

NUTRICIÓN MINERAL EN EL GANADO BOVINO

Rafael Jiménez Ocampo, Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Rigoberto
Rosales Serna, Hilario Flores Gallardo



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Valle del Guadiana
Durango, Dgo. Noviembre de 2014
Folleto Técnico Núm. 75
ISBN: 978-607-37-0375-8

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Lic. Enrique Martínez y Martínez

Secretario

Lic. Jesús Aguilar Padilla

Subsecretario de Agricultura

Prof. Arturo Osornio Sánchez

Subsecretario de Desarrollo Rural

M. C. Ricardo Aguilar Castillo

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Luis Fernando Flores Lui

Director General

Dr. Manuel Rafael Villa Issa

*Coordinador de Investigación, Innovación
y Vinculación*

M. C. Jorge Fajardo Guel

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Mtro. Eduardo Francisco Berterame Barquín

Coordinador de Administración y Sistemas del INIFAP

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE
CENTRO**

Dr. Homero Salinas González

Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes

Director de Investigación

Dr. Héctor Mario Quiroga Garza

Director de Planeación

Ing. Héctor Manuel López Ponce

Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL GUADIANA

Dr. Juan Bautista Rentería Ánima

Director de Coordinación y Vinculación en Durango

NUTRICIÓN MINERAL EN EL GANADO BOVINO

M. C. Rafael Jiménez Ocampo

Investigador del Programa de Carne de Rumiantes.
Campo Experimental Valle del Guadiana
jimenez.rafael@inifap.gob.mx

M. C. Pablo Alfredo Domínguez Martínez

Investigador del Programa de Carne de Rumiantes.
Campo Experimental Valle del Guadiana
dominguez.pablo@inifap.gob.mx

Dr. Rigoberto Rosales Serna

Investigador del Programa de Frijol y Garbanzo.
Campo Experimental Valle del Guadiana
rosales.rigoberto@inifap.gob.mx

M. C. Hilario Flores Gallardo

Investigador del Programa de Ingeniería de Riego.
Campo Experimental Valle del Guadiana
flores.hilario@inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Progreso 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
C. P. 04010, México, D. F.
Tel. 01 (55) 38 71 87 00
ISBN 978-607-37-0375-8

Folleto Técnico Núm. 75
Primera Edición 2014

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Impreso y hecho en México.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES.....	3
3. FUNCIONES GENERALES.....	8
4. DESBALANCE MINERAL.....	9
5. INTERACCIONES MINERALES.....	15
6. REQUERIMIENTOS Y SUPLEMENTACIÓN MINERAL.....	17
7. RECOMENDACIONES.....	22
8. LITERATURA CITADA.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Relaciones metabólicas entre los minerales.....	16
Figura 2. Saladero fabricado con envase plástico de 200 litros y con capacidad para 35 kg de minerales.....	21
Figura 3. Saladero fabricado con envase metálico de 200 litros con capacidad para 70 kg de minerales.....	22

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Requerimiento de minerales de bovinos productores de carne	17
Cuadro 2. Requerimiento de calcio y fósforo para bovinos productores de carne en crecimiento y finalización expresado en gramos.....	18
Cuadro 3. Requerimiento de minerales de vacas en producción de leche	19

1. INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en México es una actividad económica de gran importancia, la cual se desarrolla en las zonas no cultivables ubicadas en las regiones áridas, semiáridas, templadas y tropicales en todo el territorio nacional. Se emplean sistemas de producción intensivos, semi-intensivos y extensivos dependiendo de la situación climática y la capacidad de cada productor. El sistema extensivo se desarrolla en grandes superficies de tierra principalmente en el norte de México, donde predominan los pastos y especies arbustivas de buena calidad; en los sistemas semi-intensivos se utiliza el pastoreo durante un tiempo determinado y se estabula o se administran diferentes esquilmos agrícolas, mientras que los sistemas intensivos de producción están asociados a la agricultura con la producción de forrajes, ensilados, granos y alimentos balanceados, estos últimos son utilizados mayormente por la industria lechera nacional (Morales *et al.*, 2007; Peel *et al.*, 2010).

En los diferentes sistemas de producción se pone especial interés en la cantidad de alimento que consumen los bovinos en términos de materia seca, energía y proteína, pero no se pone interés en los minerales que está consumiendo el animal. Los desequilibrios minerales (deficiencias o excesos) pueden afectar los rendimientos productivos y reproductivos del ganado y en el menor de los casos una producción no óptima (Minson, 1990; Suttle, 2010).

De forma tradicional los productores suministran sal común al ganado, la cual está compuesta por Cloro (Cl) y Sodio (Na); pero se debe tomar en consideración que son 21 elementos minerales esenciales que en mayor o menor proporción necesita un animal, y con la sal común sólo se proporcionan dos elementos. Los minerales participan en funciones estructurales, productivas y de protección en el caso del sistema inmune; el bajo consumo de éstos conduce a una disminución en la producción y en la salud del animal, así mismo, un exceso puede provocar intoxicaciones o carencia de otros minerales debido a que existen interacciones que más adelante se abordarán a detalle (Morales *et al.*, 2007).

Los forrajes presentan variaciones en su contenido de minerales relacionadas principalmente con la especie que se trate, el clima, tipo de suelo, fertilización y estado vegetativo (Miles y McDowell, 1983).

En México existe poca cultura sobre la suplementación mineral en los diferentes sistemas de producción utilizados, esto puede tener consecuencias como una producción sub-óptima que muchas veces es imperceptible por los productores registrando bajos parámetros productivos y reproductivos, como el índice de pariciones menor al 50% en el estado de Durango (Ibarra *et al.*, 2011).

2. CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES

Existen varias formas de clasificar a los minerales, una de éstas los divide en esenciales y no esenciales, dicha esencialidad está basada en la presencia de estos elementos en los tejidos del animal, su concentración persistente entre individuos de la misma especie y su función bioquímica; se consideran esenciales cuando una deficiencia es causante de una patología.

Otra clasificación es de acuerdo a la función que ejercen en el organismo:

- Estructurales: Calcio (Ca), Fósforo (P) y Magnesio (Mg).
- Electrolíticos: Sodio (Na), Potasio (K), Cloro (Cl).
- Traza: Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe), Yodo (I), Molibdeno (Mo), Selenio (Se), Azufre (S), Cobalto (Co) y Flúor (F).

Y otra clasificación es de acuerdo con la cantidad requerida:

- Macroelementos o macrominerales
- Microelementos o microminerales

Los macroelementos requeridos por los bovinos son: Calcio (Ca), Cloro (Cl), Sodio (Na), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Azufre (S); estos se

expresan en porcentaje de la ración (%), gramos por día (g/día) o gramos por kilogramo (partes por millón ppm).

A continuación se presenta una breve descripción de estos:

Calcio (Ca).- Es el mineral más abundante en el organismo del animal (huesos y dientes), el cual puede ser obtenido principalmente de los forrajes. Para la suplementación de este mineral se utiliza carbonato de calcio, fosfato mono cálcico, fosfato dicálcico y sulfuro de calcio.

Cloruro de sodio (NaCl).- En este se engloban dos minerales, el Na y Cl, los cuales son administrados en la sal común, como una práctica cotidiana de los productores para estimular o restringir el consumo de alimento, dependiendo de la cantidad ofrecida.

Fósforo (P).- Este mineral está involucrado en una gran cantidad de procesos metabólicos del animal y al igual que el calcio se encuentra almacenado en los huesos y dientes de los animales. Los forrajes verdes poseen adecuadas concentraciones de este mineral, pero presentan bajas concentraciones en la época de sequía. Las fuentes para la suplementación pueden ser obtenidas de fosfato dicálcico, fosfato monoamónico, fosfato defluorinado y fosfato monosódico.

Magnesio (Mg).- Se encuentra principalmente en músculos y huesos, presenta una gran relación con el

calcio y el fósforo, se encuentra en mayor cantidad en los forrajes que en los granos y las fuentes principales son el óxido de magnesio y el sulfato de magnesio.

Potasio (K).- Éste participa en el equilibrio osmótico de las células, el fluido intersticial, contracción muscular y en el equilibrio del potencial de hidrogeno (pH). Las principales fuentes de potasio son los forrajes tiernos que contienen entre 1 a 4%, el potasio clorhídrico, bicarbonato de potasio, sulfato de potasio o carbonato de potasio.

Azufre (S).- Juega un rol relevante en la nutrición mineral, ya que forma parte de aminoácidos importantes como la Metionina, Cistina, Cisteína y también del complejo de la vitamina B (tiamina y biotina). Los requerimientos de azufre son elevados y los forrajes maduros, el ensilaje de maíz y sorgo son deficientes en azufre. Las fuentes de este mineral puede ser sulfato de sodio, sulfato de amonio, sulfato de calcio, sulfato de potasio y sulfato de magnesio.

En lo que respecta a los microelementos o traza, estos se expresan en partes por millón o mg/kg en base materia seca y dentro de estos se encuentran el Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Selenio (Se), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Estaño (Sn), Vanadio (V), Flúor (F) y Silicio (Si).

Descripción breve de los microelementos más importantes para el ganado bovino:

Cromo (Cr).- Existe poca información sobre la suplementación de cromo pero se reporta que la utilización de dosis bajas favorecen la tasa de crecimiento, la respuesta inmune y potencia la acción de la insulina, mejora el consumo de materia seca, reduce problemas de cetosis y el estrés de los animales.

Cobalto (Co).- Forma parte estructural de la vitamina B₁₂, funciona como catalizador enzimático y los microorganismos del rumen lo utilizan para la síntesis de B₁₂; las fuentes de donde se obtiene son carbonatos, sulfatos y cloruros de cobalto.

Cobre (Cu).- Se encuentra principalmente en el hígado y está relacionado con el azufre, molibdeno y el hierro de forma antagónica, por lo cual su requerimiento varía entre 4 a 15 ppm, dependiendo de la concentración de estos otros. Las fuentes de obtención pueden ser sulfatos, carbonatos, cloruros, óxidos y nitratos cúpricos. En el caso de los óxidos, tienen una limitada disponibilidad para el animal y se recomienda el uso de sulfato de cobre.

Yodo (I).- Es un microelemento principal debido a que se conoce que forma parte de las hormonas tiroideas, Triiodotiroxina (T3) y Tiroxina (T4). Las fuentes principales de este mineral son yodato de calcio y yodato de potasio estabilizado.

Hierro (Fe).- Alrededor del 50% del hierro se encuentra en la hemoglobina y la mioglobina debido a

que participa como transportador de oxígeno. Este microelemento se encuentra disponible en los granos de cereales, oleaginosas y subproductos animales destinados al consumo animal y en formas de óxido de hierro, sulfato y carbonato ferroso.

Manganeso (Mn).- Éste tiene una función de activador enzimático (hidrolazas, quinasa, transferasas, etc.). Los forrajes suelen cubrir los requerimientos del animal, para un bovino con fines de reproducción es de 40 mg/kg; las principales fuentes son sulfatos y óxidos de manganeso.

Molibdeno (Mo).- Los requerimientos y las posibles causas de una deficiencia de este mineral no están claramente definidos, pero se sabe que tiene interacción con el cobre y azufre porque es un componente de enzimas como la sulfito-oxidasa, xantina-oxidasa y aldehído-oxidasa. Una fuente de este mineral son los forrajes pero presentan una gran variabilidad en la concentración.

Selenio (Se).- Este es absorbido principalmente en el duodeno y presenta asociaciones con enzimas conocidas como metalo-enzimas, una de éstas es la iodotironina 5 di-iodinasa, que cataliza la ionización de la Tiroxina (T4) a Tri-iodotiroxina (T3). Presenta relación con la vitamina E y una toxicidad cuando existen valores mayores a 80 ppm, las principales opciones de obtención pueden ser los selenatos y selenitos de sodio.

Zinc (Zn).- Participa como activador en el metabolismo de los carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos, es un componente esencial de las enzimas, participa en el correcto funcionamiento del sistema inmune y su requerimiento es de 30 mg/kg y se presentan casos de toxicidad con concentraciones superiores a 50 ppm; las fuentes posibles pueden ser carbonatos, cloruros, sulfatos y óxidos de zinc.

(Balbuena, 2003; Shimada, 2003; Bach y Devant, 2004 y Underwood y Suttle 2004;).

3. FUNCIONES GENERALES

Hasta el día de hoy se considera que son 21 elementos esenciales para la vida y el desarrollo óptimo de los bovinos, estos tienen actividades muy relevantes en diferentes órganos, tejidos y sistemas de los animales.

Los minerales tienen funciones estructurales debido a que participan en la constitución de huesos y dientes, el 99% del Calcio, 85% de Fósforo y 75% de Magnesio se encuentran en los huesos y la composición de los huesos es 55% mineral. Participan en reacciones de transferencia de energía, síntesis de proteínas, activadores de sistemas enzimáticos y presentan funciones de regulación osmótica; participan en el transporte de oxígeno, actividad neuro-muscular, equilibrio ácido-base, permeabilidad de la membrana, transmisión de impulsos nerviosos, absorción de

nutrimentos como monosacáridos, aminoácidos, sales biliares, y también son componentes fundamentales como el Cobalto en la vitamina B₁₂ (Ciria *et al.*, 2005).

4. DESBALANCE MINERAL

Determinar la deficiencia de un mineral de forma oportuna es muy difícil, ya que requieren análisis químicos de fluidos corporales, suelos, pastos y alimentos que están siendo consumidos por el animal. En el caso del diagnóstico clínico también es difícil porque las primeras manifestaciones son muy generales como pérdida de apetito y baja producción, lo cual podría estar asociado a varias patologías, la deficiencia de uno o más minerales se manifiesta con signos cuando el problema se presenta de forma crónica y grave, en este punto el problema es mayor y se registran pérdidas económicas considerables (Balbuena, 2003).

En los animales en pastoreo existe un mayor riesgo de padecer un desbalance mineral al inicio del periodo de lluvias debido a que existe un rápido crecimiento de los pastos, un mayor consumo y desarrollo del animal (MacPherson, 2000).

Minerales estructurales

Desbalance Calcio – Fósforo

La relación normal de Calcio – Fósforo presente en los bovinos debe ser 1.0-1.3:1.0 y en las vacas

lecheras en producción necesita ser 4.0-5.0:1.0; la falta de un nivel adecuado de estos elementos y vitamina D puede manifestarse en problemas como el raquitismo en animales jóvenes y como osteomalacia en animales adultos. Otro problema es la fiebre de leche que afecta a las vacas con muy buena producción láctea; este problema se da después del parto debido a que existe una súbita demanda de Calcio en la leche, las vacas sufren de letargia, tetania y posteriormente la muerte. En los bovinos de carne se puede observar el problema de hipercalcemia relacionada con altos niveles de Calcio en la dieta y una predisposición genética, lo cual causa una excesiva deposición del mineral en los huesos con los consecuentes problemas locomotores.

Los excesos de Calcio y Fósforo en la dieta pueden causar una deficiencia de Magnesio y el alto contenido de Potasio en los forrajes puede inhibir la absorción del Magnesio, cuya deficiencia causa hipomagnesemia, la cual se manifiesta con hiperexcitabilidad, vasodilatación, convulsiones, fibrosis renal y calcificación de órganos blandos; la deficiencia se puede presentar en terneras sin consumo de forrajes y en animales en pastoreo en la época de primavera por consumo de forrajes succulentos con bajos niveles de Magnesio.

Elementos electrolíticos

El Sodio, Potasio y Cloro son los principales elementos responsables del balance electrolítico; un

exceso o deficiencia de alguno de éstos genera problemas, como por ejemplo un exceso de Cloro disminuye el consumo de alimento, crecimiento del animal y la absorción de Calcio, mientras que una disminución de Potasio y Cloro reducen el ritmo de crecimiento y la reacción muscular y nerviosa.

Minerales traza

Cobre (Cu).- Dependiendo del grado de deficiencia es la manifestación, pero se puede presentar ataxia, anemia y decoloración del pelaje de los animales; en el caso de las intoxicaciones suelen ocurrir por uso de premezclas con un alto nivel del elemento o alimentos contaminados con fungicidas donde el Cobre está presente. La dosis tóxica para los bovinos es de 100 ppm.

Zinc (Zn).- La deficiencia de este elemento causa problemas de inapetencia, falta de crecimiento (enanismo), decoloración del pelo, alopecia, paraqueratosis y problemas reproductivos en los machos; así mismo, un exceso de Zinc causa problemas de deficiencia de Cobre y Hierro. Una cantidad de 500 ppm en animales jóvenes y de 1,000 ppm en adultos causa intoxicaciones manifestándose con extensión de miembros, convulsiones y opistótonos.

Manganeso (Mn).- Generalmente no se presentan problemas de toxicidad, no obstante es

posible observar que cuando la dieta es baja en este elemento existe una deficiente coagulación sanguínea. En dietas elevadas de Calcio y Fósforo se reduce la absorción del Manganeso. También es necesario considerar los niveles de Hierro en la dieta, ya que existe un antagonismo con el Manganeso.

Hierro (Fe).- Una deficiencia de este elemento en la dieta se verá reflejado en una anemia ya que el Hierro forma parte de la hemoglobina y mioglobina aunque también es raro que se presente una deficiencia, ya que los forrajes tienen un gran contenido de este elemento y eso satisface el requerimiento del animal, a menos de que éste tenga una pérdida de gran volumen sanguíneo o una infección intraeritrocítica, como la babesiosis o anaplasmosis. El contenido de hierro en las premezclas minerales puede exceder los requerimientos muy fácilmente (debido a que es muy económico incluirlo en las mezclas). El exceso de hierro es una de las causas más comunes de deficiencias de Cobre y Zinc.

Yodo (I).- En vacas la deficiencia resulta en retenciones placentarias, baja fertilidad, abortos, muerte fetal o terneros con atriquia (falta total de pelo), mientras que en los toros se presenta baja calidad del semen y reducción de la libido. De forma general los bovinos presentan bocio por la hipertrofia de las glándulas tiroideas. En los casos de toxicidad, 50 mg/día para vacas productoras de leche, se presentan problemas de bocio, pérdida de apetito,

congestión traqueal y disminución del tamaño de las glándulas adrenales.

Molibdeno (Mo).- Bajas concentraciones de Molibdeno en la dieta pueden ocasionar deficiencias de Cobre, se pueden observar problemas de toxicidad en vacas de primer parto y en lactación, las cuales sufren diarreas con burbujas y despigmentación del manto, el pelo negro se convierte en gris y el café se torna anaranjado, además inflamación de la vulva.

Selenio (Se).- Existe una interrelación entre el Selenio y la vitamina E, la deficiencia de esta última incrementa los requerimientos de Selenio y al existir una deficiencia de estos elementos se puede presentar la enfermedad del músculo blanco, caracterizada por la palidez de los tejidos musculares y parálisis. Los animales jóvenes en pleno crecimiento, con cambios radicales en las condiciones de vida (destete, pastoreo, ejercicio excesivo, cambios de temperatura, etc.) presentan mayor susceptibilidad. La intoxicación puede ser de forma aguda presentando ataxia, fiebre, dificultad respiratoria, espuma sanguinolenta por nariz y boca, diarrea obscura, postración, letargo y falla respiratoria. En los casos crónicos existe crecimiento anormal, pérdida de cuernos, pezuñas, pelo, atrofia, cirrosis hepática y nefritis.

Azufre (S).- Ante una deficiencia de este elemento se registra pérdida de peso, debilidad,

lagrimeo, torpeza al andar y termina con la muerte del animal. Un exceso de Azufre causará en el animal dolor abdominal, diarrea, deshidratación severa, fuerte olor a sulfuro en el aliento, congestión pulmonar y enteritis severa. Es posible observar toxicidad causada por Azufre en regiones donde el agua se bombea desde muy profundo con elevadas concentraciones de este mineral (Comarca Lagunera y Altos de Jalisco).

Cobalto (Co).- La deficiencia de cobalto es común en los animales en pastoreo, causando anorexia, falta de crecimiento y desarrollo, degeneración grasa del hígado, anemia severa y debilidad por los descensos de la vitamina B₁₂ y ocasionalmente puede causar la muerte. Los casos de intoxicación son poco frecuentes debido a que los bovinos pueden tolerar hasta 100 veces más el nivel de su requerimiento; los signos incluyen anorexia, disnea, emaciación, salivación, lagrimeo, anemia, debilidad y baja fertilidad.

Flúor (F).- De forma general no se presentan deficiencias pero sí elevadas concentraciones, debidas al agua bebida por los animales, causando lesiones en los dientes (fluorosis), afectando la forma, tamaño, orientación, estructura y color (manchas amarillo pardo hasta negro verdoso). Otro problema se presenta en los huesos originando osteomalacia, osteoporosis y exostosis, los animales jóvenes son más susceptibles y se puede observar retraso en el

crecimiento, cojeras, marcha dolorosa y sensibilidad a la presión en los miembros y lomo.

Cromo (Cr).- Una deficiencia de este elemento genera una hipersecreción de insulina, aumento en el estrés de los animales y como consecuencia una reducción en el consumo de materia seca con alteración del metabolismo debida a los carbohidratos, proteínas y lípidos, así como una pobre respuesta inmunológica.

Otros minerales que pueden ser de interés son el Cadmio, Litio, Aluminio, Bromo, Boro, Vanadio y Silicio, de los cuales hasta el momento se desconoce su total participación metabólica o nutricional (Álvarez, 2001; Hayirli, 2001; Shimada, 2003).

5. INTERACCIONES MINERALES

Los diferentes minerales y en conjunto con los elementos orgánicos de los alimentos (proteínas, vitaminas) consumidos por el animal, pueden presentar interacciones sinérgicas y antagonistas. Debido a esta situación se debe conocer cual es la cantidad ideal que debemos de suministrar de los elementos minerales a los animales.

Relación antagonista: Las siguientes interacciones son antagonistas, las cuales disminuyen la biodisponibilidad, la absorción o se da una excreción más rápida de uno u otro elemento en el metabolismo del animal.

- Cobalto y Molibdeno
- Calcio y Fósforo
- Hierro, Yodo, Zinc contra el Manganeso
- Cobre y Molibdeno

Estas interacciones están poco estudiadas, pero en la Figura 1 se representan las diferentes interacciones metabólicas que existen entre los minerales.

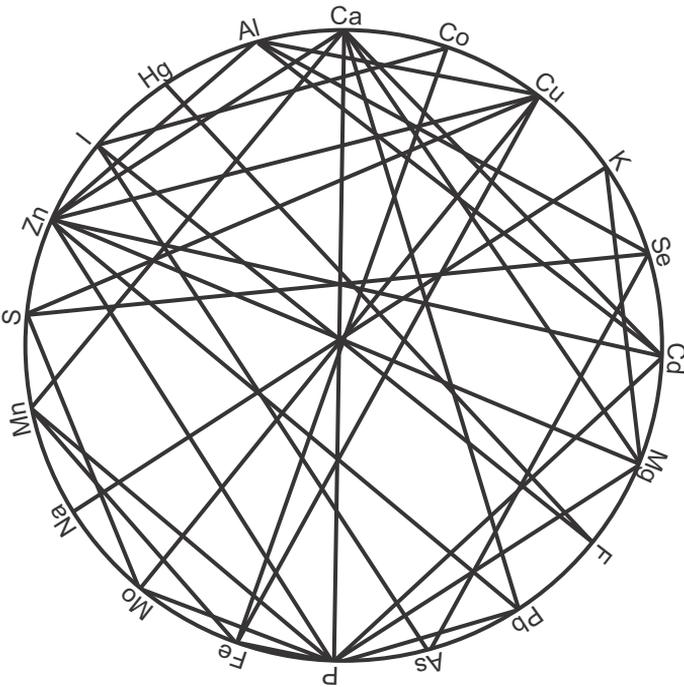


Figura 1. Relaciones metabólicas entre los minerales.

En el caso de la relación de minerales con compuestos orgánicos se pueden mencionar la interacción entre la vitamina E y el Selenio, los fitatos

y el Fósforo, la hormona paratiroidea relacionada con el Calcio y Fósforo, la Aldosterona con el Sodio y Potasio, así como la Calcitonina con el Calcio; dichas interacciones pueden favorecer o afectar la absorción de minerales suministrados o presentes en los alimentos (Ciria *et al.*, 2005).

6. REQUERIMIENTOS Y SUPLEMENTACIÓN MINERAL

Antes de suplementar se deben conocer las necesidades minerales de los bovinos, de acuerdo con su estado fisiológico, condiciones de alimentación, funciones zootécnicas y las interacciones entre los minerales y con compuestos orgánicos (Cuadro 1, 2 y 3). Es necesario conocer la concentración de minerales en los forrajes o alimentos que se están proporcionando al ganado, después de conocer eso se podrá considerar la cantidad a ofrecer en forma de suplemento.

Cuadro 1. Requerimiento de minerales y niveles máximos de tolerancia de bovinos productores de carne.

Mineral	Requerimiento	Intervalo ^a	Máximo tolerado
Aluminio, ppm	-	-	1000
Azufre, % de MS	0.10	0.08 a 0.15	0.40
Arsénico, ppm	-	-	100
Bromo, ppm	-	-	200
Calcio, % de MS	-	**	2
Cadmio, ppm	-	-	0.05
Cromo, ppm	-	-	1000
Cobalto, ppm	0.10	0.07 a 0.11	5

Continúa...

Cuadro 1. Continuación.

Mineral	Requerimiento	Intervalo ^a	Máximo tolerado
Cobre, ppm	8	4 a 101	15
Cloro, % de MS	-	-	-
Estroncio, ppm	-	-	2000
Flúor, ppm	-	-	50
Fósforo, % de MS	-	**	1
Hierro, ppm	50	50 a 100	1000
Magnesio, % de MS	0.10	0.05 a 0.25	0.40
Manganeso, ppm	40	20 a 50	1000
Mercurio, ppm	-	-	2
Molibdeno, ppm	-	-	6
Níquel, ppm	-	-	50
Plomo, ppm	-	-	30
Potasio % de MS	0.65	0.50 a 0.70	3
Selenio, ppm	0.20	0.05 a 0.30	2
Sodio, % de MS	0.08	0.06 a 0.10	10 ^b
Yodo, ppm	0.5	0.20 a 2.0	50
Zinc, ppm	30	20 a 40	500

^aSe recomienda formular raciones en base al intervalo por el contenido de elementos antagonísticos en una dieta. ^b10% de Cloruro de sodio, **Cuadro 2 (NRC, 2000; Shimada, 2003).

Cuadro 2. Requerimiento de Calcio y Fósforo para bovinos productores de carne en crecimiento y finalización expresado en g/día.

Ganancia de peso (kg)	Peso corporal							
	150	200	250	300	350	400	450	500
	Novillos de talla mediana							
	Calcio / Fósforo							
0.2	11/7	12/9	13/10	14/12	16/13	17/15	18/16	19/18
0.4	16/9	17/10	17/12	18/13	19/14	19/16	20/17	21/18
0.6	21/11	21/12	21/13	22/14	22/15	22/17	22/18	23/19
0.8	27/12	26/13	25/14	25/15	25/16	25/17	24/19	24/20
1.0	32/14	31/15	29/16	29/16	28/17	27/18	26/19	26/20
1.2	37/16	35/16	33/17	32/17	31/18	29/19	28/20	27/21
1.4	42/17	39/18	37/18	35/19	33/19	32/20	30/20	29/21

Continúa...

Cuadro 2. Continuación.

Ganancia de peso (kg)	Peso corporal							
	150	200	250	300	350	400	450	500
	Vaquillas de talla mediana							
	Calcio / Fósforo							
0.2	10/7	11/9	12/10	13/11	14/13	16/14	17/16	18/17
0.4	15/9	16/10	16/11	16/12	17/14	17/15	18/16	19/18
0.6	20/10	20/11	19/12	19/13	19/14	19/16	19/17	19/18
0.8	25/12	23/12	23/12	22/14	21/15	20/16	20/17	19/18
1.0	29/13	27/14	26/14	24/15	23/16	22/16	20/17	19/18

Cuadro 3. Requerimiento de minerales de vacas en producción de leche.

Mineral	Etapa de Lactación		
	Inicial	Media	Final
Calcio % de MS	0.7-0.9	0.65-0.75	0.6-0.7
Fósforo % de MS	0.40-0.50	0.40-0.45	0.35-0.40
Magnesio % de MS	0.25-0.30	0.25-0.30	0.2-0.25
Potasio % de MS	1.0-1.5	1.0-1.5	1.0-1.5
Sodio % de MS	0.2-0.25	0.2-0.25	0.2-0.25
Cloro % de MS	0.25-0.30	0.25-0.30	0.25-0.30
Azufre % de MS	0.24-0.28	0.22-0.24	0.20-0.24
Hierro, ppm	50-100	50-100	50-100
Manganeso, ppm	40-50	40-50	40-50
Cobre, ppm	10-20	10-20	10-20
Zinc, ppm	50-70	50-70	50-70
Yodo, ppm	0.6	0.6	0.6
Cobalto, ppm	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.2
Cromo, ppm	0.8-1.0	0.8-1.0	0.8-1.0
Selenio, ppm	0.3	0.3	0.3

(Shimada 2003).

En el caso de los animales en pastoreo se debe realizar muestreos del pasto en la época verde y en la época seca, para estar en posibilidad de conocer la cantidad a suplementar y el periodo o época; si el animal consume un poco más de lo requerido no

existe un grave problema, debido a que muchos minerales se guardan como reserva en los tejidos del animal y poco a poco dispone de ellos; sin embargo si se supera el máximo tolerado se presenta toxicidad.

Las formas de administrar los minerales pueden ser utilizando mezclas comerciales en polvo, bolos, inyecciones, bloques, tinas minerales o en su defecto comprar por separado las fuentes de minerales que se necesitan y elaborar una mezcla propia, poniendo una especial atención a las concentraciones que requieren los diferentes grupos de bovinos. Otro aspecto importante es monitorear el consumo de los minerales, si es bajo se pueden agregar saborizantes, granos secos de destilería, subproductos de soya y acercar el suplemento a la fuente de agua. Por el contrario si el consumo es elevado, se puede optar por alejar el suplemento de la fuente de agua, utilizar bloques, tinas o sal común para limitar la ingesta.

La suplementación mineral es diferente en cada unidad de producción debido a que cada productor tiene diferentes niveles de tecnología para la producción, recursos y sistemas; en ese sentido se debe considerar la relación costo – beneficio, ya que el empleo de la suplementación debe impactar en el desempeño productivo (ganancia de peso, producción de leche, índice de pariciones, peso al destete, etc.), así como en la reducción de enfermedades y el bienestar de los animales.

Para la administración de los minerales se debe considerar el uso de un saladero (recipiente) el cual puede ser construido con un envase de plástico de 100 o 200 l de capacidad, con una perforación que permita la entrada de la cabeza del animal, este saladero evita que las sales se mojen o estén expuestas a los rayos directos del sol, el saladero se deberá ubicar en una zona seca y despejada, evitando los vientos predominantes y cercano a la fuente de agua, pero no de forma contigua, es recomendable considerar un espacio de 5-6 cm lineales por animal en el saladero y en caso de utilizar un envase metálico se deberá evitar la corrosión por contacto directo de los minerales con el metal mediante un material aislante (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Saladero fabricado con envase plástico de 200 litros y con capacidad para 35 kg de minerales.



Figura 3. Saladero fabricado con envase metálico de 200 litros con capacidad para 70 kg de minerales.

7. RECOMENDACIONES

Como se describe en este folleto, los minerales tienen un rol clave en la nutrición de los bovinos, por lo cual debe ser de gran interés para los técnicos y productores cubrir con oportunidad las necesidades

minerales, a fin de maximizar la producción y reducir los problemas en el hato. A continuación se presenta una serie de recomendaciones para mejorar la nutrición mineral de los bovinos:

- Considerar el tipo de ganado, la función zotécnica, el sistema de producción, estado fisiológico, la región donde se lleva a cabo la producción y las materias primas disponibles.
- Si el forraje administrado o el pasto encontrado por los bovinos en el agostadero no es de buena calidad, es obligatorio administrar suplemento mineral.
- La digestibilidad de los minerales se ve afectada por la madurez de las plantas, por esa razón se deben establecer las fechas óptimas donde los forrajes presentan la mejor calidad nutricional y la mayor producción de biomasa.
- El análisis del contenido de minerales en los forrajes y pastos proporciona información para calendarizar la nutrición mineral en las diferentes épocas del año.
- La suplementación con sal común se recomienda durante todo el año y en el caso de los demás minerales su administración dependerá de los requerimientos de los

animales presentes en cada unidad de producción.

- Dependiendo de la concentración de minerales en la dieta consumida por las vacas gestantes, se debe suplementar 45 días antes de las pariciones y en la época de empadre.
- Los minerales unidos a fracciones proteicas atraviesan la pared intestinal con mayor facilidad y por lo tanto, mejoran el uso del mineral, por lo cual se sugiere la utilización de minerales quelados.
- De forma generalizada se debe considerar un espacio de saladero de 1.5 m por cada 25 animales y dependiendo del consumo observado se ubicará en el corral, pradera o agostadero (Figuras 2 y 3).
- Se recomienda la aplicación de fertilizante en los cultivos forrajeros de acuerdo al requerimiento nutricional de la planta, ya que esto mejora el aporte mineral en el forraje (Morales *et al.*, 2007).

8. LITERATURA CITADA

Álvarez JL. 2001. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. En: Universidad de Antioquia, 2nd ed. Medellín.

- Bach, A. y Devant, M. 2004. Microminerales en la nutrición de rumiantes: Aspectos técnicos y consideraciones legales. XX Curso de especialización. Avances en nutrición y alimentación animal. FEDNA.
- Balbuena, O. 2003. Nutrición Mineral del Ganado. Sitio Argentino de Producción Animal: 1-5, Consultado el 5 de Julio de 2014. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar
- Ciria, C.J., Villanueva R.M., Ciria G.J., Agrarias de Soria, Universidad de Valladolid, España. IX Seminario de pastos y forrajes. 2005. Avances en nutrición mineral en ganado bovino. Disponible en: <http://www.avpa.ula.ve/eventos> consultado el 8 de Julio de 2014.
- Hayirli, A.D.R., Bremmer, S.J., Bertics, M.T., Socha y R.R. Grummer. 2001. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. J. Dairy Sci. 84:1218-1230.
- Ibarra, F.J.M., Pajarito, R.A., Valles, G.A., Espinoza, A. J. Mar, T.C.L. 2011. Situación agropecuaria y forestal en el estado de Durango. Libro técnico No. 4. INIFAP.
- MacPherson, A. 2000. Trace-mineral status of forages. In Forage evaluation in ruminant nutrition, D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford and H.M. Omed, (eds.) CAB International Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Oxon, UK, pp. 345-371.
- Miles, W. and L.R. McDowell. 1983. Mineral deficiencies in the llanos rangeland of Colombia. World Animal Review. 46:2.

- Minson, DJ. 1990. Forages in ruminant nutrition. California, USA: Academic Press.
- Morales, E, I Domínguez, M González-Ronquillo, G Jaramillo, O Castelán, N Pescador, M Huerta. 2007. Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Téc Pecu Méx*45, 329-344.
- NRC 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press, Washington D.C.
- Peel, D. S., R. J. Johnson, and K. H. Matthews Jr. 2010. Cow-calf beef production in Mexico. LPD-M-196-01. USDA-ERS, Washington, DC. Consultado el 23 de Junio de 2014. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/publications/ldp/2010/10oct/ldpm19601/ldpm19601.pdf>.
- Shimada, MA. 2003. Nutrición Animal. Ed Trillas. México.
- Suttle, N.F. 2010. The Mineral Nutrition of Livestock. 4th ed. CABI Publishing. Oxfordshire, UK.
- Underwood, E.J.; Suttle, N.F. 2004. *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3 ed.; CABI Publishing: Cambridge, UK.

En el proceso editorial de esta publicación colaboraron:

Comisión Editorial del CEVAG:

Presidente: M. C. Jesús López Hernández
Vocales: M. C. Adán Castillo Rosales, M. C. Hilario Flores
Gallardo

Coordinador de la información:

M. C. Rafael Jiménez Ocampo

Edición:

M. C. Rafael Jiménez Ocampo

Revisión técnica:

Dr. Francisco Oscar Carrete Carreón
M. C. Pablo Meda Alducin

Diseño:

L. I. Zayra Daniela Noriega García

Campo Experimental “Valle del Guadiana”
km 4.5 Carretera Durango-El Mezquital
Durango, Dgo., México
Tels. 01 (618) 826-0426, 826-0433 y 826-0435
Correo electrónico: direccion.dgo@inifap.gob.mx

La presente publicación se terminó de imprimir en Noviembre
de 2014 en la imprenta Publicenter Impresos. Calle Enrique
Carrola Antuna # 1503, Colonia 22 de Septiembre. C. P. 34220,
Durango, Dgo.

Su tiraje fue de 1,000 ejemplares

Investigador	Programa
M. C. Maihualy Martínez Fernández	Hortalizas
M. C. Pablo Alfredo Domínguez Martínez	Carne de Rumiantes
M. C. Rafael Jiménez Ocampo	Carne de Rumiantes
M. C. Evenor Idilio Cuéllar Robles	Frijol y Garbanzo
M. C. Arnulfo Pajarito Ravelero	Frijol y Garbanzo
Dr. Rigoberto Rosales Serna	Frijol y Garbanzo
M. C. Luz María Salazar Sánchez	Frijol y Garbanzo
M. C. Hilario Flores Gallardo	Ingeniería de Riego
M. C. Adán Castillo Rosales	Maíz
M. C. Carmen Leticia Mar Tovar	Inocuidad de Alimentos
Dr. Gerónimo Quiñonez Barraza	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
M. C. Erickson Basave Villalobos	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
Dr. Enrique Merlín Bermudes	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
M. C. José Ángel Sigala Rodríguez	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
M. C. Homero Sarmiento López	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
M. C. Saúl Santana Espinoza	Sanidad Forestal y Agrícola
M. C. Jesús López Hernández	Trigo y Avena

www.inifap.gob.mx

El conocimiento de la nutrición mineral en el ganado bovino tiene una gran importancia debido al rol que juegan los 21 elementos minerales esenciales; estos elementos tienen una gran variedad de funciones dentro del organismo de los animales, desde la conformación de la estructura ósea, el equilibrio ácido – básico, la presión osmótica, la reproducción, el sistema inmunitario y el transporte de oxígeno entre muchas otras.

Para maximizar la producción y el desarrollo óptimo del ganado bovino se deben evitar deficiencias o excesos, ya que esta situación puede afectar los parámetros productivos y en casos graves puede comprometerse la salud y vida de los animales.

