate by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 59:571-580.
Coppock, C. E., R. W. Everett y W. G. Merrill. 1972. Effect of ration on free choice consumption of calcium-phosphorus supplements by dairy cattle. J. Dairy Sci. 55:245-256.
Corbellini, C. N. y B. J. Carrillo. 1985. Avances en sanidad animal y su aplicación en el diagnóstico y control de enfermedades de bovinos; II Avances en enfermedades tóxicas, nutricionales y metabólicas en bovinos. Rev. Arg. Prod. Anim. 5 (7-8):481-504.
Corbellini, C. N. 1994. El síndrome de la vaca caída y estrategia de suplementación mineral en vacas lecheras. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición y Salud Animal. Ed. E.E.A Balcarce INTA - Fac. de Ciencias Agrarias U.N. Mar del Plata, 80-96.
Corbellini, C. N.; Mangoni, A. R.; C. De Mattos, Alicia y Auzmendi, J. 1997. INTA Pergamino, Proyecto Lechero: Efectos de la suplementación con óxido de zinc o metionina-zinc en vacas lecheras marginalmente deficientes. Rev. Med. Vet. 78(6):439-447.
Corbellini, C. N. 1998. Influencia de los micronutrientes en la fertilidad en bovinos lecheros; 2ª parte. Rev. Med. Vet., 79(3):231-236.

Corbellini, C. N. 1998b. Influencia de los micronutrientes en la fertilidad en bovinos lecheros; Conclusión. Rev. Med. Vet., Complemento Producción Animal, 79(3):8-13.
Corbellini, C. N. 1998c. Errores y factores nutricionales que aumentan el riesgo de enfermedades podales. Infortambo, 118:120-121.
Corbellini, Carlos. Suplementación mineral en bovinos para carne. Jornada: La cría en el siglo XXI.
Corner, H. H. y A. M. Smith. 1938. Influence of cobalt on pine disease in sheep. Biochem J. 32:1800.
Correa, R.. 1957. Carencia de cobalto en bovinos. Arq. Inst. Biol. Sao Paulo 24:199.
Correa Luna, M. y F. Lagos. 1985. Efecto del molibdeno y del cobre en la producción de bovinos para carne en los bajos submeridionales. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):199-101.
Costa, E.F.; Fazzio, L.E.; Traveria, G.E.; Sánchez, R.O.; Alvarado Pinedo, M.F.; Mattioli, G.A.; Otero, M.M.; Chialva, M. y Romero, J.R. 2003. Causas de mortandad y abortos en bovinos; Informe de 1163 casos entre 1986 y 2001 en la Prov. de Buenos Aires. Rev. de Med. Vet.
Crea Trenque Lauquen I, II y III. s.f. Evaluación calidad de reservas forrajeras. Mimeogr.
Cseh, S. B., H. Crenovic y M. Ridao. 1993. Ocurrencia de la hipomagnesemia en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim., 13 (Sup. 1):69.
Cseh S. B. 1994. Hipomagnesemia en vaca de cría. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición y Salud Animal. Ed. E.E.A Balcarce INTA - Fac. Ciencias Agrarias U.N. Mar del Plata, 57-65.
Cseh, S., E. Odriozola y J. Reynal. 1998. Perfil mineral en vaca de cría en los partidos de Puán y Saavedra, provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (Sup. 1):315-316.
Cufré, G., O. Forchetti, J. Alliney, M. Turelli, L. Godio, G. Alcantú, H. Beguet, C. Mafrand, S. D'Andrea, N. Montani, R. P. Maffioli, L. Mortara, M. Sommaro, C. Peñafort y E. Gorrochategui. (1989). Efecto de la suplementación mineral en vacas de cría sobre pasturas naturales. Rev. Arg. Prod. Anim., 9 (Sup. 1):12-13.
Culot, J. P. y E. A. Fernández Tuñón. 1967. Condiciones edáficas relacionadas con la hipomagnesemia del ganado en el sudeste bonaerense. INTA, E.E.A Balcarce, Bol. Tec. 51.
Culot, J. P., A. Bolaño, N. E. Garcés, R. I. Petroni y E. F. Tuñón. 1967. Condiciones edáficas e hidrológicas relacionadas con desequilibrios minerales del ganado vacuno en la zona de cría del sudeste bonaerense. Actas del Congreso Argentino de la Producción Animal. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, II: 12-20.
Cunha, T. J., R. L. Shirley, H. L. Chapman Jr., C. B. Ammerman, G. K. Davis, W. G. Kirk y J. F. Hentges. 1964. Minerals for beef cattle in Florida. Florida Agr. Exp. Sta., Bull 683.
Chapman, H. L. y M. C. Bell. 1963. Relative absorption and excretion by beef cattle of cooper from various sources. J. Anim. Sci. 22:82.
Chicco, C. F., C. B. Ammerman, J. E. Moore, P. A. Van Walleghen, L. R. Arrington y R. L. Shirley. 1965. Utilization of inorganic ortho-, meta- and pyrophosphate by lambs and by celulolytic rumen microoganism in vitro. J. Anim. Sci. 24:355-363.
Church, D. C., G. E. Smith, J. P. Fontenot y A. T. Ralston. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes, II Nutrición. Acribia, Zaragoza.
Dabeka, R.W y A. D. Mckenzie A.D. 1987. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 70:754-757.
Danelon, J. L. 1979. Valor nutritivo de los forrajes en el centro oeste de Santa Fe: achicoria, heno de alfalfa y sorgo forrajero híbrido azucarado. Inf. Dep. Prod. Anim. 10, EER Rafaela, INTA.
De Alba, J. 1973. Alimentación de ganado en América Latina. Ed. Fournier S.A., México, 475 pag.
De Gea, G., C. Schifferli y H. González. 1983. Ataxia enzootica; hallazgo de un síndrome compatible en la provincia de Córdoba. Rev. Univ. Nac. Río Cuarto 3 (1):117-122.
De Groote, G. 1990. VIº Curso de Especialización FEDNA, Madrid. 45 pp.
De Luca, H. F.. 1974. Vitamina D.: the vitamin and the hormone., Fed. Proc. 33:2211.
De Luca, Leonardo J. 2002. Fisiología del magnesio. Laboratorios Burnet S.A. En: www.produccion-animal.com.ar.
De Luca, Leonardo J. 2002. Urea: Su utilización en rumiantes. En: www.produccion-animal.com.ar
Descarga, C. O., A. M. Kloster, P. Davies y J. P. Caffaratti. 1991. Hipocuprosis y parasitismo gastrointestinal en bovinos de recría en la región subhúmeda de la provincia de Córdoba. Rev. Arg. Prod. Anim., 11 (3):337-345.
Devlin, T. J., W. K. Roberts y V. V. E. St. Omer. 1969. Effects of dietary potassium upon growth, serum electrolyte and intrarumen enviroment of finishing beef steers. J. Anim. Sci. 28:557.
Dew, M. I., G. E. Stoddard y G. Q. Bateman. 1954. Phosphorus supplements made more palatable with salt. Utah Farm and Home Sci. 15:36.
Díaz-Zorita, Martín y Miriam Barraco. 2001.¿Cómo es el balance de fósforo en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana?. E.E.A INTA General Villegas, Bs.As. En: www.produccion-animal.com.ar.

Díaz-Zorita, Martín. 2002. Ciclado de nutrientes en sistemas pastoriles. E.E.A INTA General Villegas, Bs. As. En: www.produccion-animal.com.ar

Di Costanzo, A. 1998. Manejo y alimentación del ternero al inicio del período de feedlot. Memorias de Feedlot 98. Edit. Forrajes y Granos, Bs. As.

Di Marco, O. N. 1977a. Capacidad de consumo de forrajes en bovinos. Univ. Nac. Río Cuarto, Río Cuarto 6-19.

Di Marco, O. N. 1977 b. Calidad y productividad estacional en Grama Rhodes (Cloris gayana, Kunth) y su posible relación con el valor nutritivo. Univ. Nac. Río Cuarto, Río Cuarto.

Domínguez, I. A. 1993. Diagnostico del estado mineral de ovinos bajo condiciones de pastoreo en Tenango del Valle, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Dowe, T. W., J. Matsushima y V. H. Arthaud. 1957. The effects of adequate and excesive calcium when fed with adequate phosphorus in growing rations for beef calves. J. Anim. Sci. 16:811.

Driedger, A.. 1966. Some effects of feeding potasium, sodium and calcium upon growth of lambs receiving a potassium deficient diet. Thesis Master of Science Degree, University of Manitoba.

Du, Z., Hemken, R. W. y Harmon, R. J. Copper metabolism of Holstein and Jersey cows and heifers fed diets high in cupric sulfate or copper.

Duarte, R.. 1985. Nutrición mineral del ganado en el área de jurisdicción de la E.E.A Sáenz Peña (Chaco). Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):15-18.

Dukes, H. H. y M. J. Swenson. 1981. Fisiología de los animales domésticos. Aguilar, México.

Dupchak, Karen. 2004. Previniendo la fiebre de la leche. Área de Industria Animal, Manitoba Agriculture y Food University Crescent, Winnipeg, Manitoba, Canadá.

Durán, R. y A. Carugati. 1988. Alimentación mineral; parte 1: Biodisponibilidad de los minerales. Nutrición Animal Aplicada, Bs.As., 3:16-17.

Durán, R. y A. Carugati. 1988. Alimentación mineral en rumiantes; parte 2: Importancia de los minerales en la fermentación ruminal. Nutrición Animal Aplicada, Bs.As., 5:8.

Dyer, I. A. y R. P. Kromann. 1988. Engorde a corral, the feedlot. Forum Argentino de Forrajes, Bs.As., :201-229.

Espino L., M. L. Suárez, G. Santamarina, A. Goicoa, L. E. Fidalgo. 2006. Utilización de las sales aniónicas en la prevención de la paresia puerperal hipocalcémica. Fac. de Cs. Veterinarias, Univ. Austral de Chile. En: www.produccion-animal.com.ar

Fader, O. W. y O. E. Marro. 1994. Los minerales en la nutrición y salud animal. Estudios preliminares en la región central de la provincia de Córdoba. E.E.A. Manfredi, INTA, Manfredi. :4-5.

Fader, O. W. y O. Marro. 1998. Efecto del tratamiento con cobre y selenio inyectable sobre el comportamiento reproductivo de animales lecheros en la región central de Córdoba. Ciencia Veterinaria, 28:3-9.

Fader, Oscar Walter. 2001. Los minerales en la nutrición y salud animal en la región central de la provincia de Córdoba. Dto. Producción Animal INTA Manfredi**.** En : www.produccion-animal.com.ar

Farina, J. L. 1998. El pietín, un viejo problema tratado con nuevo concepto. Producir XXI, Luján, Bs.As., 77:54.

Farina, J. N., J. L. Farina y C. M. Farina. 1983. El desbalance mineral como causa de bajos porcentajes de preñez. Rev. Shorthorn 188:92-94.

Fay, D. J.. 1988. Calidad del agua: un factor a veces descuidado. Nutrición Animal Aplicada, Bs.As., 3:30-31.

Fazzio, L. E.; Mattioli, G.A.; Picco, S.J.; Traveria, G.E.; Costa, E.F. y Romero, J.R. Intoxicación aguda con cobre inyectable en bovinos. En: www.produccion-animal.com.ar

Febrero Toussaint, Isaías; Ayala Yera, José Ramón; Cutiño Oliva, José Félix y Suroz, M. 2004. Influencia de la fertilización y la suplementación mineral en la composición química del suelo y del pasto en la composición sanguínea en bovinos. Rev. Electr. de Vet. REDVET, www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060604.

Fernández Mayer, Aníbal E. 2001. Suplementos y suplementación energética y proteica. E.E.A. INTA Bordenave, 6:25-40.

Ferrari, O. 1989. Suplementación mineral en distintos recursos forrajeros. Gac. Agron., IX (52):438-450.

Fetcher, A. 1992. Enfermedad renal en el bovino; parte I, agentes causales. Therios, 19 (92):110-116.

Field J.L., Pratt J.P., Fontenot, J.E., Bunce y col. 1983. Proceedings of International Symposium on the rol of Magnesium in Animal Nutrition. Ed. Blacksburg Virginia, Polytechnic Inst. U.S.A., 159-171.

Field, A.C. y N.F. Suttle. 1979. J. Comp. Path :89:431-439.

Fiore, R. F. 1999. "Pietín" como consecuencia de la deficiencia de zinc. Marca Líquida, Córdoba, Arg., IX(80):37-38.

Fiore, R. F. 1999a. Deficiencia nutritiva de selenio en los rumiantes. Marca Líquida, IX(82):39-40.

Fontenot, J. P., M. B. Wise y K. E. Webb. 1973. Interrelationship of potassium, nitrogen and manganesium in rumiants. Fed. Prod. 32:1925.

Forchetti, O., C. Maffrand, L. Mortara y A. D'Amico. 1986. Convenio Univ. Nac. Río Cuarto-AACREA Zona Centro. Cátedra de Semiología y Análisis Clínicos, Fac. de Agr. y Vet., U.N.R.C., Río Cuarto.

Forth, W., G. Nell y W. Rummel. 1973. Chelating agents and the transfer of heavy metals across the mucosal epithelium. Seventh Annual Conference on Trace Substances in Enviromental Health. University of Missouri:339.

Fullmer, C.S.; Edelstein, S. y Wasserman, R.H. 1985. Lead-binding properties of intestinal calcium binding proteins. J. Biol. Chem. 260, 6816.

Gabaldón, Leopoldo, Jorge Combellas, Álvaro Ojeda y Ornella La Rocca. 1999. Influencia de la suplementación con un bloque de minerales sobre las variables productivas de vacas de doble propósito pastoreando *Cynodon niemfuensis.* Zootecnia Tropical 17(2):229-242.

Gagliostro, Gerardo A. 2005. Principios de nutrición y suplementación de bovinos en pastoreo. Área de Prod. Animal, Grupo Nutrición y Metabolismo, E.E.A INTA Balcarce, 54-60; 153-172.

Ganther, H. E., O. A. Levander y C. A. Baumann. 1966. Dietary control of selenium volatilization in the rat. J. Nutr. 88:55-60.

García Calderón, F, R. Viejo, M. Ridao y A. Casaro. 1994. Niveles de cobre sanguíneo y hepático en vacas preñadas suplementadas con aminoacetato de cobre. Vet. Arg., XI (109):595-601.

Garciarena, D. A., S. Chifflet de Verde, M. Cocimano, F. Ovejero, O. Di Marco, E. Saint Miquen y I. Colombo. 1984. Digestibilidad in vivo del agropiro. Predicción por índices fecales. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (2):141-149.

García Tobar, J. A., L. Helguera y I. Fattet. 1978. Digestibilidad de la materia seca de silajes de sorgo y maíz. A.A.P.A. 6:476-480.

García Torregrosa, M. D. 1991. Deficiencia de yodo en equinos de la provincia de Salta. Vet. Arg., VIII(71):21-23.

Gargano, A. O. y M. A. Aduriz. 1984. Rendimiento y calidad de cuatro cultivares de pasto llorón (Eragrostis curvula). Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (6-7):683-694.

Gargano, A. O., M. A. Adúriz, M. C. Saldungaray y S. E. Canelo. 1997. Evaluación de Digitaria eriantha y Eragrostis curvula durante el ciclo de crecimiento y en diferimiento; 2. Digestibilidad in vitro y proteína bruta. Rev. Arg. Prod. Anim. 17 (4):375-384.

Gartner, R. J. W., R. N. Mc Lean, D. A. Little y L. Winks. 1980. Mineral deficiences limiting production of rumiants grazing tropical pastures in Australia. Tropical Grasslands 14 (3):266-272.

Gerken, H. J. Jr. y J. P. Fontenot. 1967. Availability and utilization of magnesium from dolomitic limestone and magnesium oxide in steers. J. Anim. Sci. 24:1404.

Gingins, M. 1997. Cuando los huesos dicen basta. Infortambo, Bs.As., 98:92-94.

Godio, L., G. Cufré, R. Maffioli, G. Alcantú y P. Provenzal. 1999. Tablas de requerimientos nutricionales para rumiantes y cerdos; sistema National Research Council. Cátedra Nutrición Animal, Fac. de Agron. y Vet., U.N.R.C., 22 pag.

Godoy, Susmira y C. F. Chicco. 2004. El fósforo y su utilización en los rumiantes. Revista Digital Ceniap Hoy, Nº 6. www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/godoy_s/arti/godoy_s.htm

Godoy, Susmira, Claudio F. Chicco y Néstor E. Obispo. 2000. Fuentes de fósforo para la alimentación de bovinos. 1. Densidad del tejido óseo. Zootecnia Tropical 18(1):29-44.

Godoy, S. y Chicco, C. 2005. Utilización del fósforo fítico en la nutrición de los rumiantes. Revista Digital CENIAP HOY Nº 9, Maracay, Aragua, Venezuela. www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/godoy_s/arti/

Goff, J.P. y Horst, R.L. 1997. *J. Dairy Sci.* 80:176.

Goings, R. L., N. L. Jacobson, D. C. Beitz y E. T. Littledike. 1973. Prevention of parturient paresis by a calcium deficient diet prepartum. J. Dairy Sci. 56:672.

Gooneratne, S. R., H. W. Symonds, J. V. Bailey y D. A. Christensen. 1994. Effects of dietary cooper, molybdenum and sulfur on biliary cooper and zinc excretion in Simmental and Angus cattle. Can. J. Anim. Sci. 74:315-325.

Gorosito, R. 1988. Deficiencias de cobre. Nutrición Animal Aplicada, Bs.As., 5:14-18.

Grace, N. D. 1983. Manganese. Pp. 80-83 in The mineral requiriments of grazing rumiants, N. D. Grace, ed. Occasional Publ. Nº 9. New Zealand: New Sealand Society of Animal Producers.

Greene, L. W., K. E. Webb Jr. y J. P. Fontenot. 1983. Effect of potassium level on site absorption of magnesium and other macroelements in sheep. J. Anim. Sci. 56:1214.

Guaita, M. S. y H. Vivas. 1997. Consideraciones sobre el efecto del animal en la pastura con énfasis en el retorno de fósforo. INTA, E.E.A Rafaela, Temas de producción lechera. Publ. Miscelánea 84:20-22.

Guarrochena, Roberto. 1994. Suplementación en pastoreos de baja calidad. En: Suplementación de vacunos, CREA, Cuaderno de Actualización técnica 53:26-28.

Gunter, K. 1969. Sobre el valor fisiológico-alimenticio de mezclas minerales adicionadas a los piensos de los animales domésticos. 2ª Comunicación. Noticias Médico Veterinarias 2:101-112.
Gupta, R. P., Verma, P. C. y Gupta, R. K. P. 1985. Br. J. Nutr., 54:421-428.
Habich, G. 1985. Resumen de actividades de la E.E.A Salta. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):28.
Hadley, C. 2003. What doesn't kill you makes you stronger. EMBO reports 4:924-926.
Hafez, E. S. y I. A. Dyer 1969. Animal nutrition and growth. Philadelphia. Pa:Lea and Febiger.
Hansard, S. L., C. I. Comar y M. P. Plumlee. 1954. The effect of age upon calcium utilization and maintenance requeriments in the bovine. J. Anim. Sci. 13:25.
Hansen, Eduardo William. 1995. Bocio enzoótico en bovinos Holando Argentino y su relación con áreas bociógenas del noroeste argentino. En: Ganado bovino Criollo, A.A.C.G.B.C. y Orient. Gráfica Edit., Bs. As., 4:129-147.
Hardoy, A. y J. L. Danelón. 1989. Selección de la dieta y consumo de rumiantes en pastoreo. Rev. Nutr. Anim. Aplic., II(8):32-34.
Hawkins, G. E. Jr., G. H. Wise, G. Matrone, R. K. Waug y W. L. Lott. 1955. Manganese in the nutrition of young cairy cattle feed different levels of calcium and phosphorus. J. Dairy Sci. 38:536.
Henry, P. R., C. B. Ammerman y R. C Littell. 1992. Relative bioavailability of manganese from a manganese-methionine complex and inorganic sources for rumiantes. J. Dairy Sci. 75:3473-3478.
Hernández, J.. 1882. Instrucción del Estanciero. Tratado completo para la planteación y manejo de un establecimiento de campo destinado a la cría de hacienda vacuna, lanar y caballar. Ed. Casavalle, Bs.As., 317 pag.
Hernández, O. A., B. N. Reinaudi, R. M. de Troiani y J. Lemes. 1978. Composición mineral de cereales forrajeros utilizados bajo distintas frecuencias de defoliación. Prod. Anim. 6:317-324.
Hernández Hernández, M., H. Sumano López, G. Mateos Trigos y L. Lara Dueñas. 1990. Tratamientos de la hipocalcemia, hipomagnesemia y acetonemia en bovinos. Vet. Arg. VII(62):124-135.
Hernández Vieyra, J. M. 1997. ¿Ud. sabe algo del fósforo?. Parte I. Infortambo, 10(96):80-83.
Hernández Vieyra, J.M. 2004. El fósforo en la vaca lechera. Argent Export S.A. En: www.produccion-animal.com.ar
Hicks, J.D. y J.V. Pauli. 1976. N.Z. vet. J. 24: 255.
Hidiroglou, M.. 1979. Manganese in rumiant nutrition. Can. J. Anim. Sci. 59:217.
Hidiroglou, M., S. K. Ho y J. F. Standisch. 1978. Effects of dietary manganese levels on reproductive perfomance of ewes and on tissue mineral composition of ewes and day-old labs. Can. J. Anim. Sci. 58:35.
Hill, C. H. y G. Matrone. 1970. Chemical parameters in the study in vivo and in vitro interactions of transition elements. Fed. Proc. 29:1474.
Hofer, C. C., I. D. Galli y A. R. Monje. 1979. Respuesta a la suplementación con azufre en pastoreo de sorgo forrajero. Sexta Reunión Científico-Técnica de Prod. Anim., AAPA, San Carlos de Bariloche:17.
Hofer, C. C. y A. Monje. 1985a. Informe sobre nutrición mineral del ganado en Entre Ríos, E.E.A Concepción del Uruguay, INTA. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):12-15.
Hofer, C. C., A. R. Monje, J. J. Bruno y I. O. Galli. 1985b. Efecto de la suplementación fosfórica en rodeos de cría. Rev. Arg. Prod. Anim. 5 (9-10):547-554.
Houser, R. H., K. R. Fick, L. R. Mc Dowell y J. J. Osorto. 1978a. El cobalto en la nutrición de los rumiantes. Simp. Latinoamericano sobre invest. en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. Florida, Gainesville, Florida: 93-97.
Houser, R. H., L. R. Mc Dowell, K. R. Fick y R. Valdivia. 1978b. Evaluación de suplementos minerales para rumiantes. Simp. Latinoamericano sobre invest. en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. Florida, Gainesville, Florida:197-203.
Hutjens, M. F. y C. W. Young. 1976. Evaluation of cafetaria-style free-choice minerals by dairy cows. proc. 71st. Amer. Dairy Sci. Assoc. Ann. Meeting:30.
Igarza, L.M. 1994. Importancia de los minerales en el rumen. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición y Salud Animal. Ed. E.E.A Balcarce INTA - Fac. Ciencias Agrarias U.N.Mar del Plata, 15-19.
Igarza, L. M. y N. Auza. 1995. Molibdeno en rumiantes: aspectos fisiológicos y tóxicos. Arc. Med. Vet., XXVIII (1):5-18.
Igarza, L., M. Agostini, M. Aba, R. Landa, S. Cerone, S. Sansinena, M. Ruiz Moreno y N. Auza. 1995. Efecto de la molibdeniosis sobre la concentración plasmática de hormona luteinizante en bovinos. Rev. Arg. Prod. Anim., 15 (3-4):796-797.
Iglesias, R. O., M. G. Rodríguez, S. Cseh, M. Drake y M. Yarrar. 1998. Deficiencia de cobre en bovinos en el valle bonaerense del Río Colorado. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (Sup. 1):313-314.

I.N.T.A.. 1971. Azufre: su incidencia en la alimentación del novillo cuando se administra en forma de sulfato de sodio. Proyección Rural, Bs.As. 37:6.
I.N.T.A.. 1974. Calidad de los suplementos minerales. Noticias y comentarios, E.E.A Mercedes, Corrientes 76:1-5.
I.N.T.A.. 1978. Novedades sobre suplementación con harina de hueso y sal. Noticias y comentarios, E.E.A Mercedes, Corrientes 119:1-7.
I.N.T.A.. 1979. Suplementación con harina de hueso y sal: consumo de mezcla mineral por novillos y vaquillonas., Noticias y Comentarios, E.E.A Mercedes, Corrientes 137:1-5.
I.N.T.A. 1986. Laboratorio de digestibilidad "in vitro". Grupo de trabajo forrajeras y producción bovina, Dpto. de Producción Animal. E.E.A. Pergamino. Com. Pers.
INTA Balcarce. 2005. Mejoran la calidad de la cornamenta de ciervos colorados. INTA Informa Nº 364.
Jacobson, N. L., K. D. Wiggers y G. N. Jacobson. 1975. Calcium in beef and dairy nutrition. Nat. Feed Ingred Assoc., De Moines, Iowa.
Jaurena, G., S. Vidart y J. L. Danelon. 1994. Suplementación de vacunos; 8 Tablas de composición de forrajes de la región pampeana. CREA, Cuaderno de actualización técnica 53: 81-91.
Josifovich, J. A. 1985. Informe de la E.E.A. Pergamino (Bs. As.). Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):36-37.
Jurado Couto, R. 1989. Toxicología Veterinaria. Salvat Editores. Barcelona.
Kahlon, T. S., J. C. Meiske y R. D. Goodrich. 1975. Sulfur metabolism in rumiants. I. In vitro availability of various chemical forms of sulfur. J. Anim. Sci. 41:1147.
Kaneko, J. J. 1989. Clin. Bioch. Dom. An. 4ª Ed. Ac. Press. Inc. U.S.A.
Kegley, E. B. y Spears, J. W. 1994. Bioavailability of Feed-Grade copper sources (oxide, sulfate or lysine) in Growing cattle. J. Anim. Sci. 72:2728-2734.
Kemp, A. y J. H. Geurink. 1966. New information about sodium requeriments and sodium supply for dairy cows. Tijdschr. Diergeneesk. 91:580.
Kemp, A. 1971. Proceedings of Magnesium Metabolism and Grass Tetany in Cattle. Dunsinea Reserch Centre. Agricultural Institute, Dublin.
Kincaid, R. L., Blauwiekel, R. M. y Cronrath, J. D. 1986. Supplementation of copper as copper sulfate or copper proteinate for growing calves fed forages containing molybdenum. J. Dairy Sci. 69:160-163.
Kronfeld, D.S. 1980. En: Bovine Medicine and Surgery. Ed H.E. Amstutz 2ª ed. American Veterinary Publication.
Laborde, H., E. Lutz, M. Torrea y D. Nigovoy. 1980. Calidad del heno y del forraje diferido de dos cultivares de sorgo forrajero. Univ. Nac. del Sur.
Lagger, J.R., H.T Mata, G.H. Pechin, A.T Larrea, R.N. Otrosky, R. O. Cesan, A. G. Caimier y G. E. Meglia. 2000. La importancia de la calidad del agua en producción lechera. Vet. Arg., 17(165):346-354 y en: www.produccion-animal.com.ar
Larrea, D. R., R. H. Holzman y M. Tulesi. 1984a. Estado de desarrollo, calidad de forraje y rendimiento en Triticale. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (2):157-166.
Larrea, D. R. y A. C. Ferrarote. 1984b. Comportamiento de distintas especies forrajeras en Bordenave. II Festuca alta (Festuca arundinacea, Schreb). Informe Técnico 36, INTA, Min. Agr. y Gan., E.E.A Bordenave.
Larson B. L.; Arthington J. y Corah L. R. 1995. Recognizing and treating copper imbalances in cattle. Vet. Med., 613-619.
Lassiter, J. W., W. J. Miller, F. M. Pate y R. P. Gentry. 1972. Effect of dietary calcium and phosphorus on 54 Mn metabolism following a single tracer intraperitoneal and oral doses in rats. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 139:345.
Latteur, J. P. 1962. Cobalt deficiences and sub-deficiences in rumiants. Centre d'Information du cobalt, Brussels, Belgium.
Ledesma Arocena, M. 1993. Nutrición y fertilidad de los bovinos. Conferencia. Primer Congreso Mundial de Cría Vacuna - Cría 93. Bs.As.
Ledesma Arocena, M., D. Vidart y P. Carrillo. 1994. Suplementación de vacunos; 6 Suplementación para prevención de la hipomagnesemia y del empaste. CREA, Cuaderno de actualización técnica 53:55-61.
Leibholz, J., R. C. Kellaway y G. T. Hargreave. 1980. Effects of sodium chloride and sodium bicarbonate in the diet on the perfomance of calves. Anim. Feed Sci. Technol. 5:309-314.
Lemley, R. E.. 1943. Observations on selenium poisoning in South and North América. J. Lancet 63:257.
Levander, O. A. y C. A. Baumann. 1966. Selenium metabolism. VI. Effect of arsenic on the excretion of selenium in the bile. Toxicol. Appl. Pharmacol. 9:106.
Loerch, S.. 1998. Curso de postgrado en sistema intensivo de producción de carne. Convenio Ohio State University-Universidad Nacional de Río Cuarto. Edit. U.N.R.C., Río Cuarto, 7.

Lombardi, E. 1999. La cama de pollo como ingrediente en la dieta de los bovinos. Rev. Med. Vet., 80(2):149-150.
Loosli, J. K. y I. W. Mc Donald. 1969. El nitrógeno no proteico en la nutrición de los rumiantes. FAO, Estudios Agropecuarios Nº 75.
Loosli, J. K. y J. Beltran. 1978. Problemas de nutrición mineral relacionados con los climas tropicales. Simp. Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. de Florida, Gainesville, Florida. 9-13.
López Londoño, N. 1975. Tambor rotativo o lamedero. Sistema novedoso para suplementar el ganado bovino durante la época seca en Colombia. Informaciones Veterinarias, Ed. Bayer, 19:21-25.
López, T. A., M. S. Cid, A. Escande, C. M. Campero, E. Viviani Rossi, M. L. de la Torre, C. Yagueddú y M. R. Bianchini. 1999. Avances en el estudio de problemas toxicológicos del ganado en el sudeste bonaerense, Argentina, en el período 1995-1998; 2ª parte. Rev. Med. Vet., 80(2):52-54.
Mc Dowell L. R., J. H. Conrad y F. G. Hembry. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Universidad de Florida, Gainesville.
Mac Pherson, A., R. C. Voss y J. Dixon. 1979. The effect of cooper treatment on the perfomance of hypocupraemic calves. Anim. Prod. 29:91.
Maidana, Sergio L. 1982. Bioquímica de la digestión ruminal. 1ª ed. del autor, Resistencia, Chaco, Argentina. 215-233.
Marcos, E.. 1985. Informe de la E.E.A Rafaela (Santa Fe). Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (3):34-36.
Marchi, A. y C. G. Giraudo. 1973. Eragrostis curvula (Schrad) Nees, C.V. Tanganyka: efecto de la henificación y picado sobre la digestibilidad y consumo. Rev. Inv. Agrop., INTA, Serie I Biolog. y Prod. Anim., 10 (4).
Marchi, A., C. G. Giraudo y V. H. Haidar. 1978. Valor nutritivo del heno conservado en rollos a la intemperie en el campo. A.A.P.A. 6:465-470.
Marín Guzmán, J.. 1988. Importancia del cromo en ganado de leche. Producir XXI, Luján, Bs.As., 77:46-53.
Marinissen, J., Arelovich, H.M., Laborde, H.E. y Oyola, J. Suplemento de consumo autorregulable para vacas de cría en lactancia sobre pasto llorón. Dpto.Agron., CERZOS y CIC, UNS, Bahía Blanca, Bs.As. NA 47.
Martin, J. E., L. R. Arrington, J. E. Moore, C. B. Ammerman, G. K. Davis y R. L. Shirley. 1964. Effect of magnesium and sulfur upon cellulose digestion of purified rations by cattle and sheep. J. Nutr. 83:60.
Martín Ojea, P. A. y P. O. Piñeyro. 1988. Silaje de pasturas: una alternativa para tener en cuenta. Nutrición Animal Aplicada, Bs.As., 3:10-13.
Martínez Prieto, J. M. 1988. El problema del flúor en las aguas de consumo desde la perspectiva de ingeniería sanitaria. Bol. de la Academia Nacional de Medicina, Supl., IX Simposio sobre ambiente y Salud, 31-46.
Martz, F. A., A. T. Belo, M. F. Weiss, R. L. Belyea y J. P. Gaff. 1990. True absorption of calcium and phosphorus from alfalfa and corn silage when fed to lactating cows. J. Dairy Sci. 73:1288-1295.
Mattioli, G. A., M. A. Giuliodori, C. E. Ramírez, C. M. Tittarelli, H. Yano y T. Matsui. 1996. Deficiencia simple de Cu en el partido de Magdalena, Pcia. de Buenos Aires, Argentina. Rev. Arg. Prod. Anim., 16 (Sup.1):100-101.
Mattioli G.A., C.M. Tittarelli, M.J. Giuliodori y E.F. Costa. 2000. Valor diagnóstico del magnesio en humor vítreo en cinco establecimientos con brotes de tetania hipomagnesémica. Analecta Veterinaria 20(2):39-41.
Matrone, G., C. Conley, G.H. Wise y R. K. Waugh. 1957. A study of iron and cooper requirements of dairy calves. J. Dairy Sci. 40:1437.
Mayland, H. F. 1975. Zinc. increases range cattle weight gains. J. Anim. Sci. 41:337 (Abstr.).
Mc Coy, M. A., J. A. Smyth, W. A. Ellis, J. R. Arthur y D. G. Kennedy. 1997. Experimental reproduction of iodine deficiency in cattle. Vet. Rec. 141:544-547.
Mc Dowell, L. R., G. L. Ellis y J. H,. Conrad. 1984. Suplementos minerales para el ganado vacuno de pastoreo en las regiones tropicales. Rev. Mund. Zoot., FAO 52:2-12.
McDowell, L. R. 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press, Inc. San Diego, USA.
Mc Gillivray, J. J. 1974. Biological availability of phosphorus in feed ingredients. Minn. Nutr. Conf.:15.
Mac Loughlin, Roberto José. 2006. Variación en los consumos individuales (VCI). Angus, Bs. As., 233:34-40.
Melo, O. 1999. Factores determinantes de la ingesta alimenticia. Puntal Tranquera Abierta 2.7.99:8-9.
Miles, W. H. y L. Mc Dowell 1983. Deficiencias minerales en los pastos de los llanos colombianos. Rev. Mund. Zoot., FAO 46:2-10.
Millán C. H., Ricaud J. y Castellanos R. A. F. 1990. Evaluación de dos suplementos minerales para bovinos en pastoreo en Yucatán. Técnica Pecuaria Mexicana 28(2):111-115.
Miller, W. J. 1970. Zinc nutrition of cattle: A review. J. Dairy Sci. 53:1123.
Miller, W. J., J. W. Lassiter y J. B. Jones. 1972. Problems in the use of mineral values for feed formulation. Georgia Nutr. Conf. Proc.:94.

Miller, W. J. 1975. New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy cattle: A review. J. Dairy Sci. 58:1549-1560.
Mills, C. F., A. C. Dalgarno, R. B. Williams y J. Quarterman. 1967. Zinc deficiency and the zinc requirements of calves and lambs. Br. J. Nutr. 21:751.
Minatel, L., M. A. Buffarini, J. C. Carfagnini y A. C. Homse. 1996. Relevamiento mineral en la zona noroeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim. 16 (Sup. 1):104-105.
Minatel, L., M. A. Buffarini, J. C. Carfagnini y A. Homse. 1997. Valores de cobre en plasma, hígado y pelo de bovinos de la zona noroeste de la provincia de Buenos aires. Rev. Arg. Prod. Anim., 17(Sup. 1):313-314.
Minatell, L., M. A. Buffarini, M. E. Dallorso, A. Homse y J. C. Carfagnini. 1998. Relevamiento mineral de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (1):67-75.
Minatel, L. y Carfagnini, J. C. 1997. Biopsia hepática en bovinos: su utilización en la detección de carencias minerales. 2ª Jornadas Hospitalarias de Medicina Veterinaria, 258-260.
Minatel, L., M. A. Buffarini, M. E. Dallorso, E. Silva y J. C. Carfagnini. 1998. Evaluación de la administración de glicinato de cobre sobre los niveles plasmáticos y hepáticos de cobre en novillos. Rev. Arg. Prod. Anim., 18(Sup. 1):316-317.
Minatel, L., Buffarini, M.A., Scarlata, E.F., Dallorso, M.E. y Carfagnini, J.C. (a). Niveles de oligoelementos minerales en bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires. En: www.produccion-animal.com.ar
Minatel, L., E. F. Scarlata Villegas, M. E. Dallorso, C. M. O'Flaherty, B. E. Ruksan y J. C. Carfagnini. 2002. Efectos de la suplementación con cobre y selenio en la ganancia de peso, los niveles plasmáticos y hepáticos de cobre y la actividad de las enzimas superóxido dismutasa, glutation peroxidasa y catalasa en bovinos en engorde. Rev. Med. Vet., Bs.As., 83(6):249-254.
Mitchell, R. L., J. W. S. Reith y I. M. Johnston. 1957. Trace-element up take in relationship to soil content. J. Sci. and Food Agr. 8, Supplement Issue:51.
Mogni, Andrés C. 1991. Los cuerpos salinos, un recurso de zonas áridas. Acaecer, 177:16-18.
Moguel Ordoñez, Y. y Castellanos Ruelas, A. F. 1996. Caracterización de la solubilidad en ácido cítrico del fósforo de rocas fosfóricas. Tec. Pec. Mex., 34(1):60-63.
Mombelli, J. C. y O. W. Fader. 1985. Informe de la E.E.A Manfredi (Córdoba). Rev. Arg. Prod. Anim., 4(3):31-33.
Monti, R., M. Ricciardino, H. Tantín, M. Ronconi y B. Ruksan. 1993. Distrofia muscular nutricional en bovinos para carne en la provincia de Entre Ríos; descripción de un caso clínico. En: Deficiencias de microelementos en bovinos en la provincia de Entre Ríos, E.E.A INTA Concepción del Uruguay, 21-27.
Morris, J. G. 1980. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: A review. J. Anim. Sci. 50:145-152.
Morrison, F. B. 1943. Alimentos y Alimentación. Ed. 20ª. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile, 123; 452.
Morse, D. 1989. Studies of modification of phosphorus concentration in diets, hydrolisis of phytate bounds phosphorus, and excretion of phosphorus by dairy cow. PhD Disertation.
Mufarrege, D., G. S. Fere y A. Homse. 1985. Nutrición mineral en el ganado en la jurisdicción de la E.E.A Mercedes (Corrientes). Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):5-7.
Mufarrege, D. J., O. Royo Pallarés, E. P. Ocampo, C. A. Benítez, J. G. Fernández, D. Rochinotti y G. R. Somma de Feré. 1985. Efecto de la fertilización de una pastura natural sobre el crecimiento de vaquilla en recría. Informes de Investigación y Actividades en Extensión. E.E.A Mercedes (Corrientes) INTA.:28-30.
Mufarrege, D. J., G. R. Somma de Feré, B. C. Saucedo y E. E. Barrios. 1985. Labor desarrollada en el laboratorio de análisis químico (1.7.84 al 30.6.85). Informes de Investigación y Actividades en Extensión. E.E.A Mercedes (Corrientes), INTA :133-134.
Mufarrege, D. J., G. R. Somma de Feré y D. Rochinotti. 1990. Niveles de fósforo inorgánico en sangre en vacas de primera cría. Rev. Arg. Prod. Anim. 10 (1):7-12.
Mufarrege, D. 1992. Evaluación de mezclas minerales. Noticias y comentarios. Supl. Esp. Nº 1, Nutrición mineral del ganando. E.E.A. Mercedes, Corrientes, INTA, 1:7-14
Mufarrege, D. y G. Somma de Feré. 1992. El sodio en la nutrición mineral del ganado. Noticias y Comentarios. Supl. Espec. Nº 1, Nutrición mineral del ganado. E.E.A. Mercedes, Corrientes, INTA, 1:23-28.
Mufarrege, D. 1993. Algunos conceptos sobre suplementos minerales para el ganado; ¿Que es calidad?. INTA, E.E.A Mercedes (Corrientes), Noticias y Comentarios, Nº 289:6.
Mufarrege, D. J. 1994. Importancia de los minerales en la ganadería de la mesopotamia; con especial referencia al fósforo. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición Animal. Ed. E.E.A Balcarce INTA - Fac. Ciencias Agrarias U.N. Mar del Plata, 44-54.

Mufarrege, D. J.. 1999. Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Trabajo de Divulgación Técnica y en: www.produccion-animal.com.ar
Mufarrege, Demetrio J.. 2000. El contenido de zinc de las pasturas naturales en la provincia de Corrientes y en la Región NEA. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 341.
Mufarrege, Demetrio J. y D. E. Aguilar. 2001. Suplementación con zinc de los bovinos para carne en la provincia de Corrientes. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 348 y en: www.produccion-animal.com.ar
Mufarrege, D. J. 2001. El magnesio en la alimentación del ganado bovino para carne. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 354 y en: www.produccion-animal.com.ar
Mufarrege, D. J.. 2002. El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Noticias y Comentarios Nº 359 y en: www.produccion-animal.com.ar
Mufarrege, D. 2003. El cobre en la ganadería del NEA. INTA E.E.A Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 381.
Mufarrege, Demetrio. 2003. El hierro y el manganeso en la alimentación del ganado de carne en la región NEA. INTA E.E.A Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 376 y en: www.produccion-animal.com.ar
Mufarrege, D. J.. 2003. El sodio en la alimentación mineral del ganado en la región NEA. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 370 y en: www.produccion-animal.com.ar
Mufarrege, Demetrio J. 2004. El potasio en la ganadería de la región NEA. E.E.A INTA Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 385.
Mufarrege, D. J. 2004. El fósforo en los pastizales de la región NEA. E.E.A INTA Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 388 y en: www.produccion-animal.com.ar
Muller, L. D., L. V. Schafferm, L. C. Ham y M. J. Owens. 1977. Cafeteria style free-choice mineral feeder for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 60:1574-1582.
Murphy, G. M. y J. A. Connel. 1970. A simple method of collecting saliva to determine the sodium status and sheep. Australian Vet. J. 46:595.
Murphy, G. M. y A. W. Plasto. 1973. Liveweighy response following chloride supplementation of beef cows and their calves grazing native pastures. Australian J. Explt. Agri. Anim. Husb. 13:369.
Namiotkiewcz, J., J. Bogatko y H. Namiotkiewcz. 1973. Balance of phosphorus in dairy cows given defluorinated superphosphate. Rocz. Nauk. Roln Ser. B., Warsaw 95(1):55-64.
National Research Council. 1976. Nutrient requirements of beef cattle, 3. Nat. Academy of Sciences, Washingthon D.C.
National Research Council. 1978. Nutrient requirements of dairy cattle, 4. Nat. Academy of Sciences, Washingthon D.C.
National Research Council. 1980. Mineral tolerance of domestic animals. Washingthon, D.C.: National Academy of Sciences.
National Research Council. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6ª ed. National Academy Press, Washingthon D.C.
National Research Council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7ª ed. National Academy Press, Washington D.C.,:54-112.
National Research Council. 1999. Arsenic in drinking water. Subcommitte on arsenic in drinking water. National Academic of Sciences. National Academic press. Washington DC
National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
Neathery, M. W., W. J. Miller y D. M. Blackmon. 1973. Absorption and tissue zinc content in lactating dairy cows as affected by low dietary zinc. J. Anim. Sci. 37:848.
Nelson, L. F. 1973. Literature review of magnesium status for rumiants. Proc. 33ª Semiannual Meeting, AFMA, Arlington, Va:18-24.
Newton, G. L., J. P. Fontenot, R. E. Tucker y C. E. Poland. 1972. Effects of high dietary potassium intake on the metabolism of magnesium by sheep. J. Anim. Sci. 35:440.
Nigro, C., M. Andrada y J. J. Noste. 1991. Regulación homeostática del metabolismo cálcico y paresia puerperal en vacas de tambo. Rev. Arg. Prod. Anim., 11 (1):87-89.
Nockels, Ch. F. 1992. Alteraciones minerales asociadas con el estrés, traumas e infección y su efecto sobre la inmunidad. Therios, 19 (95):344-353.
Núñez, A., H. Rubíes, L. Filippini y H. Volonteri. 1976. Respuestas al tratamiento con complejos de cobre en bovinos con hipocuprosis. Gac. Vet. 38(316):522-530.

Obispo, Néstor E.. 2005. El uso de las fuentes de nitrógeno no proteico en rumiantes. Rev. Digital CENIAP HOY Nº 8, Maracay, Aragua, Venezuela y en: www.produccion-animal.com.ar

OMS. World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. www.who.int/docstore/water_sanitation

Ortiz O., Diego y Efraín Benavides O. Epidemiología, diagnóstico y control del botulismo bovino en Colombia. Carta Fedegan 77.

Ostrowski, J. E. 1963. Relaciones entre la fertilidad de los animales domésticos y su nutrición mineral. Gac. Vet. 25(157):351.

Palavicini, I. et al. 1991. Determinación de metales pesados (Cu, Mo, Zn, Cd, Pb) en hígados de bovinos procedentes de las regiones VIII, IX, X y XI de Chile. Avances en Csas. Vet., Sgo. de Chile, 6 (1):43-48.

Parada, Roberto N. 2004. Intoxicación por urea y sal. Toxicología Veterinaria. En: www.produccion-animal.com.ar.

Parra G, M.A., A.H. Chávez S., y J.F. Sánchez A. 1995. Efecto de la suplementacion mineral sobre la degradabilidad ruminal de la materia seca y el consumo voluntario de forraje por novillos en pastoreo. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 1995, México D.F.

Parzek, J., J. Kalouskova, A. Babicky, J. Benes y L. Pavlik. 1973. Interaction of selenium with mercury, cadmium and other toxic metals. In trace element metabolism in animals. 2ª ed., Baltimore, Md., University Park Press.

Pechín, G. H. 1994. Deficiencias minerales en rumiantes de la provincia de La Pampa. VIIº Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias, Bs. As., 118.

Pechín, G., S. Cseh, C. Corbellini, J. Idiart, R. Moralejo, M. Visconti, M. Drake y M. Yarrar. 1995. Estudio de las deficiencias minerales en bovinos de carne en el departamento Maracó, provincia de La Pampa, Argentina. Rev. Arg. Prod. Anim., 15(2):492-494.

Pechín, G. H., J. L. Idiart, S. Cseh, C. N. Corbellini, R. H. Moralejo, R. O. Cesán y L. O. Sánchez. 1996. Respuesta a la suplementación con cobre inyectable en distintos rangos de deficiencia. Rev. Arg. Prod. Anim., 16(Sup. 1):94-95.

Pechín, G. H., J. L. Idiart, S. Cseh, C. N. Corbellini y R. H. Moralejo. 1998. Evaluación de dos vías de administración de cobre (oral y parenteral) en bovinos de carne. Rev. Prod. Anim., 18(1):317-318.

Pechín, G. H., J. L. Idiart, S. Cseh, C. N. Corbellini y R. H. Moralejo. 1999. Evaluación de dos vías de administración de cobre (oral y parenteral) en bovinos de carne. Vet. Arg., 16(159):651-657.

Pechín, G. H., J. L. Idiart, S. Cseh, C. N. Corbellini, R. H. Moralejo, R. O. Cesán y L. O. Sánchez. 1999a. Respuesta a la suplementación con cobre inyectable en distintos rangos de deficiencia en bovinos de carne. Rev. Arg. Prod. Anim., 19(2):347-358.

Pechín, G. H., C. N. Corbellini, S. B. Cseh, G. E. Meglia, L. A. Vergara, R. A. Tossoni y R. H. Moralejo. 2001. Efectos de la suplementación con óxido de zinc en bovinos para carne alimentados con forrajes marginalmente deficientes en zinc. Re. Med. Vet., Bs.As., 82(6):308-311.

Phelps, Anthony. 1990. Nitrógeno no proteico. Agricultura de las Américas, marzo-abril/90:11-17.

Peñafort, C. H. y H. A. Beguet. 1988. Deficiencias y suplementación mineral en la provincia de Córdoba. Rev. CREA 133:1-9.

Perea, J., Verna, A., Morsella, C., Cseh, S. y Paolicchi, F.. 2002. Paratuberculosis bovina y su relación entre los niveles de cobre, zinc, hierro, selenio y molibdeno en sangre, pasto y agua. 24ª Reunión Anual de la AAVLD (Asoc. Arg. de Veterinarios de Laboratorios de Diagnóstico), Villa Gral. Belgrano, Córdoba, Argentina.

Perea, J., Verna, A., Morsella, C, Cseh, S. y Paolicchi, F. Relación entre los microelementos Cobre, Zinc, Hierro, Selenio, Molibdeno y la paratuberculosis en ganado bovino. Departamento de Producción Animal, E.E.A INTA Balcarce. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Mar del Plata.

Perego, J. L. 1996. La suplementación mineral del ganado vacuno en la provincia de Misiones. INTA, Centro Regional Misiones, E.E.A Cerro Azul, Miscelánea 35:5-10.

Perold, I. S.. 1952. Micro-element deficiences: Feeding test with sheep and dairy cows. Fmg. A. Afr. Febr. issue.

Perold, I. S.. 1956. Prevention of physiological deficiency diseases in farm animals by means of cooper and cobalt salts wich are soluble in brack water. Fmg. A. Afr. January issue.

Phillippo M, Humphries WR, Atkinsson T, Henderson GD, Garthwaite PH. 1987. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status, puberty, fertility and oestrus cycles in cattle. J Agric Sci. 109:321-336.

Pinault, L.; Milhaud, G. 1998. Intoxication des ruminants par le plomb. Le Point Vétérinaire 29:105-111.

Piquer Vidal, F. J.. 1995. Micronutrientes e inmunidad; I- microminerales. XIº Curso de Especialización FEDNA, Barcelona, España. En: www.produccion-animal.com.ar

Piscitelli, H. G. y A. M. Kloster. 1993. Observaciones sobre la hipomagnesemia en vaca de cría. Vet. Arg., X (95):316-322.

Pizzio, R., O. O. Rollo Pallares, C. Benítez, E. Ocampo y J. Fernández. 1990. Suplementación mineral y fertilización fosfórica en un campo natural de la provincia de Corrientes. Gac. Agron., X (58):447-454.
Pordomingo, Aníbal. 1993. Alimentación práctica de bovinos en pastoreo. Proyecto Integrado Pampas, INTA Centro Regional La Pampa-San Luis, 1(2):12-17.
Pouliquen, H. 1996. Intoxication des bovins par le plomb. Le Point Vétérinaire 28(178):63-67.
Pozzolo, O., A. Monje y C. Hofer. 1985. Suplementación de sorgo forrajero con azufre. Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):77-80.
Preston, T. R. y M. B. Willis. 1974. Producción intensiva de carne. Edit. Diana, México D.F., 736 pag.
Quiroga, M., L. Igarza, R. Landa, M. Ruiz Moreno, R. Perotti y E. Silva. 1995. Evaluación del tratamiento con glicinato de cobre en bovinos con deficiencia de cobre. Rev. Arg. Prod. Anim., 15(3-4):806-808.
Rabotnikof, C. M., C. A. Gonella, N. P. Stritzler y N. R. Floris. 1983. Efecto de la suplementación parenteral de cobre sobre los niveles de cobre en sangre y la ganancia de peso en novillos en el área de General Villegas. Rev. Arg. Prod. Anim. 3(5):446-457.
Radeleff, R. D. 1967. Toxicología Veterinaria. Edit. Academia, León, España :25.
Ramberg, C. F. Jr. y S. E. Olson. 1970. Flouride effects on bone morphology and calcium kinetics. Flouride 3:175.
Ramírez, C. E. y C. G. Ferrer. 1989. Rev. Arg. Prod. Anim. 3:179-184.
Ramírez, C. E., C. M. Tittarelli, G. A. Mattioli, M. Giuliodori y M. C. Puchuri. 1997. Hipocupremia bovina en 5 partidos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Vet. Arg., XIV (131):12-17.
Ramírez, C. E.; Tittarelli, C. M.; Zaccardi, E. M. 1996. Ausencia de anemia en bovinos con hipocuprosis. Analecta Veterinaria, 16:32-33.
Ramírez, C. E., C. M. Tittarelli, G. A. Mattioli y G. E. Lasta. 1998. Empleo del humor vítreo para la estimación postmortem de la magnesemia en bovinos. Arch. Med. Vet., 30(1):157-160.
Raven, A. M. y A. Thompson. 1959. The availability of iron in certain grasses, clover and herb spices. I. Perennial ryegrass, cocksfoot and timothy. J. Anim. Sci. 52:177.
Rebollar, P.G. y G.G. Mateos. El fósforo en nutrición animal. necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. FEDNA, XV Curso de Especialización Avances en nutrición y alimentación animal.

Redshaw, E. S., P. J. Martin y D. H. Laverty. 1978. Iron, manganese, cooper, zinc and selenium concentrations in alberta grains and doughages. Can. J. Anim. Sci. 58:553.
Renolfi, R., M. Trezeguet y G. P. Lezcano. 1985. Informes provenientes de Santiago del Estero. Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):25-26.
Révora, H., R. Guarrochena y J. A. García Tobar. 1974. Valor nutritivo de silaje de maíz y sorgo. A.A.P.A. 5:307-315.
Ricciardino, M. Z. 1993. Actualización en funciones bioquímicas de cobre, selenio y zinc en rumiantes. En: Deficiencias de microelementos en bovinos en la provincia de Entre Ríos, E.E.A INTA Concepción del Uruguay, 1-12.
Ricciardino, M. Z. 1993. Deficiencias de cobre y selenio en bovinos de recría; problemática en áreas de aptitud ganadero-agrícola de la provincia de Entre Ríos. En Deficiencias de microelementos en bovinos en la provincia de Entre Ríos, E.E.A INTA Concepción del Uruguay, 13-14.
Ricciardino, M. Z., P.D. Medus, M. Doello Jurado, H. Medus y N. Abiatt. 1993. Diagnóstico a campo de deficiencia de cobre en vaquillas Shorthorn y respuesta a la suplementación. En: Deficiencias de microelementos en bovinos en la provincia de Entre Ríos, E.E.A INTA Concepción del Uruguay, 14-18.
Ricciardino, M. Z., P. D. Medus, M. Doello Jurado, H. Medus y B. Ruksan. 1993. Deficiencia de cobre en vaquillas sobre pasturas naturalizadas; estudio de los factores involucrados. En: Deficiencias de microelementos en bovinos en la provincia de Entre Ríos. E.E.A INTA Concepción del Uruguay, 18-21.
Ricciardino, M. Z., P. D. Medus y B. E. Ruksan. 1993. Deficiencia de cobre y selenio en vaquillonas sobre pastura natural. Rev. Med. Vet., 74 (2):100-105.
Ricciardino, M. Z., C. G. Scena, y R. L. Piccinali. 1997. Minerales (P, Zn, Cu) y proteínas plasmáticas en vacas primíparas con cría al pie. Rev. Arg. Prod. Anim., 17 (Sup. 1):306.
Ricciardino, M.Z., Medus, P.D. y Piccinali, R.L. Problemática en salud productiva; deficiencias minerales. INTA E.E.A C. del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.
Ricketts, R.E., J. R. Cambell, D. E. Weinman y M. E. Tumbleson. 1970. Effects of three calcium: Phosphorus ratios on perfomance of growing Holstein steers. J. Dairy Sci. 53:898.
Ridao, M., A. P. Casaro y M. Fernández. 1994. Parámetros sanguíneos y factores ambientales en un rodeo de cría con antecedentes de hipomagnesemia. Rev. Arg. Prod. Anim., 14 (1-2):113-120.

Ridao, M., S. Cseh, S. San Martino, M. Drake y M. Yarrar. 1995. Valores serológicos de hierro y zinc en distintas categorías de bovinos en el área de Balcarce. Rev. Arg. Prod. Anim., 15 (3-4):800-803.
Río, M. E. y L. Achával. 1905. Geografía de la Provincia de Córdoba. Publ. Oficial. Cia. Sud-Americana de Billetes de Banco, Bs.As., II:336-339.
Ríos, Jesús E. Una nota sobre el consumo de sales minerales en bovinos de carne a pastoreo. Agronomía Tropical 24(3):227-234
Roberts, W. K. y V. V. E. St. Omer. 1965. Dietary potassium requirement of fattening steers. J. Anim. Sci. (Abstr.) 24:902.
Robles, C. A. y R. Ortiz. 1985. Informe de la E.E.A. Bariloche (Río Negro). Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):40-43.
Robles, C. A., F. A. Uzal y F. V. Olaechea. 1993. Intoxicación crónica por cobre en ovinos lecheros. Vet. Arg., X (92):95-97.
Rochinotti, D., G. R. Somma de Fere y D. J. Mufarrege. 1981. Hematocrito, hemoglobina, proteínas totales, fósforo inorgánico y cobre en sangre de bovinos para carne en la provincia de Corrientes. Rev. Med. Vet., Bs.As., 62(1):33-38.
Rochinotti, D.. 1985. Evaluación de suplementos fosfóricos: El rol de la solubilidad. Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):49-50.
Rogers, A.M. 1979. Ir. vet. J. 33:115-124.
Rojas, M. A., I. A. Dyer y W. A. Cassat. 1965. Manganese deficiency in the bovine. J. Anim. Sci. 24:664.
Rovira, J., C. Frick, A. A. Bonino, E. Martinez Haedo, L. B. Pérez Arrarte, P. Bonino, R. Methol, J. Etcheverry, E. Dubosc, J. Dighiero, D. J. Colucci, A. Santoro y M. Herrera. 1976. El fósforo en la producción ganadera. Plan Agropecuario, Anuario 1976. Minist. Agric. y Pesca, Montevideo, Uruguay:17-28.
Rosa D.E. y G.A. Mattioli. 2002. Metabolismo y deficiencia de cobre en los bovinos. Analecta Veterinaria 22(1):7-16.
Rosenfeld, I. y O. A. Beath. 1964. Selenium. New York: Academic Press.
Royo Pallares, O., R. Pizzio, E. Ocampo, C. A. Benítez y J. G. Fernández. 1998. Carga y fertilización fosfórica en la ganancia de peso de novillos en pastizales de Corrientes. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (Supl. 1):101-102.
Rudi, Aldo. 2006. Conferencia. IIIº Simposio Nacional de Ganadería en Siembra Directa, Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), Potrero de los Funes, provincia de San Luis, Argentina.
Ruiz Moreno, M. J., G. Inza, P. Alvarado, R. Landa, M. A. Quiroga, G. Cancelo, C. Machado, J. Dobrecky y N. Auza. 1998. Influencia de diferentes fuentes de magnesio sobre la degradabilidad ruminal in vitro de heno de alfalfa. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (Sup.1):61-62.
Ruksan, B. 1985. Mapa de microelementos en forrajeras de Argentina. Rev. Arg. Prod. Anim. 4(Sup.3):89-98.
Ruksan, B. 1994. Deficiencia de selenio. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición y Salud Animal. Ed. E.E.A Balcarce INTA - Fac. Ciencias Agrarias U.N. Mar del Plata, 68-77.
Ruksan, B. E., P. Ojeda y L. Marangunich. 1998. Efecto de las cápsulas de monensina y monensina-selenio sobre parámetros bioquímicos, ganancia de peso vivo y fertilidad en vaquillonas holando en el noroeste bonaerense. Rev. Arg. Prod. Anim., 18 (Sup. 1):63-64.
Sager, R. L. 1994. Suplementación mineral en bovinos; factores que la determinan. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición y Salud Animal. Ed. E.E.A INTA Balcarce - Fac. Ciencias Agrarias de U.N.M. del P., 7-12.
Sager, R. L. 1994a. Deficiencias minerales en zonas semiáridas. VIº Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias, Bs.As., 116.
Sager, R. L. y J. M. Bustillo. 1995. Deficiencia de Zn en novillos de invernada. Rev. Arg. Prod. Anim. 15(3-4):779-781.
Sager, R. L. 1998. Suplementación mineral en bovinos para carne. Rev. Med. Vet., Complemento Producción Animal, 79(5):3-5.
Sampedro, D., A. Deregibus, O. Vogel y R. Celser. 1998. Suplementación de la vaca de cría con bloques proteicos y fosfóricos. INTA, E.E.A Mercedes, Noticias y Comentarios Nº 323
Sanders, D. E. 1990. El cobalto en la nutrición bovina. Therios, 15 (74):245-251.
Santini, F. J. 1994. Digestión ruminal; aspectos conceptuales e implicancias prácticas. En: Suplementación de vacunos, CREA, Cuaderno de Actualización técnica 53:10-16.
Scott, P.R.; J.M. Kelly; D.A. Whitaker y N.D. Cameron. 1980. Vet, Res. Comm. 4:225-229.
Segura C. V. y Castellanos R. A. F. 1999. Efecto de la suplementación fosforada sobre la ganancia de peso de bovinos en pastoreo en Yucatán, México. Veterinaria México 30(3):257-261. En: www.fmvz.unam.mx/fmvz/revvetmex
S.E.N.A.S.A. 1975. Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal. Decr. 4238/68. Secr. de Estado de Agric. y Ganadería de la Nación, Bs.As.
S.E.N.A.S.A. 1996. Resolución 611/96. Secr. de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación, Bs.As.

Spears, J. W. 2003. Trace Mineral Bioavailability in Ruminants. Journal of Nutrition 133:1506-1509.
Sereno, D., V. Maisterrena y A. Gundin. 1999. Selenio: el elemento de dos caras. Therios, 28 (145):21-28.
Smith, A. M., G. L. Holck y H. B. Spafford. 1966. Symposium: Re-evaluation of nutrient allowances for high-producing cows. Calcium, phosphorus and vitamin D. J. Dairy Sci. 49:239.
Smith, B. y M. R. Coup. 1973. Hypocuprosis: a clinical investigation of dairy herds in Northalands. N. A. Vet. J. 21:252.
Smith, R. H.. 1962. Net exchange of certain inorganic ions and water in the alimentary tract of the milk-fed calf. Biochem. J. 83:151.
Smith, R. M. 1987. Cobalt. Trace elements in human and animal nutrition. W. Mertz, ed. New York: Academy Press: 143-183.
Smith, S. E. y J. K. Loosli. 1957. Cobalt and vitamin B 12 in rumiant nutrition. A review. J. Dairy Sci. 40:1215.
Soma de Fere, G. R., D. Rochinotti, M. A. Zurbriggen y D. J. Mufarrege. 1983. Niveles de cobre sérico en vacas de cría de la provincia de Corrientes, Argentina. Rev. Inv. Agrop. INTA 18(1):151.
Somma de Feré, G. R. y D. Rochinotti. 2004. Uso de la ceniza de huesos para la suplementación mineral de rumiantes en pastoreo. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes, Noticias y Comentarios Nº 386 y en: www.produccion-animal.com.ar
Spears, J. W. 1998a. Los minerales en los forrajes. 1ª parte. Oeste Ganadero, Mendoza, Arg., 1(1):2-5.
Spears, J. W.. 1998. Los minerales en los forrajes. 2ª parte. Oeste Ganadero, Mendoza, Arg., 1(2):2-3.
Stauffacher, W. 1967. Las Salinas Grandes de Hidalgo, La Pampa, y su desarrollo. C.I.B.A.S.A., Bs. As., 72 pag.
Streitenberger, S., S. Cerone, A. Sansinanea y N. Auza. 1996. Deficiencia de cobre en rumiantes. Rev. Med. Vet., Bs.As., 77(1):9-12.
Stritzler, N. P. 1985. Nutrición mineral del ganado en el área de la E.E.A. Anguil (La Pampa). Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):39.
Suárez, V. H., M. A. Frecentese, C. A. Medrano, M. R. Busetti, G. L. Micheo y C. N. Corbellini. 1985. Parámetros sanguíneos de un rodeo de cría y concentraciones minerales de pasturas con antecedentes tetanigénicos. Rev. Arg. Prod. Anim. 5(11-12):765-772.
Suárez, V. H. y M. R. Busetti. 1997. Factores de riesgo involucrados en el síndrome de "vaca caída" en el área del caldenal, La Pampa; encuesta a productores. Therios, 26(134):97-106.
Suttle, N. F. y A. C. Field. 1970. Effects of dietary calcium and phosphorus concentrations on the fecal excretion of cooper, manganese y zinc in sheep. Proc. Nutr. Soc. 29:33A.
Suttle, N. F., A. C. Field, T. D. Nicolson, A. O. Mathieson, J. H. C. Prescott, N. Scott y W. S. Johnson. 1980. Vet. Rec. 106:302-304.
Tayarol, Luiz Carlos y Jorge Luis Santana. 2002. Toros: nutrición y fertilidad. Rev. Brangus, Bs.As., 24(45):48-53 y en www.produccion-animal.com.ar
Thomas, J. W. 1965. Mechanisms responsible for grass tetany. Proc. Ga. Nutr. Conf. :14.
Thomas, J. W. 1970. Metabolism of iron and manganese. J. Dairy Sci. 53:1107.
Thompson, A y A. M. Raven. 1959. The availability of iron certain grasses, clover and herb species. II. Alsike, Broad red clover, Kent wild white clover, trefoli and lucerne. J. Agric. Sci. 53:224.
Tittarelli, C.M., M.J. Giuliodori, G.A. Mattioli y C.E. Ramírez. 2001. Efecto de las lluvias sobre la composición mineral de gramíneas y *lotus glaber mill* del partido de Magdalena. Analecta Veterinaria 21(1):54 -57.
Todd, J. R., A. A. Milne y P. F. How. 1987. Vet. Rec. 100:653-656.
Toll Vera, J. R. 1991. La caña de azúcar, sus subproductos y residuos en la alimentación animal. Est. Experimental Agro-Industrial Obispo Colombres, Tucumán, Arg., Publ. Misc. 92:12-13.
Torres, F., C. Boelke, S. Chifflet de Verde, F. Gil, F. Ovejero, O. Ruffini, L. Verde, L. Verdura y J. Urso. 1974. Efecto sobre la digestibilidad de la suplementación energética a heno de gramíneas. A.A.P.A. 5(II):28-33.
Torres, J. E., G. Tique, M. Carpintero de Jiméno y C. Trujillo de T. 1993. Arsenicotoxicosis en bovinos por aditivo no nutricional en sal. Rev. ICA, Inst. Colombiano Agrop., 28(3):265-278.
Underwood, E. J.. 1968. Los minerales en la alimentación del ganado. FAO. Acribia, Zaragoza.
Underwood, E. J. 1981. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press, New York.
Underwood, E. J. 1981. The mineral nutrition of livestock. 2ª ed. Slough, U. K.: Commonwealth Agricultural Bureaux, Londres.
U.S. Enviromental Protection Agency. 1998. Arsenic, Freshwater Human Health Criterio for fish consumption. www.epa.gov
Uzal, F. A., C. A. Robles, J. Garro, F. V. Olaechea, J. L. Arrigo y M. Wolff. 1992. Intoxicación aguda por cobre en ovinos. Vet. Arg., IX (89):599-603.

Valle, A., H. Quintana, A. González de Pérez y J. González. 1997. Herencia de concentraciones minerales en suero sanguíneo de ovinos. Rev. Fac. Agron. (LUZ), Maracaibo, Venezuela, 14(4):449-456.
Van Der Merwe, F. J. y I. S. Perold. 1967. Trace elements in natural pastures. J. S. Afr. Vet. Med. Ass. 38:355.
Van Schlakwyk, A. A. y P. E. Lombard. 1969. The influence of phosphorus supplementation on body function and growth of young steers. Agroanimalia 1:45.
Vargas, E., C. Campabadal, H. Fonseca, M. Urcuyo y G. Rudin. 1984. Efecto de la suplementacion con urea, energía y vitamina A en novillos jóvenes en pastoreo durante la época seca en el Pacífico Central de Costa Rica. Agronomía Costarricense 8(2):147-154.
Verma, P. C., Gupta, R. P., Sadana, J. R. y Gupta, R. K. P. 1988. Br. J. Nutr., 59:149-154.
Viejo, R. E. 1994. Síndrome de molibdenosis e hipocuprosis secundaria en bovinos. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición y Salud Animal. Ed. E.E.A Balcarce INTA - Fac. Ciencias Agrarias de la U.N.Mar del Plata, 25-34.
Viejo, R. E. y A. P. Casaro. 1993. Efectos de la suplementación con cobre sobre la ganancia de peso, cobre hepático y plasmático en terneros. Rev. Arg. Prod. Anim., 13 (2):97-105.
Wacker, W. E. C. 1980. Magnesium and man. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Ward, H. K. 1968. Supplementation of beef cows on veld. Rhod J. Agric. Res. 6:93.
Ward, G., L. H. Haarbors y J. J. Blaha. 1979. Calcium-containing crystals in alfalfa: Their fate in cattle. J. Dairy Sci. 62:715-722.
Ward, J. D. y Spears, J. W. 1993. Comparison of copper lysine and copper sulfate as copper sources for ruminants using in vitro methods. J. Dairy Sci. 76:2994-2998.
Ward, J. D., Spears, J. W. y Gengelbach, G. P. 1995. Differences in copper status and copper metabolism among Angus, Simmental and Charolais cattle. J. Anim. Sci. 73:571-577.
Ward, J. D., Spears, J. W. y Kegley, E. B. 1996. Bioavailability of copper proteinate and copper carbonate relative to copper sulfate. J. Dairy Sci. 79:127-132.
Welt, L. G., W. Hollander y W. B. Blythe. 1960. The consequences of potassium depletion. J. Chron. Dis. 11:213.
West, Joe W. 1992. Nuestro Holando, Bs.As., Nº 388 y en: www.produccion-animal.com.ar > Clima y ambientación Nº 23.
WHO. 1989. Evaluation of certain food additives and contaminants. 33 report of the joint FAO/WHO expert commitee on food additives. Technical Report series 776 (WHO, Geneve).
WHO. 1992. Cadmium environmental aspect. Environmental health criteria 135 (WHO. Geneve).
WichteL, J. J., A. L. Craigie, D. A. Freeman, H. Varela-Álvarez, N. B. Williamson. 1996. Effect of selenium and iodine supplementation on growth rate and on thyroid and somatotropic function in dairy calves at pasture. J. Dairy Sci. 79:1865-1872.
Wiggers, K. D., D. K. Nelson y N. L. Jacobson. 1975. Prevention of parturient pareses by a low-calcium diet prepartum: A field study. J. Dairy Sci. 58:430.
Wilken, F. A. 1985. Aspectos económicos de la suplementación mineral. Resultados en campos de cría del sur de Corrientes. Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):71-74.
Williams, C. M., Barker J. C. y Sims J. T. 1999. Management and utilization of poultry wastes. Review of Environmental Contamination and Toxicology 162:105-57.
Wilson, G.F. 1980. Anim. Prod. 31:153-157.
Wise, M. B., A. L. Ordoveza y E. R. Barrick. 1963. Influence of variations in dietary calcium: phosphorus ratio on perfomance and blood constituens of calves. J. Nutr. 79:79.
Wittenberg, K. M., Boila, R. J. y Shariff, M. A. 1990. Comparison of copper sulfate and copper proteinate as copper-depleted steers fed high molybdenum diets. J. Can. Anim. Sci. 70:895-904.
Wittwer, F., P. A. Contreras, R. Klein y H. Böhmwald. 1995. Efecto de la administración oral de óxido de magnesio y sulfato de magnesio en vacas con hipomagnesemia inducida. XXVII (1):19-27.
Wittwer, P. A., P. A. Contreras, N. Silva y H. Böhmwald. 1997. Efecto de la suplementación con magnesio en alimento y agua sobre el control de tetania hipomagnesémica en rebaños Hereford. Arch. Med. Vet., XXIX (1):25-33.
Wong-Ville, J., P. R. Henry, C. B. Ammerman y P. V. Rao. 1989. Estimation of the relative bioavailability of manganese sources for sheep. J. Anim. Sci. 67:2409-2414.
Woolfolk, J., P. D. Sears y S. H. Work. 1957. Manejo de pasturas. IICA, Zona Sur, Montevideo:25-28.