

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**DIVISION DE AGRICULTURA Y TECNOLOGÍA  
DE ALIMENTOS**

**“DETERMINACION DEL PERFIL DE MACRO Y  
MICRO NUTRIENTES MINERALES EN SUELO,  
FORRAJE Y SUERO SANGUINEO EN LOS  
MUNICIPIOS DE SABINAS Y BUSTAMANTE, N. L.”**

**T E S I S**

**MAURICIO NAVA GRAPPIN**

040.636  
TEC.14  
1992  
c.2

**DICIEMBRE DE 1992**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**DIVISION DE AGRICULTURA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**“Determinación del perfil de macro y micro nutrientes  
minerales en suelo, forraje y suero sanguíneo en los  
municipios de Sabinas y Bustamante, N.L.”**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL TITULO DE**

**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

**AUTOR**

**Mauricio Nava Grappín**

**ASESOR**

**Gilberto Tomás Armienta Trejo**

**DICIEMBRE DE 1992**

---

**DEDICO ESTA TESIS:**

**A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS:**

**SR. MAURO NAYA BELLO (†)**

**SRA. JOSEFINA PAZOS DE NAYA (†)**

**SR. RAYMUNDO GRAPPIN YAILLARD (†)**

**SRA. ESPERANZA LAURANCHET DE GRAPPIN (†)**

---

**A MI MADRE,**

**SRA. ESTHELA GRAPPIN DE NAVA**

**A QUIEN AMO CON TODO MI CORAZON**

**JAMAS HABIENDO LOGRADO CORRES-**

**PONDER A SU CARIÑO CON TANTA IN-**

**TENSIDAD COMO LO MANIFIESTA ELLA**

**PARA CON NOSOTROS, SUS HIJOS.**

## AGRADECIMIENTOS

A los maestros que dejaron profunda huella en mi persona:

Ing. Candelario Carrera M.

Ing. Enrique Hernández B.

MYZ. Gilberto Armienta T.

Ing. Guillermo Nava Y.

Ing. Joel Velasco M.

Ing. Olga Fresnillo M.

A la amistad que me nexa a Gilberto T. Armienta y a su apoyo incondicional en todo momento.

De manera muy especial, a la Ing. Olga Fresnillo Molina (mi madrina), por su invaluable participación en la realización de esta investigación y por su calidad humana, especialmente reflejada en el cariño que para conmigo ha tenido a bien derramar sin reserva.

A mis amigos: Alain, Jerónimo, Benito y Christian Iván Nava Grappín, porque sé que realmente somos una buena familia; José Raymundo y René Cortés por su apoyo brindado, y a mi cuate Hugo Arturo Graillet de quien aprecio su amistad; y a todos ellos en conjunto porque me caen a todo dar.

A Fernando Alejandro Katsuo Cota Chin Félix Peñuñuri de Nava, en prenda de que la amistad, sólo con eso mismo se paga, gracias compa !

## INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
Los minerales en el suelo	4
Situación mineral	
Macronutrientes	5
Micronutrientes	
Los minerales en las plantas	9
Situación mineral e interrelaciones suelo-planta	
Minerales en la planta	10
Factores que afectan el contenido mineral de los forrajes	
Toxicidad, deficiencias y desbalances minerales	12
Absorción de nutrientes	13
Los minerales en los tejidos animales	14
Función	
Fuentes	
Absorción, deficiencia y excreción	15
Importancia nutritiva de los minerales para los animales	20
Utilización	
Efecto de las deficiencias y desequilibrios y su prevención	21
Macrominerales	24
Calcio y fósforo	
Funciones en los tejidos blandos y líquidos orgánicos	25
Absorción en el tracto digestivo	

---

Síntomas de deficiencia	26
Efectos de excesos	27
Magnesio	
Función	
Absorción	28
Sodio, Potasio y Cloro	
Distribución en el organismo y funciones	
Absorción y regulación metabólica	
Azufre	29
Microminerales	
Hierro	
Distribución y funciones	
Absorción del hierro	30
Necesidades y deficiencias	31
Cobre	
Funciones	
Utilización	32
Síntomas de exceso	
Cobalto	
Función	
Deficiencia	
Manganeso	33
Funciones	
Deficiencia	
Cinc	
Funciones	
Deficiencia	
Iodo	34
Función	

Selenio	
Funciones	
Deficiencia	35
Molibdeno	
Deficiencias y toxicidades minerales del ganado en pastoreo	37
<b>METODOLOGIA</b>	
Suelo	43
Muestra y procesado del suelo	
Toma de muestras	
Dilución de los elementos	44
Determinación del pH del suelo	
Forraje	
Recolección y procesado de forraje	
Toma de muestras	45
Dilución de los elementos minerales	
Sangre	47
Recolección y procesado de la sangre	
Toma de muestras	
Procesado de la sangre	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	50
Correlaciones	53
<b>CONCLUSIONES</b>	56
<b>RESUMEN</b>	57
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	59
<b>APENDICE</b>	



## INDICE DE TABLAS

No. de Tabla	Descripción	Página
1	Influencia del pH en la asimilación de nutrientes.	7
2	Formas en que se presentan los macronutrientes en los suelos minerales.	8
3	Función metabólica de los elementos en las plantas.	11
4	Síntomas característicos de deficiencias vegetales de algunos minerales.	13
5	Condiciones para la absorción de minerales.	19
6	Signos y síntomas de deficiencias y excesos de minerales.	22
7	Niveles críticos de elementos minerales en el suelo	35
8	Requerimientos minerales del ganado de carne	36
9	Niveles críticos de minerales en los forrajes.	36

10	Niveles críticos de minerales en el suero.	37
11	Características de un buen suplemento mineral para suministrar a libre acceso en el ganado.	39
12	Porcentaje y disponibilidad biológica de elementos minerales en compuestos comunmente usados en suplementos minerales.	40

## INTRODUCCION

El conocimiento de los niveles de los micro y macroelementos existentes a nivel de los tejidos vegetal, animal y de la estructura de su soporte, el suelo, permite advertir con mayor precisión su comportamiento, función y metabolismo a nivel corporal que repercuten sobre la eficiencia productiva de las especies susceptibles de explotación zootécnica en condiciones de agostadero (Espinoza et al. 1991).

Las deficiencias, toxicidades y/o desbalances de los minerales presentes en los suelos y forrajes de los agostaderos son los principales responsables de los pobres índices productivos que se presentan en el ganado explotado bajo condiciones extensivas ya que la mayoría de los rumiantes bajo esta alternativa dependen principalmente del forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Dicha problemática se ve aumentada si se considera que la proporción de este tipo de animales no recibe suplementación, excepto sal común (Gartenberg et al. 1989).

La escencialidad de implantar en las explotaciones zootécnicas un adecuado programa de nutrición y suplementación mineral, manifiesta su significancia reflejándose en las condiciones de salud y nivel de productividad pecuarias. (McDowell, 1984)

Normalmente durante la época de sequía, el ganado en pastoreo se alimenta deficientemente con cantidades insuficientes de forraje en virtud de la baja disponibilidad del mismo, su bajísimo contenido protéico y elevado en lignina y pared celular que reducen irremediable

---

mente las concentraciones de minerales consumidos (Kawas y Houston, 1990).

Ammerman (1983), señala la existencia de cinco factores de influencia que predisponen susceptibilidad en los animales hacia las deficiencias y/o toxicidades minerales, las cuales son:

1. Composición y tipo de suelo (material parental, textura, pH y fertilidad).
2. La fuente de agua.
3. Las especies forrajeras existentes y su grado de madurez.
4. El clima.
5. La interacción ambiental.

Apoyado en la trascendencia de la problemática citada anteriormente, es que se estableció como objetivo de esta investigación, efectuar la determinación de las posibles deficiencias y/o excesos de minerales en la dieta del ganado, mediante el estudio de la relación que existe entre el contenido de minerales de muestras de suelo, forrajes y suero sanguíneo durante la época de sequía en cuatro ranchos ubicados en los municipios de Bustamante y Sabinas Hidalgo, en el Estado de Nuevo León.

## ANTECEDENTES

Para los animales, en orden de importancia, las fuentes y disponibilidad de minerales se ubica en: forrajes, agua y aire (Pope, 1971). En rumiantes, su marcada dependencia por el forraje acentúa la importancia de la interacción suelo-planta-animal para la obtención de nutrientes, dado que se ve afectado su contenido y disponibilidad biológica (O'Dell, 1972). Kincaid (1983) explica el concepto anteriormente citado como: "la proporción de nutrientes en un alimento que puede ser absorbido y utilizado por los tejidos de un animal para desempeñar sus funciones biológicas".

La concentración de minerales en las plantas está asociada con los niveles correspondientes que existan en el perfil del suelo, y su absorción está correlacionada significativamente con su contenido y disponibilidad (McDowell et al. 1982). Aún cuando el contenido mineral en plantas es conocido, este no representa una valoración de su disponibilidad para el aprovechamiento por los tejidos animales, afectando a esto, la forma orgánica de los mismos que además se asocian con complejos quelatantes y oxalatos que dificultan su absorción a nivel intestinal (Pope, 1971). Se ha comprobado plenamente la superioridad del suplemento mineral inorgánico a ser metabolizado por el organismo (McDowell et al. 1984).

Además, el genotipo y los niveles de producción animal afectan los requerimientos y tolerancia de los minerales. El análisis sanguíneo provee una retrospectiva confiable en la determinación de deficiencias o excesos minerales (Miller, 1985), aunque no más que lo que proveería el análisis de hueso e hígados, ofreciendo la ventaja de

su disponibilidad y fácil manejo sin sacrificar el animal (Pope, 1971).

En rumiantes, el incremento o decremento de la absorción de minerales a nivel intestinal obedece a una adaptación a los amplios rangos en el consumo dietético de los mismos versus sus requerimientos metabólicos; proceso mediante el cual conforma un mecanismo orgánico de control homeostático minimizando así las tendencias a sufrir deficiencias o toxicidades (Kincaid, 1983 y Miller, 1985).

Fuera de los límites nutricionales de tolerancia, la habilidad de los animales para hacer frente a procesos infecciosos cae bruscamente, exhibiendo resistencia mermada hacia las enfermedades, debido a que ocurre un deterioro en la respuesta fagocitaria, esto, además de los trastornos conformacionales y endocrinológicos (Miller, 1985).

La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica alternativa actualmente muy utilizada para la determinación de la concentración de minerales en diferentes tipos de tejido, debido a la facilidad de su uso, precisión y simplificación de marchas (Ammerman, 1983).

### **Los minerales en el suelo.**

**Situación mineral.** A consecuencia de las investigaciones científicas desarrolladas a lo largo de las últimas décadas, el seguimiento experimental concluye la necesidad de las plantas por ciertos elementos minerales indispensables en el ajuste normal de su desarrollo fisiológico (Mitchell et al, 1957). Reviste de importancia, pues, a este respecto hacer notar que es precisamente el suelo, la es-

estructura de soporte para cualquier especie vegetal, y que serán por consiguiente, sus características las que definan la situación de la planta con respecto a la concentración y disponibilidad que tenga de los elementos minerales presentes (Buckman y Brady, 1982)..

Los constituyentes más sencillos y solubles de los suelos tienden a desaparecer vía desecación, lixiviación o utilización por microorganismos y plantas; mientras que los constituidos por formas complejas, representando la mayor proporción, requieren un proceso gradual de simplificación que incrementa su facilidad de asimilación (Buckman y Brady, 1982)..

De lo anteriormente expuesto se concluye que la nutrición mineral que ofrece el suelo a las plantas no está en función de la concentración de elementos presentes en él, sino de la facilidad que exhiba el tipo de suelo para simplificarlo a formas solubles asimilables.

Las manifestaciones minerales en el suelo están sujetas a un criterio de clasificación que las divide en macro y micronutrientes (Fuentes, 1989).

**Macronutrientes.** Requeridos por las plantas en mayores cantidades, son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. La escasez de estos elementos en el suelo, su baja disponibilidad biológica y facilidad de asimilación, o su desequilibrio con el resto de los elementos nutritivos repercutirá directamente sobre la tasa de crecimiento de las plantas.

**Micronutrientes.** Hierro, manganeso, cobre, cinc, boro, molibdeno y

cloro son utilizados en cantidades muy pequeñas, aunque fundamentalmente son tan importantes como los otros.

El contenido de nutrientes menores varía según los tipos de suelos, siendo pobre en suelos arenosos gruesos, a diferencia de todos aquellos suelos pesados que generalmente poseen concentraciones adecuadas, aunque, estas no están siempre fácilmente a disposición de las plantas (Yelasco, 1992).

Las condiciones climáticas secas -época del año- favorecen las deficiencias minerales, dado que entran en detrimento de la solubilidad de los elementos y su puesta a disposición de los sistemas radiculares (Kawas y Houston, 1990).

A su vez, las condiciones climáticas extremadamente lluviosas también favorecen las deficiencias minerales, solubilizando y acarreado elementos mediante el fenómeno de la lixiviación alejándolos del perímetro de absorción radicular (Yelasco, 1992).

Las deficiencias minerales se diagnostican generalmente por los síntomas que se detectan en los forrajes, y la evaluación de la concentración mineral del suelo provee la retrospectiva del potencial forrajero que puede esperarse en un área determinada, así como la incidencia especulada de trastornos metabólicos ocasionados por deficiencias o procesos de sinergismo u antagonismo. (Davies et al, 1987)

A manera de conclusión parcial, propondremos cuatro puntos relevantes sobre los que se sientan los fundamentos de las deficien-



cias nutritivas en los suelos, y son: la concentración mineral en el suelo; las formas de combinación u asociación mineral; los procesos de simplificación mineral; y la solución del suelo y su pH (Buckman y Brady, 1982).

Buckman y Brady (1982), propone que el pH del suelo puede influir en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas de dos maneras:

1. A través del efecto directo del ión H.
2. Por su influencia sobre la asimilación de los nutrientes y la presencia de iones tóxicos, descrita en la **Tabla 1**.

**Tabla 1 Influencia del pH en la asimilación de nutrientes**

<b>pH</b>	<b>Incrementan su potencial de asimilación</b>
> 7.5	Molibdeno
= 5.0	Hierro, Manganeso, Zinc, Calcio, Potasio
< 5.0	Aluminio, Hierro y Manganeso se tornan tóxicos
muy alcalino	El Bicarbonato impide que las plantas tomen otros iones

(Buckman y Brady, 1982)

Según Foth (1975), para los sistemas radicales de las plantas, en general, un buen grado de asimilabilidad de nutrientes minerales se encuentra cercano a un pH de 6.5, situación no persistente en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, donde característicamente encontramos suelos calcáreos, en este caso, con pH alrededor a 8.5 con el obvio enmascaramiento en la disponibilidad de algunos elementos. Esta condición domina también los municipios de Bustamante y Sabinas Hidalgo, en el estado de Nuevo León. En la **Tabla 2** se presentan las formas minerales elementales en suelos.

**Tabla 2. Formas en que se presentan los macronutrientes en los suelos minerales**

<b>Formas más complejas y menos activas</b>	
<b>Nitrógeno</b>	Proteínas, aminoácidos y formas coloidales
<b>Fósforo</b>	Apatita; fosfatos de Ca, Fe y Al; fitina y ác. nucléicos
<b>Potasio</b>	Feldespatos y micas; silicatos de Al; arcillas (ilita)
<b>Calcio</b>	Feldespatos, calcita y dolomita
<b>Magnesio</b>	Mica y dolomita; montmorillonita
<b>Azufre</b>	Pirita y yeso; formas orgánicas coloidales
<b>Formas más sencillas y asimilables</b>	
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Sales amónicas
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitritos
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitratos
<b>PO<sub>4</sub>H<sup>=</sup></b>	Fosfatos
<b>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Fosfatos solubles
<b>K<sup>+</sup></b>	Iones de K coloidales y sales de K (sulfatos, carbonatos)
<b>Ca<sup>++</sup></b>	Iones de Ca coloidales y sales simples de Ca
<b>Mg<sup>++</sup></b>	Iones de Mg coloidales y sales simples de Mg
<b>SO<sub>3</sub><sup>=</sup></b>	Sulfitos
<b>SO<sub>4</sub><sup>=</sup></b>	Sulfatos

(Buckman y Brady, 1982)

## **Los minerales en las plantas.**

**Situación mineral e interrelaciones suelo-planta.** La transferencia de nutrientes del suelo a la planta está gobernada por la solubilidad y disponibilidad del elemento mineral, la capacidad de asimilación de la planta y la intervención de su sistema radicular. (Salisbury y Ross, 1985).

Las raíces de las plantas excretan grandes cantidades de anhídrido carbónico y otras sustancias ácidas, además de alimento y energía, que son aprovechadas por los microorganismos del suelo, encargados de llevar a cabo el fenómeno de simplificación de las asociaciones minerales para poner la mayor concentración de iones a disposición del sistema radicular, aumentando así, la proporción y facilidad de la transferencia de nutrientes del suelo a la planta (Bidwell,1983).

Salisbury y Ross (1985), apuntan la existencia de dos fuentes generales de nutrientes fácilmente asimilables en el suelo: los nutrientes absorbidos por los coloides (iones cargados positivamente) y las sales presentes en la solución del suelo (iones cargados negativamente).

Las plantas superiores obtienen la mayor parte del carbono y oxígeno directamente del aire, por fotosíntesis. El hidrógeno se deriva del agua del suelo, y todos los demás elementos esenciales son obtenidos de los sólidos del suelo, a excepción del nitrógeno, y son éstos, los que comunmente limitan el desarrollo de las plantas (Rojas y Merino, 1986).

Los factores que influyen en el crecimiento de las plantas superiores

son: luz; soporte mecánico; temperatura, aire, agua y otros nutrientes; y es conveniente recordar que solo la combinación favorable de todos los elementos puede apoyar significativamente el proceso. El nivel de producción forrajera no será mayor que el determinado por el más limitante de los factores esenciales del crecimiento vegetal (Bidwell, 1983).

**Minerales en la planta.** Los elementos químicos que se encuentran en las células vegetales pueden ser muchísimos, pero el hecho de encontrarlos en alguna planta no es suficiente para concluir que sea esencial para su desarrollo, ya que los minerales son absorbidos por intercambio catiónico del medio, de acuerdo a las leyes físicas y no a la importancia que tengan en el metabolismo (Salisbury y Ross, 1985).

Los elementos minerales pueden desempeñar funciones directas, aunque por supuesto, todo elemento tiene su papel metabólico específico, estas funciones consisten en ser, según Rojas y Merino (1986):

1. Partes constituyentes de las células.
2. Enzimas o coenzimas.
3. Antagonistas en el balance metabólico.
4. Amortiguadores de pH (bufferizantes).
5. Factores osmóticos.

A este respecto se señala, en la **Tabla 3**, el papel funcional de cada elemento para el desarrollo de las plantas.

**Factores que afectan el contenido mineral de los forrajes.**

Las concentraciones de elementos minerales en el forraje dependen de la interacción entre varios factores, entre los que se cuentan, el suelo

**Tabla 3. Función metabólica de los elementos en las plantas.**

<b>Nitrógeno</b>	Forma del 16-18% de las proteínas y es el elemento principal del protoplasma
<b>Fósforo</b>	Forma fosfatos de hexosa y triosa, ác. nucleicos, coenzimas y transportadores de energía. (Escencial)
<b>Potasio</b>	Adsorbido en las mitcondrias, forma parte de enzimas activas en la fosforilación oxidativa y la síntesis proteica.
<b>Calcio</b>	Se encuentra en la pared celular otorgando rigidez, y su contenido aumenta con la edad; es cofactor de enzimas en la hidrólisis del ATP y fosfolípidos. (Escencial)
<b>Magnesio</b>	Forma el núcleo de las clorofilas. (Escencial)
<b>Azufre</b>	Es parte de las proteínas y coenzima A.
<b>Hierro</b>	Forma parte del citocromo y participa en el proceso de respiración.
<b>Manganeso</b>	Induce la síntesis de clorofila.
<b>Cobre</b>	Componente enzimático que participa en la oxidación respiratoria. (Escencial)
<b>Molibdeno</b>	Componente de la No Reductasa.
<b>Zinc</b>	Interrelación con la formación de reguladores de crecimiento.
<b>Cloro</b>	Participa en la evolución del oxígeno en la fotosíntesis.
<b>Sodio</b>	Funcional
<b>Sílice</b>	Aumenta la resistencia a enfermedades
<b>Aluminio</b>	Importante en trazas; en exceso es tóxico.
<b>Cobalto</b>	Funcional en coenzimas.
<b>Iodo</b>	Componente de la iodotirosina.

---

(Rojas y Merino, 1986)

la especie forrajera, el nivel de madurez, el rendimiento, el manejo de los pastos, y el clima. Cabe mencionar, que la mayor parte de las deficiencias que ocurren naturalmente en los herbívoros están asociadas con regiones específicas y las características del suelo. Ahondando lo anterior, añadiremos que, la tasa de absorción de minerales del suelo por los forrajes puede ser modificada, a favor, por

la características de desagüe que exhiba el suelo (Mn y Co); y disminuyendo la disponibilidad, por aumentos del pH en los casos de elementos como Fe, Mn, Zn, Cu y Co (Volkweiss y Rodríguez, 1978).

Para la mayoría de los elementos minerales, existen plantas que fungen como "acumuladoras", es decir, que contienen niveles sumamente altos de un mineral específico. Al madurar las plantas, su contenido mineral disminuye a consecuencia de un proceso natural de dilución y a la traslocación de los nutrientes al sistema de raíces (Rojas y Merino, 1986). Según Underwood (1981) generalmente los elementos P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn y Mn disminuyen su concentración en proporción directa con la maduración de la planta.

**Toxicidad, deficiencias y desbalances minerales.** Las deficiencias minerales en plantas, según Rojas y Merino (1986), pueden reconocerse por su aspecto, aún y cuando es necesario apoyar el diagnóstico incluyendo un análisis foliar (ver la **Tabla 4**).

Existen elementos no esenciales, que la planta absorbe en ciertas condiciones que pueden resultar nocivos para el ganado; de igual modo, algunos elementos esenciales son tóxicos cuando se absorben en exceso (McDowell y Kiatoko, 1982).

Algunos iones inhiben la absorción de otros o bien contrarrestan su función metabólica (Salisbury y Ross, 1985), convirtiéndose en verdaderos factores antagónicos, que por citar algunos ejemplos tenemos:

1. Fe es antagónico del Mn
2. Mg no es tóxico pero induce deficiencia de K

3. P al acumularse en los tejidos de la planta determina que al pasar el Fe precipite induciendo clorosis.
4. Ca es antagónico del Mn
5. K es antagónico del Ca en su acción metabólica.

También ocurre el fenómeno de sinergismo dentro de la planta, entre los elementos minerales, y representa el proceso por el cual un ión favorece la absorción de otro o refuerza su acción metabólica, por ejemplo, el Na y K; el boro capacita a la planta a absorber mejor el Ca (Salisbury y Ross, 1985).

**Tabla 4. Síntomas característicos de deficiencias vegetales de algunos minerales**

<b>Nitrógeno</b>	Planta desmedrada y clorótica. Regiones afectadas amarillas.
<b>Fósforo</b>	Crecimiento lento; enanismo. No hay clorosis ni necrosis.
<b>Azúfre</b>	Planta no muy desmedrada. Hojas verde-pálido.
<b>Calcio</b>	Planta leñosa y desmedrada.
<b>Potasio</b>	Planta no muy desmedrada pero con áreas necróticas.
<b>Hierro</b>	Clorosis general acentuada.
<b>Magnesio</b>	Clorosis mayor en partes viejas.
<b>Manganeso</b>	Clorosis mayor en ápice.

(Rojas y Merino, 1986)

**Absorción de nutrientes.** (Salesbury y Ross, 1985). Las sales del suelo no pueden entrar a la célula por mera difusión, pues como la membrana es semipermeable no permite, por definición, que la atraviesen los solutos, sino sólo los solventes.

Las sales minerales sirven a la planta como nutrientes inorgánicos pa

ra construir sus moléculas de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, etc. y son tomadas del suelo en forma ionizada; la entrada de iones es, pues, de primordial importancia metabólica y de gran interés fisiológico. La absorción iónica está gobernada por el equilibrio de Donnan, que toma en cuenta el efecto de los iones no difusibles.

### **Los minerales en los tejidos animales.**

**Función.** Los minerales desarrollan muchas funciones que guardan una relación directa o indirecta con el crecimiento animal. Contribuyen a mantener la rigidez de los huesos y de los dientes, y representan una parte importante de las proteínas y lípidos del organismo animal. Además, conservan la integridad celular mediante las presiones osmóticas y son un componente de muchos sistemas enzimáticos que catalizan las reacciones metabólicas en los sistemas biológicos (Hafez y Dyer, 1980).

**Fuentes.** Los animales disponen de dos fuentes primarias para la obtención de elementos inorgánicos, mediante alimentos naturales y suplementos. Aún cuando las plantas pueden proporcionar una buena parte de los minerales precisos, la suplementación de minerales constituye una práctica necesaria en los animales bien nutridos (Underwood, 1981), según el tipo de explotación zootécnica en particular y los objetivos de producción que la misma empresa se plantee.

El contenido mineral de los vegetales depende primariamente de la especie forrajera, abundancia del elemento en el suelo y de las condiciones persistentes durante el crecimiento de la planta, y en consecuencia, sobre su captación de minerales (Valdes et al, 1988).



**Absorción, deficiencia y excreción.** La absorción de minerales depende de muchos factores, entre los que se incluyen, la cantidad del elemento ingerida, edad del animal, pH del contenido intestinal, respuesta del animal a deficiencias, excesos o contenidos apropiados de minerales, presencia de otros minerales o nutrientes antagónicos (Bondi, 1989).

Las deficiencias, toxicidades y/o desbalances de los minerales presentes en los suelos y forrajes de los agostaderos son los principales responsables de los pobres índices productivos que se presentan en el ganado explotado bajo condiciones extensivas ya que la mayoría de los rumiantes bajo estas condiciones dependen principalmente del forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Ammeman y Goodrich, 1983). Las áreas donde existen deficiencias o excesos de minerales están asociadas geográficamente con los niveles correspondientes de minerales en el suelo (Volkweiss y Rodríguez, 1978). Por lo tanto, la absorción de estos elementos por las plantas está correlacionada de manera altamente significativa con su contenido y disponibilidad en el suelo (Yelasco, 1992).

En un suelo en particular, la absorción de estos elementos inorgánicos por las plantas será proporcional a su concentración en el suelo, cuando ésta no sea excesiva en relación a la capacidad de absorción de las plantas o cuando no les causen disturbios fisiológicos. Consecuentemente, de acuerdo con las necesidades de la planta, estando un elemento en concentración baja, alta o excesiva en el suelo, la planta sufrirá una deficiencia, suficiencia o toxicidad del elemento en cuestión, respectivamente. Obviamente la variación desde la carencia hasta la toxicidad es continua (Valdes et al., 1988 b).

Yolkweiss y Rodríguez (1978), y Hafez y Dyer (1980) indican que la deficiencia o toxicidad de un elemento provoca desequilibrios en la absorción de otros elementos, y en ambos casos el desarrollo de la planta es perjudicado. La ausencia de ciertos microorganismos en el suelo pueden ser también causa de concentraciones deficientes o tóxicas de algunos elementos para las plantas (Salisbury y Ross, 1985).

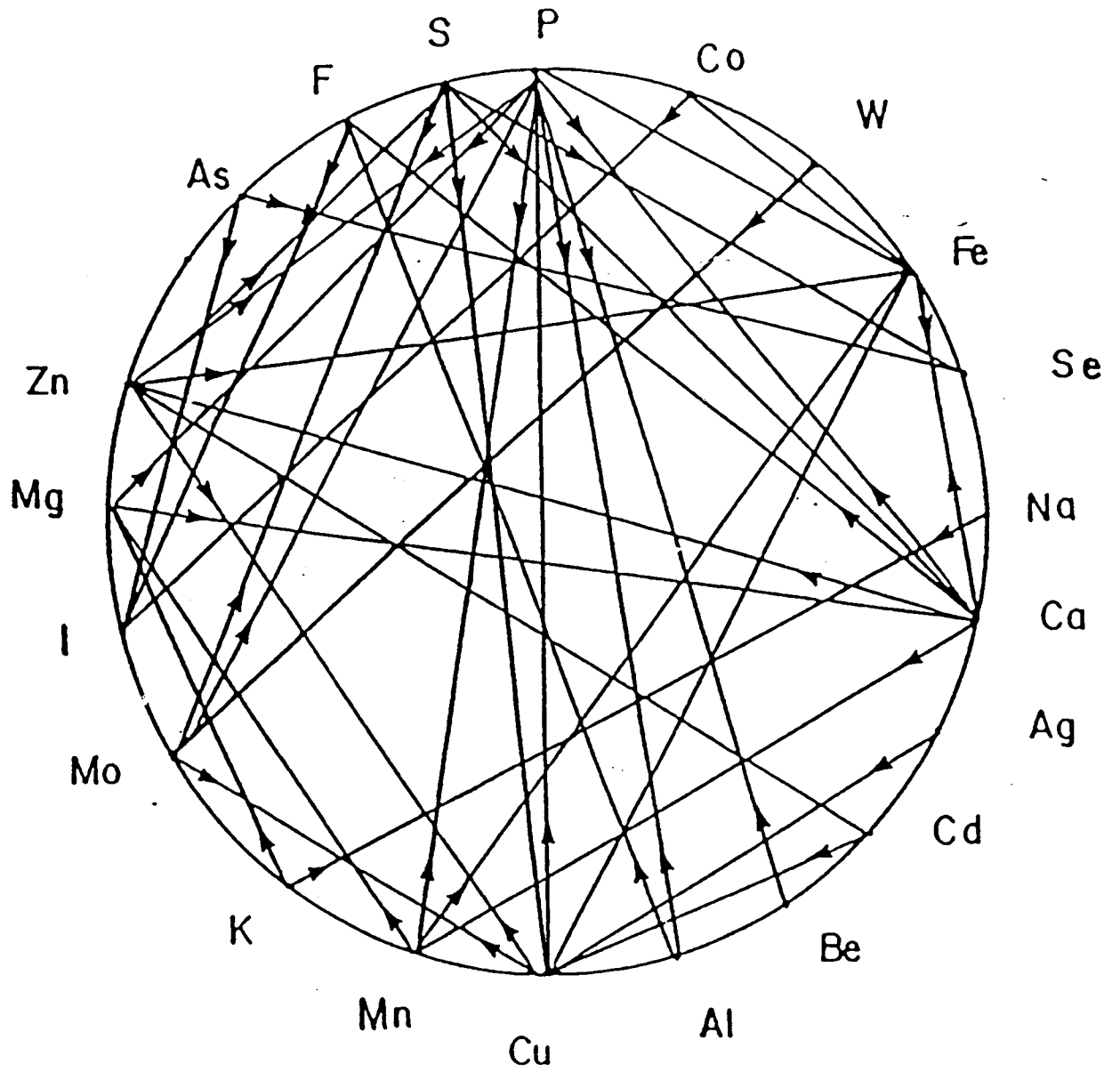
En la **Figura 1** (Incluída en resultados y discusiones) se muestran las interrelaciones minerales existentes en el metabolismo animal; se hace notar, que las flechas indican el antagonismo existente entre los elementos, es decir, por ejemplo, que en el caso de la relación entre calcio y fósforo, ambos son mutuamente antagónicos(indicado con dos flechas encontradas), o sea que, el que se encuentre en mayor concentración enmascarará la disponibilidad y utilización del otro; mientras que en el caso de la relación calcio-cinc, por ejemplo, la flecha va desde el calcio y apunta hacia el cinc, significando que, a concentraciones altas de calcio, la utilización y disponibilidad del cinc será enmascarada en algún grado (Hafez y Dyer, 1980). A manera de observación especial, se ha de notar, que una figura del tipo a la anteriormente expuesta, puede ser obtenida para condiciones específicas de una explotación, con sus comportamientos específicos e incluso cuantificaciones estadísticas, mediante el análisis de un estudio de correlaciones minerales dentro de tejidos y entre tejidos<sup>1</sup>.

Las plantas con problemas de deficiencia o toxicidad constituyen forraje de bajo valor nutritivo para los animales en pastoreo. Estos fo

---

<sup>1</sup> Ing. Olga Fresnillo Molina. 1992. Depto. de Zootecnia. ITESM. Monterrey, México.

Figure 1 Mineral Interrelationships



rrajes tienen un rendimiento de materia seca por hectárea menor al del potencial genético de la especie o variedad. Los animales, aun ingiriendo cantidades normales de este forraje, no solamente podrán tener deficiencias de minerales, sino también de otros nutrientes. Por lo tanto, la calidad y cantidad de alimento en un forraje depende directamente de la disponibilidad de elementos esenciales y no esenciales para la planta en el suelo (Yólkweiss y Rodríguez, 1978).

Los forrajes considerados como especies claves de utilización para el ganado en pastoreo en los municipios de Bustamante y Sabinas Hidalgo, N. L., corresponden al tipo de los ubicados como típicos del semidesierto mexicano, y son, no en orden de importancia:

Los zacates	Tres barbas	( <u>Bouteloa trifide</u> )
	Buffel	( <u>Cenchrus ciliaris</u> )
	Tobozo	( <u>Hilaria mútica</u> )

Matorrales micrófilos como son:

	Cenizo	( <u>Leucophyllum frutescense</u> )
	Chaparro prieto	( <u>Acacia rigidula</u> )
	Hojasén	( <u>Fluorencia cernua</u> )
	Anaca huita	

Los cuales, en general, se caracterizan por su baja disponibilidad y más aún, su bajo contenido protéico y estructura altamente lignificada, información que concuerda con la obtenida por Gartenberg et al (1989) y Guevara (1982), y que representa una situación especialmente difícil durante la época de sequía en que los animales se hallan limitados a completar sus requerimientos de consumo de forrajes; y como si esto fuera poco, aún se intercala un problema de gran significancia en la estabilidad de los índices productivos y repro

ductivos pecuarios; junto con el deterioro de la calidad bromatológica del forraje, se hacen tangibles las deficiencias, toxicidades y desbalances minerales presentes en la zona.

Los minerales son compuestos inorgánicos que participan directamente en funciones del metabolismo básico, como son, crecimiento, regulación de presiones osmóticas o como catalizadores enzimáticos, y su contenido en los forrajes está limitado por su abundancia en el suelo, disponibilidad biológica para la absorción radicular, especie forrajera, estado de madurez y sistema de pastoreo, además de condiciones como son pH, humedad y clima entre otras (Miller, 1974).

Según Bondi (1989), todos los animales pueden padecer deficiencias minerales, que pueden estar originadas por:

1. Una cantidad subóptima de un determinado elemento en el pienso.
2. Desequilibrio de otro mineral que reduce la absorción.
3. Cualquier alteración que incremente la tasa de eliminación del elemento en el intestino.
4. Un antagonismo metabólico que determine una necesidad superior del elemento en el animal.
5. Ahondando el tema, se propone ver la **Tabla 5**, la cual propone las condiciones generales para la absorción de minerales.

Es importante hacer notar que los términos "desequilibrio" y "deficiencia" no son sinónimos, aunque cualquiera de estos trastornos puede provocar el otro (Bondi, 1989) y ser potencialmente tan fuerte el desbalance ocasionado que alcance niveles "críticos".

**Tabla 5. Condiciones para la absorción de minerales.**

<b>Elemento</b>	<b>Organo de absorción</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Forma química</b>	<b>Condiciones que favorecen la absorción</b>
<b>Calcio</b>	Duodeno y yeyuno	T. A. estimulados por vitamina D	Ca <sup>++</sup>	Dietas pobres en Ca y P, fitato oxalatos y fosfatos; presencia de vit. D, lactosa, ác. cítrico y amoniacos; acidez intestinal.
<b>Cloruro</b>	I.D.	T. A.	Cl <sup>-</sup>	
<b>Magnesio</b>	I. D.	T. A.	Mg <sup>++</sup>	Nivel bajo de amoniaco
<b>Fósforo</b>	Duodeno	T. A.	Fosfatos	Prescencia de K; escacez de Ca, Fe y Mg; condición de acidez
<b>Potasio</b>	I. D.	T. A.	K <sup>+</sup>	
<b>Sodio</b>	I. D.	T. A. (hexosa)	Na <sup>+</sup>	
<b>Azufre</b>	I. D.		Sulfatos, cistina, metionina	
<b>Cobalto</b>	I. D.		Hexavalente	Ausencia de jugo gástrico
<b>Cobre</b>	Tubo digestivo	T. A.	Cu <sup>++</sup>	Mayor acidez intestinal; escacez de carbonatos Mo, sulfato y zinc
<b>Flúor</b>	I. D.		NaF	Escacez de Ca y Al
<b>Iodo</b>	Intestino		Yoduros inorg.	
<b>Hierro</b>	Duodeno	T. A.	Fe <sup>++</sup>	Acidez favorecida por la manosa, fructuosa y glucosa; proteína dietética apropiada
<b>Manganeso</b>	I. D.	T. A.	Mn <sup>++</sup>	[] bajas de Ca, P y Fe
<b>Molibdeno</b>	Tubo digestivo		hexavalentes	Dietas pobres en sulfatos
<b>Selenio</b>	I. D.		Org. e Inorg.	[] bajas de S; condición de acidez
<b>Zinc</b>	Duodeno		Zn <sup>++</sup> , CO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , óxido.	Dieta con escaso contenido de ácido ftico.

T.A.(Transporte activo); I.D. (Intestino delgado)

(Hafez y Dyer, 1980)

Las pautas y tasas de excreción de los elementos inorgánicos exhiben comportamientos variables. Algunos se eliminan casi totalmente con casi por completo con la orina, mientras que algunos son excretados por ambas vías (Bondi, 1989; Hafez y Dyer, 1980; Miller, 1974).

A nivel tisular, los animales necesitan esencialmente la misma cantidad de minerales por unidad comparable de función realizada (NRC, 1984). Los factores que influyen sobre las necesidades dietéticas de minerales, según las investigaciones propuestas por Bondi (1989); Hafez y Dyer (1980); McDowell *et al* (1983) son:

1. Cantidad de alimento ingerido por unidad de peso.
2. Tasa de crecimiento.
3. Funciones u objetivos productivos de la especie.
4. Temperatura ambiente.
5. Clase de alimento, en función de su digestibilidad y liberación de nutrientes disponibles.
6. Forma en que es ingerido el elemento.
7. Equilibrio dietético con otros nutrientes (la formación de jabones cálcicos puede influir sobre la absorción de algunos elementos al cambiar el pH del intestino).
8. Nivel de productos antagónicos que aparece en la ración.
9. Edad del animal (tasa de absorción más altas en animales jóvenes que en adultos)
10. Salud del animal.

### **Importancia nutritiva de los minerales para los animales.**

**Utilización.** Los minerales son elementos que el cuerpo requiere en proporciones bastante pequeñas para su crecimiento, conservación y reproducción. La valoración de los elementos contenidos en los alimeno

tos y suplementos minerales, depende no sólo del contenido mineral absoluto, sino también de la magnitud de su absorción y utilización por los animales. La determinación de la digestibilidad aparente de los minerales no es significativa, ya que la excreción fecal incluye minerales no absorbidos y de origen endógeno (Church, 1989).

### **Efecto de las deficiencias y desequilibrios y su prevención.**

La ingestión prolongada de raciones deficientes, desequilibradas o con altos contenidos en ciertos minerales, determinan cambios en la concentración en los tejidos animales, por debajo o por encima de los límites permisibles (Gartenberg *et al.*, 1989). En esas circunstancias, las funciones fisiológicas pueden verse afectadas negativamente (Loosli y Beltrán, 1978). Los trastornos nutricionales provocados, además de los síntomas externos, determinan retrasos en el crecimiento, peor utilización de los alimentos y productividad, así como trastornos en la fertilidad y estado sanitario general (Miller, 1985). Estos trastornos de la nutrición oscilan desde la deficiencia mineral grave o la intoxicación, acompañadas de alta mortalidad, hasta situaciones intermedias que se presentan con cierta frecuencia debido a deficiencias minerales locales (Valdes *et al.*, 1988b).

Afortunadamente, los casos graves de deficiencias o intoxicaciones suelen ser raros en condiciones prácticas. Para la mayoría de los elementos esenciales se han determinado las necesidades mínimas y las tolerancias máximas que los animales son capaces de soportar, antes de incurrir en síntomas característicos críticos (NRC, 1980).

En la **Tabla 6** se enuncian los síntomas característicos de exceso o deficiencia de algunos minerales.



**Tabla 6. Signos y síntomas de deficiencias y excesos de minerales**

<b>Elemento</b>	<b>Excesos</b>	<b>Deficiencias</b>
<b>Calcio</b>	Reducción del crecimiento, especialmente de los huesos; osteoporosis y osteomalacia; hiperirritabilidad y tetania; hemorragias	Hipercalcemia idiopática; síndrome de leche alcalina; hipercalcuria; cálculos renales
<b>Cloro</b>	Alcalosis; deficiencia de K; lesiones renales; hiperexcitabilidad	
<b>Magnesio</b>	Irritabilidad del SNC; susceptibilidad a arteriosclerosis; vasodilatación	Depresión del SNC y cardiovascular
<b>Fósforo</b>	Disminuye crecimiento corporal y óseo; raquitismo	
<b>Potasio</b>	Susceptibilidad a infecciones y reducción del crecimiento	Hipercalcemia
<b>Sodio</b>	Disminución del crecimiento	Hipertensión
<b>Azufre</b>	Disminuye la síntesis de metionina, cisteína, tiamina y biotina	
<b>Cobalto</b>	Anorexia, anemia e incoordinación	
<b>Cobre</b>	Anemia; disminución del crecimiento y eficiencia reproductiva; opacidad del pelo; anomalías óseas	Hemólisis; ictericia y muerte
<b>Flúor</b>	Esmalte menos denso	Deformación dental y anorexia
<b>Iodo</b>	Bocio; disminuye estatura física	
<b>Hierro</b>	Anemia; fatiga; resistencia minada a infecciones	Los excesos no se absorben en los individuos normales
<b>Manganeso</b>	Ovulación defectuosa; degeneración testicular; deformidad congénita	
<b>Molibdeno</b>		Diarrea; pérdida de peso; opacidad del pelo
<b>Cinc</b>	Lesiones en la piel; atrofia de los túbulos seminíferos; retraso en el crecimiento de testículos y órganos sexuales secundarios en machos.	

(Hafez y Dyer, 1980)

Las sustancias inorgánicas y orgánicas que las acompañan ejercen mayor influencia sobre la utilización de ciertos minerales que las interacciones mutuas entre los nutrientes orgánicos (proteínas, grasas y carbohidratos) al ser ingeridos en proporciones distintas a las normales (Lebdosoekojo et al, 1980).

La absorción adecuada de minerales al metabolismo animal depende de la edad, raza y fin zootécnico, y ha demostrado<sup>1</sup> (Fresnillo, 1992):

1. Reducir hasta en un 29% la tasa de abortos y distocias al parto con respecto al índice de pariciones.
2. Incrementar el peso de los becerros al destete hasta en un 26% y 17% en el peso a los 18 meses.
3. Fuerte disminución en el índice de mortalidad de 45% antes del destete.

Por otro lado, su concentración excesiva o deficiente puede ocasionar trastornos que van desde ámbitos conformacionales hasta muerte por intoxicaciones, o "simplemente" deterioro de la capacidad productiva (Bondi, 1989).

Las interrelaciones entre minerales o las interacciones entre minerales y compuestos orgánicos, pueden determinar mayores o menores utilidades de los minerales (Yaldes et al, 1988a). El exceso de ciertos iones en el medio básico del intestino, pueden determinar la precipitación de sales insolubles y reducir la utilización de los elementos respectivos (Bondi, 1989).

Por otra parte, existen componentes de los alimentos como los aminoácidos y péptidos que mejoran la absorción de ciertos minerales

al formar quelatos solubles. Generalmente, los quelatos son compuestos solubles formados entre un compuesto orgánico y un ión metálico (Pope, 1971). Uno de los agentes quelantes más potentes es el compuesto sintético EDTA (ácido etilendiaminotetraacético).

### **Macrominerales.**

**Calcio y fósforo.** (Bondi, 1989; Grunes y Welch, 1989; Kiatoko et al., 1982; Rosa, Henry y Ammerman, 1982)

**Metabolismo en los huesos.** El hueso no es un depósito estático de minerales que sirve únicamente para una función estructural, sino que se encuentra en estado dinámico. Los huesos sirven como reserva de calcio y fósforo que pueden movilizarse cuando el aporte de estos minerales es insuficiente para cubrir las necesidades del organismo. Por tanto, el metabolismo mineral del hueso supone, no sólo la acreción de calcio y fósforo durante el crecimiento, sino también el intercambio continuo entre los huesos y la sangre.

Los macroelementos absorbidos (calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio) alcanzan la sangre, que actúa como intermediario para el intercambio de calcio, magnesio y fósforo entre los diversos órganos.

Las concentraciones de calcio y fósforo en sangre se mantienen a nivel constante (mecanismo de control homeostático) por la acción reguladora de tres hormonas: hormona paratiroidea (PTH), calcitonina y el metabolismo activo de la vitamina D<sub>3</sub> 1,25dihidroxicolecalciferol (1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>). Estas hormonas controlan la absorción de calcio y fósforo en el tracto gastrointestinal, influyen sobre la deposición y resorción en el hueso y afectan al grado en que se excretan por las heces y la orina.

**Funciones en los tejidos blandos y líquidos orgánicos.** Las pequeñas cantidades de calcio (1%) y fósforo (20%) existentes en los tejidos blandos y líquidos orgánicos tienen funciones importantes.

El calcio controla la excitabilidad de los nervios y músculos, y es necesario para la coagulación normal de la sangre debiendo encontrarse para la transformación de la protrombina en trombina. La presencia de calcio es necesaria para la activación de ciertas enzimas como la tripsina y la adenosinatrifosfatasa.

Se conocen más funciones del fósforo que de ningún otro elemento en el organismo animal. Funciona en el metabolismo energético como componente de las sustancias ricas en energía como el ADP, ATP y la fosfocreatina. Las reacciones metabólicas de los carbohidratos, proteínas y lípidos se realizan a través de compuestos intermediarios fosforilados. El fósforo forma parte de los fosfolípidos, que son importantes en el transporte de lípidos y su metabolismo, y como componente de las membranas celulares. El fosfato forma parte del RNA y DNA, componentes celulares vitales, esenciales para la síntesis proteica. El fosfato forma parte de sistemas enzimáticos como la cocarboxilasa y NAD.

**Absorción en el tracto digestivo.** La correcta nutrición del calcio y el fósforo depende, no sólo del adecuado aporte en la ración, sino de su relación en la ración y la presencia de otros compuestos o iones en la misma. La vitamina D es el compuesto más importante que afecta a la utilización del calcio y fósforo. Además existen numerosos factores que afectan a su solubilidad en el punto de contacto con las membranas de absorción. Las cantidades excesivas de calcio o fósforo

interfieren la absorción del otro elemento al descender la solubilidad del producto fosfato cálcico. La ingestión abundante de sales de hierro, aluminio y magnesio interfieren la absorción del fósforo al formar fosfatos insolubles.

En los animales monogástricos, una relación calcio:fósforo comprendida entre 1:1 y 2:1 puede resultar óptima. El aporte de vitamina D reduce considerablemente la importancia de relaciones de calcio:fósforo adversas; la exposición de los animales a la luz del sol es suficiente para producir la cantidad de vitamina D necesaria. Los rumiantes en crecimiento pueden tolerar un amplio intervalo en la relación calcio:fósforo, incluso hasta de 7:1.

El principal lugar de absorción del calcio y el fósforo, en la mayoría de las especies, es el duodeno, segregándose cantidades considerables de estos minerales en la porción final del intestino delgado. La absorción del calcio en los rumiantes oscila entre el 22 y el 55%, en tanto que la del fósforo es del 55% y en el ganado vacuno desciende con la edad.

**Síntomas de deficiencia.** El raquitismo se caracteriza por malformación de los huesos, articulaciones engrosadas, cojeras, fracturas y paso envarado, y es característico de animales jóvenes principalmente. En adultos, la enfermedad se denomina osteomalacia, que puede deberse a la excesiva movilización de minerales del hueso. La osteoporosis es otro trastorno del metabolismo del hueso de los animales adultos causado por la deficiencia en calcio. Es importante hacer notar, que los animales son más sensibles a la deficiencia en fósforo que a la de calcio, ya que el mineral del hueso se moviliza con

menos facilidad para mantener el nivel de fósforo en el suero que el calcio. Por tanto, un bajo nivel de fósforo inorgánico en el suero puede ser indicativo de una deficiencia en fósforo, el primer síntoma de la deficiencia en fósforo es la anorexia (pérdida de apetito). Las deficiencias que se presentan de forma natural suelen ser múltiples, desarrollándose en los animales afectados una tendencia a masticar e ingerir objetos variados no nutritivos como arena, madera y huesos. Este comportamiento recibe el nombre de pica.

**Efectos de excesos.** El exceso de fósforo en la ración respecto al calcio puede dar lugar a un trastorno óseo denominado hiperparatiroidismo nutricional secundario. El exceso de fósforo reduce la absorción de calcio, y por consiguiente, la calcemia desciende. Este efecto estimula la liberación de la hormona PTH que determina la movilización del calcio de los huesos para mantener el nivel en sangre. El esqueleto desmineralizado se substituye por tejido conjuntivo. Otro trastorno causado por la ingestión excesiva de fósforo es la urolitiasis. Se trata de la formación de cálculos en el riñón o la vejiga con la consiguiente obstrucción para la secreción de orina. El exceso de calcio en la ración reduce la absorción y utilización de los minerales, especialmente del fósforo y los minerales traza.

**Magnesio.** (Bondi, 1989; Grunes y Welch, 1989; Kiatoko et al., 1982; Miller, 1985).

**Función.** El magnesio guarda mucha relación con el calcio y el fósforo del organismo. Aproximadamente el 70% del magnesio del organismo se localiza en el esqueleto y el 30% se distribuye en los tejidos blandos y líquidos. Aproximadamente un 75% del magnesio de la sangre

se encuentra en los eritrocitos; el suero sanguíneo contiene 2-4 mg de magnesio ionizado por 100 ml. Además de ser un componente esencial de huesos y dientes, el magnesio es necesario para la fosforilación oxidativa que conduce a la formación de ATP. Por consiguiente participa en el metabolismo de los carbohidratos y lípidos, y en la síntesis de proteína.

**Absorción.** Los rumiantes requieren raciones que contengan 0.20% de magnesio en la materia seca, el magnesio se absorbe en los rumiantes principalmente a través del reticulorumen.

**Sodio, potasio y cloro.** (Bondi, 1989; Grunes y Welch, 1989; Kiatoko *et al.*, 1982; Miller, E., 1985; Miller, W., 1974).

**Distribución en el organismo y funciones.** Estos tres minerales se estudian juntos por la semejanza de sus funciones y distribución en el organismo, se encuentran fundamentalmente en los líquidos orgánicos y tejidos blandos, mantienen la presión osmótica, regulan el equilibrio ácido-base y controlan el metabolismo del agua en los tejidos. Son esenciales para el funcionamiento de los sistemas enzimáticos. La conducción y transmisión neural y muscular son altamente dependientes de los niveles adecuados de sodio, potasio y magnesio.

**Absorción y regulación metabólica.** Los iones de Na, K y Cl se absorben en el tracto gastrointestinal de los rumiantes. Las necesidades de Na y Cl en rumiantes son del orden de 0.1 - 0.2% de la materia seca, para cada uno de los elementos. Las necesidades de potasio son, aproximadamente, 0.6 - 0.8%. Por otra parte, el sodio y

en menor grado el cloro, no siempre se encuentran en las raciones normales en cantidades suficientes. Por consiguiente, lo normal es suplementar las raciones con sal común. El exceso de cloro en la ración puede producir acidosis y el exceso de sodio alcalosis.

**Azufre.** (Bondi, 1989; Lesperance et al., 1985; Kiatoko et al., 1982; Miller, 1985).

La mayor parte del azufre del organismo de los animales y de los alimentos, se encuentra en las proteínas que incluyen los aminoácidos que contienen azufre, cistina, cisteína y metionina; sólo una pequeña cantidad de azufre se encuentra en forma inorgánica, principalmente sulfatos.

Las cantidades excesivas de sulfatos reducen la ingestión de alimentos y afectan negativamente a los animales al rebajar la utilización de otros minerales como el cinc y el manganeso. Las necesidades de azufre estimadas para el ganado vacuno son de 0.20%; el máximo debe limitarse a 0.35% de la ración.

### **Microminerales.**

**Hierro.** (Bondi, 1989; McDowell et al., 1982; Miller, 1985; Rosa, Henry y Ammeman, 1982).

**Distribución y funciones.** La hemoglobina, mioglobina y varias enzimas respiratorias contienen hierro quelado en forma de un complejo de porfirina, hem, que se une a un componente proteico que es distinto para cada uno de estos compuestos activos. La hemoglobina funciona como transportador de oxígeno en los procesos respiratorios debido a que los enlaces entre el hierro y la globina estabilizan el Fe en estado ferroso permitiéndole ligarse de forma reversible con el O<sub>2</sub>



La hemoglobina transporta oxígeno entre los pulmones y los tejidos. Los hematíes y la hemoglobina se destruyen y reemplazan constantemente. El hierro mantiene un metabolismo muy activo en el organismo. El hierro liberado en la destrucción normal de los hematíes se emplea para la resíntesis de hemoglobina que tiene lugar en la médula ósea para reemplazar a la hemoglobina catabolizada. Debido al eficiente reciclado del hierro, las necesidades en este mineral de los animales domésticos, son relativamente bajas (25 - 100 mg por cada kg de materia seca de la ración).

**Absorción del hierro.** El hierro es absorbido en la luz intestinal por las células de la mucosa.

1. La absorción del hierro está relacionada con las necesidades orgánicas y es más eficiente en los animales jóvenes que en los adultos.
2. Los compuestos hem presentes en los alimentos de origen animal, como la harina de pescado, se absorben mejor que el hierro de los alimentos de origen vegetal, que contienen principalmente sales inorgánicas de hierro.
3. La magnitud de absorción del hierro se vé afectada por los quelatos, algunos de los cuales (ácido ascórbico o cisteína) favorecen la absorción, en tanto que otros la inhiben. La absorción del hierro se reduce por otros iones bivalentes (cinc, manganeso, cobalto) que se considera compiten por los puntos de enlace en la mucosa intestinal. Los fosfatos y fitatos interfieren la absorción del hierro al formar sales de hierro insolubles. El cobre interviene de forma muy importante en la utilización del hierro, ya que

el cobre se encuentra en la enzima ferroxidasa que facilita la liberación del hierro de la ferritina en las células de la mucosa intestinal.

**Necesidades y deficiencia.** Las necesidades de hierro son bajas en los animales adultos, 25-40 ppm en base seca en las raciones de rumiantes. La administración de compuestos de hierro a las hembras gestantes, puede servir para incrementar los niveles de hemoglobina en sangre y las reservas de hierro e los animales recién nacidos, si bien, no aumenta el contenido en hierro de la leche por la administración del mismo.

La anemia es el síntoma principal de la deficiencia de hierro con depleción de sus reservas en el organismo, es decir, la reducción de hematíes y menor contenido en hemoglobina en sangre.

**Cobre.** (Bondi, 1989; Hafez y Dyer, 1980; McDowell *et al.*, 1982).

El cobre es esencial para el crecimiento y prevención de una serie de trastornos clínicos y patológicos en toda clase de animales. La deficiencia de cobre en el ganado vacuno en pastoreo se considera como uno de los problemas de mayor importancia práctica en muchas partes del mundo. Es consecuencia de la ingestión de cantidades demasiado bajas de cobre o de sustancias que interfieren su utilización, presentes en los pastos, como el molibdeno y los sulfatos.

**Funciones.** El Cu forma parte de diversas enzimas con función oxidasa, y es necesario para la utilización del Fe en la síntesis de hemoglobina, produciéndose la anemia por deficiencia en Cu o en Fe.

Su deficiencia en los rumiantes se manifiesta con notables trastornos óseos y fracturas espontáneas; depigmentación y marcados cambios en el crecimiento y aspecto físico del pelo; grave diarrea asociada con atrofia de la mucosa del intestino delgado, que puede determinar un síndrome de mala absorción.

**Utilización.** La absorción del cobre y, por consiguiente, las necesidades en este mineral están notablemente afectadas por los demás componentes de la ración. Las necesidades de cobre en la ración del ganado bovino de carne son de 5 ppm normalmente, y notablemente superiores cuando existen molibdeno y sulfatos.

**Síntomas de exceso.** Al consumir cantidades excesivas de cobre, los rumiantes lo acumulan en gran cantidad en el hígado. Los síntomas de intoxicación se deben a la liberación de grandes cantidades de cobre del hígado a la sangre, produciendo hemólisis considerable.

**Cobalto.** (Bondi, 1989; McDowell et al, 1982; Miller, 1985; Underwood, 1977)

**Función.** La única función fisiológica comprobada del cobalto es su papel como parte integrante de la molécula de la vitamina B<sub>12</sub>. Es necesario para los microorganismos del rumen para la síntesis de esta vitamina, que a su vez es necesaria para los tejidos del animal hospedador. La vitamina B<sub>12</sub> participa en la degradación del ácido propiónico que se produce en la fermentación del rumen y que sirve como fuente de energía en estos animales.

**Deficiencia.** La deficiencia en cobalto se presenta en los rumiantes

en pastoreo con diferentes grados de intensidad, y se caracteriza por trastornos no específicos como reducción en la ingestión de alimentos, pérdida de peso, retraso del crecimiento, consunción de los músculos del esqueleto, emaciación, degeneración grasa del hígado, etc. Las manifestaciones clínicas de la deficiencia en cobalto son semejantes a las de la malnutrición y no son lo suficientemente específicas como para permitir hacer el diagnóstico.

**Manganeso.** (Bondi, 1989; Hafez y Dyer, 1980; McDowell et al., 1982; Miller, 1985).

**Funciones.** El manganeso es difícilmente absorbido por las plantas y animales. Como componente de diversas enzimas, el manganeso realiza funciones bioquímicas específicas en el organismo, por ejemplo, interviene en el metabolismo de los carbohidratos y grasas. Es necesario como cofactor de la enzima que cataliza la conversión del ácido mevalónico en escualeno y es necesario para la síntesis del colesterol; protege la integridad de la membrana celular.

**Deficiencia.** Las consecuencias de la deficiencia son deformaciones del esqueleto, retraso del crecimiento, trastornos de la reproducción y anomalías en los recién nacidos.

**Cinc.** (Bondi, 1989; McDowell et al., 1982; Miller, 1985).

**Funciones.** Es el componente integral de varias enzimas como las lactato, malato y glutamato deshidrogenasas, fosfatasa alcalina, carboxipeptidasas A y B y la carbónico anhidrasa. Como componente de las RNA y DNA polimerasas interviene en las síntesis de proteína.

**Deficiencia.** Las enzimas que contienen cinc participan en procesos

primarios del metabolismo proteico y división celular, habiéndose observado las siguientes manifestaciones de la deficiencia de cinc en los animales: retraso del crecimiento, menor consumo de alimentos, mala transformación del pienso, menor rendimiento en la reproducción y anomalías en la piel y pelo. La cicatrización de las heridas se retrasa en los animales deficientes en cinc.

**Iodo.** (Bondi, 1989; McDowell et al., 1982; Miller, 1985).

**Función.** La única función conocida del iodo es como componente de la hormona tiroxina. Esta hormona es la única que contiene un componente inorgánico. Su función primaria es el control del ritmo de oxidación celular. Las hormonas tiroideas aceleran las reacciones celulares en casi todas las células del organismo, determinando un mayor consumo de oxígeno y un incremento en el ritmo metabólico basal. Si la ración contiene cantidades insuficientes de iodo, la productividad del animal se ve afectada, manifestándose un aumento de tamaño de la glándula tiroides, conocido con el nombre de bocio.

Los ioduros ingeridos con los alimentos se absorben en el aparato digestivo y pasan a la circulación.

**Selenio.** (Bondi, 1989; McDowell et al., 1982; Miller, 1985; Spears et al., 1986).

**Funciones.** Como elemento esencial guarda relación funcional con la vitamina E, ya que ambos participan en la defensa de la célula contra los daños oxidativos debidos a los metabolitos reactivos de los lípidos. Forma parte de la enzima de la sangre glutatión peroxidasa, y es necesario para la integridad y el funcionamiento normal del páncreas.

**Deficiencia.** Su deficiencia puede ocasionar algunas enfermedades, como son: distrofia muscular nutricional, enfermedad cardiaca, diátesis exudativa y fibrosis pancreática; además, determina un menor rendimiento en la reproducción de machos y hembras.

**Molibdeno.** (Bondi, 1989; Lesperance *et al.*, 1985; McDowell *et al.*, 1982; Miller, 1985 Ward, 1977).

Se ha identificado como componente de las enzimas xantina oxidasa, aldehído oxidasa y sulfito oxidasa. Su toxicidad está relacionada con la deficiencia en cobre, ya que el molibdeno es antagónico con la utilización del cobre. Las manifestaciones más importantes de la intoxicación por molibdeno son diarrea, mal pelo y pérdida de peso.

En las **Tablas 7, 8, 9 y 10**, sugeridas a continuación, se enuncian los requerimientos minerales.

**Tabla 7. Niveles críticos de elementos minerales en el suelo.**

<b>Mineral</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango Concentración en suelo</b>		<b>Nivel crítico</b>
		<b>Desviación Stándar</b>		
<b>Calcio</b>	ppm	403.5	154.6	71
<b>Fósforo</b>	ppm	76.2	26.7	5
<b>Potasio</b>	ppm	76.3	82.6	30
<b>Sodio</b>	ppm	16.3	6.1	
<b>Magnesio</b>	ppm	70.5	9.8	9.1
<b>Cobre</b>	ppm	0.63	0.55	1
<b>Hierro</b>	ppm	16.3	4.4	4.5
<b>Manganeso</b>	ppm	3.3	0.82	5
<b>Cinc</b>	ppm	1.4	1.34	
<b>Materia Orgánica %</b>		1.6	0.34	
<b>pH</b>		6.3	0.35	

(McDowell, L. R.,1983)

Tabla 8. Requerimientos minerales del ganado de carne.

\*Valores expresados en base a materia seca.

Mineral	Yacas secas o preñadas	Yacas lactantes
	( % )	( % )
Calcio	0.18	0.25-0.44
Fósforo	0.18	0.25-0.39
Sodio	0.06-0.10	0.06-0.10
Magnesio	0.05-0.10	0.18
Potasio	0.6-0.8	0.6-0.8
Azufre	0.1-0.2	0.1-0.2
	ppm	ppm
Hierro	50	50
Manganeso	40	40
Cobre	8-10	8-10
Zinc	30-40	30-40
Cobalto	0.10	0.10
Iodo	0.5-0.8	0.5-0.8
Selenio	0.10	0.10

(NRC, 1976) y McDowell *et al.* (1984).

Tabla 9. Niveles críticos de minerales en los forrajes

Mineral	Unidades	Rango	Concentración Desviación Stándar	Nivel crítico
Calcio	%	0.3	0.14	0.3
Fósforo	%	0.22	0.05	0.25
Magnesio	%	0.22	0.06	0.2
Potasio	%	1.43	0.27	0.6
Sodio	%	0.09	0.04	0.06
Cobalto	ppm	0.12	0.04	0.1
Cobre	ppm	15.1	13.3	10
Hierro	ppm	29.2	12.9	30
Manganeso	ppm	66.3	25.1	30
Molibdeno	ppm	0.2	0.02	6
Selenio	ppm	0.04	0.02	0.1
Cinc	ppm	18.7	6.4	30

(McDowell y Conrad, 1977)

Tabla 10. Niveles críticos de minerales en el suero

Mineral	Unidades	Rango	Concentración Desviación Stándar	Nivel crítico
<b>Suero sanguíneo</b>				
<b>Calcio</b>	mg/100 ml	10.4	2.6	8
<b>Fósforo</b>	mg/100 ml	5.2	1.8	4.5
<b>Magnesio</b>	mg/100 ml	2.4	0.32	2
<b>Cobre</b>	µg/ml	0.90	0.02	0.65
<b>Selenio</b>	µg/ml	0.006	0.003	0.03
<b>Cinc</b>	µg/ml	0.84	0.03	0.8

(McDowell y Conrad, 1977)

### **Deficiencias y toxicidades minerales del ganado en pastoreo.**

La desnutrición es la mayor limitación de la producción ganadera en las explotaciones de pastoreo. Ya hace tiempo que las deficiencias y desequilibrios minerales en el suelo han sido considerados causantes de los problemas de baja producción y reproducción en el ganado (McDowell, 1984).

Hay por lo menos 15 elementos minerales que son esenciales para la nutrición de los rumiantes: los macroelementos Ca, P, K, Na, Cl, Mg y S; y los trazas Fe, I, Zn, Cu, Mn, Co, Mo y Se; aunque definitivamente no dejan de considerarse aquellos que representan problemas de toxicidad, y son Cu, F, Mn, Mo y Se.

Entre los factores que influyen los requerimientos minerales de los animales encontramos: edad, raza, nivel de producción, consumo de minerales, cantidad y forma química de los elementos y sus relaciones con los demás nutrientes (NRC, 1978). Las prácticas mejoradas de manejo conducen a incrementos en el nivel productivo de los animales, sea cual fuere su objetivo de producción, pero esto a su



vez, realza la importancia de vigilar la eficiencia de la nutrición mineral. De esta manera, entendemos, que al aumentar la producción, las deficiencias minerales probablemente expresadas marginalmente hasta el momento, se vuelven críticas y sus síntomas pueden manifestarse.

De aquí surge la importancia de implementar, dentro del programa nutricional, la inclusión de suplementos minerales que satisfagan las deficiencias o excesos manifiestos en el área de explotación zootécnica, a este respecto, se propone la **Tabla 11** que indica las características deseadas para un suplemento mineral para consumo "ad libitum", considerando además, que para evaluar un suplemento mineral para rumiantes, es necesario tener aproximaciones de: requerimientos de los animales señalados para los nutrientes esenciales (esto incluye edad de los animales incluidos, estado actual del ciclo productivo o reproductivo y propósito deseado por el cual el animal es alimentado ya sea por corto o largo tiempo; disponibilidad biológica relativa de los alimentos en las fuentes a utilizar en la suplementación (**Tabla 12**); ingestión diaria aproximada por animal por día de la mezcla mineral y del total de materia seca que los animales van a consumir; y concentración de los nutrientes esenciales en la mezcla mineral.

Las diferencias importantes en el metabolismo mineral individual pueden ser atribuidas a la raza y la adaptación, aunque también participan activamente el contenido de proteína de las plantas y su grado de lignificación en la medida que pueden considerarse limitantes del consumo de forrajes, el cual es esencial para los rumiantes en pastoreo para satisfacer su requerimientos minerales.

**Tabla 11. Características de un buen suplemento mineral para suministrar a libre acceso en el ganado.**

---

Un aceptable suplemento mineral debe ser como sigue:

1. Mezcla final debe poseer como mínimo 6-8% de fósforo. En áreas donde los forrajes son consistentemente mas bajas que 0.20%, suplementos minerales que contengan 8-10% de fósforo son preferidos.
2. Relación Ca:P, no substancialmente mayor que 2:1.
3. Proveer una proporción significativa (v. gr. 50%) de los requerimientos de minerales trazas de Co, Cu, I, Mn y Zn. En conocidas regiones deficientes en minerales trazas, 100% de los específicos minerales trazas deben ser proveídas.
4. Suministrar alta calidad de sales minerales y proporcionar las formas con mayor disponibilidad biológica de cada elemento mineral. Evitar la adición de sales minerales que contengan elementos tóxicos (v. gr. fosfatos en concentraciones altas en Flúor).
5. Formulado para ser suficientemente gustoso y que permita adecuado consumo en relación a los requerimientos.
6. Sostenidos por un fabricante con reputación con control de calidad y garantía en la exactitud de minerales en la etiqueta.
7. Adecuado tamaño de partícula, el cual permite adecuadas propiedades en la mezcla, con baja calidad de partículas sedimentadas después de la elaboración de la mezcla.

---

(McDowell, 1983)

Niveles "críticos" son: en forrajes, aquellas [.] minerales por debajo de los requerimientos mínimos y sobre los niveles tolerables (NRC, 1980); y en tejidos animales, aquellos arriba o abajo de las [.] asociados con signos clínicos específicos (McDowell et al., 1983).

**Tabla 12. Porcentaje y disponibilidad biológica de elementos minerales en compuestos comunmente usados en suplementos minerales.**

Elemento	Compuesto base	% del elemento en el compuesto	Disponibilidad biológica
<b>Calcio</b>	harina de hueso cocida	23 - 37	alta
	fosfato dicálcico	23.3	alta
	carbonato de calcio	40.0	intermedia
	piedra caliza molida	38.5	intermedia
<b>Cobalto</b>	sulfato de cobalto	21.0	prueba crítica no hecha sino compuesto efectivo
<b>Cobre</b>	sulfato cúprico	25.0	alta
<b>Yodo</b>	yodato de calcio	63.5	disponible pero inestable
<b>Hierro</b>	sulfato ferroso	20 - 30	alta
<b>Magnesio</b>	óxido de magnesio	21 - 28	alta
	sulfato de magnesio	9.8 - 17	alta
<b>Manganeso</b>	sulfato de manganeso	27.0	alta
<b>Fósforo</b>	fosfato cálcico	18.6 - 21	alta
	fosfato dicálcico	18.5	intermedia
	fosfato de sodio	21 - 25	alta
	harina de hueso cocida	8 - 18	alta
<b>Potasio</b>	cloruro de potasio	50.0	alta
<b>Selenio</b>	selenato de sodio	40.0	alta
	selenito de sodio	45.6	alta
<b>Azufre</b>	sulfato de potasio	28.0	alta
	sulfato de sodio	10.0	intermedia
	flores de azufre	96.0	baja
<b>Cinc</b>	sulfato de cinc	22 - 36	alta

Compuestos inorgánicos de elementos minerales más comunes en México.

Para los animales, en orden de importancia, las fuentes y disponibilidad de minerales se ubica en: forrajes, agua y aire (Pope, 1971). En rumiantes, su marcada dependencia por el forraje acentúa la importancia de la interacción suelo-planta-animal para la obtención de nutrientes, dado que se ve afectado su contenido y disponibilidad biológica (O'Dell, 1972). Kincaid (1983) explica el concepto anteriormente citado como: "la proporción de nutrientes en un alimento que puede ser absorbido y utilizado por los tejidos de un animal para desempeñar sus funciones biológicas".

La concentración de minerales en las plantas está asociada con los niveles correspondientes que existan en el perfil del suelo, y su absorción está correlacionada significativamente con su contenido y disponibilidad (McDowell et al., 1982). Aún cuando el contenido mineral en plantas es conocido, este no representa una valoración de su disponibilidad para el aprovechamiento por los tejidos animales, afectando a esto, la forma orgánica de los mismos que además se asocian con complejos quelatantes y oxalatos que dificultan su absorción a nivel intestinal (Pope, 1971). Se ha comprobado plenamente la superioridad del suplemento mineral inorgánico a ser metabolizado por el organismo (McDowell et al., 1984).

Además, el genotipo y los niveles de producción animal afectan los requerimientos y tolerancia de los minerales. El análisis sanguíneo provee una retrospectiva confiable en la determinación de deficiencias o excesos minerales (Miller, 1985), aunque no más que lo que proveería el análisis de hueso e hígados, ofreciendo la ventaja de su disponibilidad y fácil manejo sin sacrificar el animal (Pope, 1971).

En rumiantes, el incremento o decremento de la absorción de minerales a nivel intestinal obedece a una adaptación a los amplios rangos en el consumo dietético de los mismos versus sus requerimientos metabólicos; proceso mediante el cual conforma un mecanismo orgánico de control homeostático minimizando así las tendencias a sufrir deficiencias o toxicidades (Kincaid, 1983 y Miller, 1985).

Fuera de los límites nutricionales de tolerancia, la habilidad de los animales para hacer frente a procesos infecciosos cae bruscamente, exhibiendo resistencia mermada hacia las enfermedades, debido a que ocurre un deterioro en la respuesta fagocitaria, esto, además de los trastornos conformacionales y endocrinológicos (Miller, 1985).

La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica alternativa actualmente muy utilizada para la determinación de la concentración de minerales en diferentes tipos de tejido, debido a la facilidad de su uso, precisión y simplificación de marchas (Ammeman, 1983).

## METODOLOGIA

En la elaboración de esta investigación se muestrearon cuatro ranchos en condiciones de agostadero, con diferente grado de tecnificación y que no suplementaban minerales, durante el final de la época de lluvias del año; dos de los cuales situados en el municipio de Bustamante y dos en el municipio de Sabinas Hidalgo, en el Estado de Nuevo León, México.

En cada rancho se tomaron cinco muestras de suelo, forraje y tejido animal (suero sanguíneo). También se recabó información sobre precipitación pluvial y temperatura ambiental de cada explotación. A continuación se describe la metodología de muestreo y procesado del suelo, forraje y suero sanguíneo.

### **Suelo.**

**Muestreo y procesado del suelo.** De cada rancho se tomaban cinco muestras de suelo y posteriormente se le hacía la extracción de los elementos, de acuerdo a la técnica descrita por Bahía (1978), para una posterior lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica. Con motivo de ver la influencia que tenía el pH del suelo en la presencia y disponibilidad de los elementos, se vió la necesidad de poner en práctica esta determinación.

**Toma de muestras.** Cada muestra de suelo fue recolectada totalmente al azar, corroborando tan solo que se situara dentro del área de pastoreo o ramoneo. Se hacía un hoyo en el suelo de aproximadamente 25 cm de profundidad (en los suelos donde se podía), con una pala tipo espada de acero inoxidable, y se recolectaba la mues

tra en bolsas de plástico, las cuales se identificaban de acuerdo al número de muestra de cada rancho y al rancho que correspondía. Para un correcto almacenaje de las muestras todas fueron congeladas, para posteriormente ser trabajadas en el laboratorio.

**Dilución de los elementos del suelo.** Para la determinación del calcio, sodio, potasio, fósforo, cobre, hierro, magnesio, manganeso y cinc se puso en práctica el siguiente procedimiento:

1. Secado del suelo al sol.
2. Cribado en tamíz del No. 10.
3. Pesar muestra de 5 gr. de suelo seco y cribado.
4. Añadir 20 ml. de solución doble ácido ( $H_2SO_4$  0.025N + HCl 0.05N)
5. Agitar 5 minutos.
6. Filtración rápida con Whatman No. 40
7. El extracto se empleó para ser leído por el espectrofotómetro de absorción atómica (EEA).

**Determinación del pH del suelo.** En un vaso de precipitados de 50 ml. se ponen 10 gr. de suelo, luego se le añaden 10 ml. de agua destilada, todo se deja reposar por un período 30 minutos y luego se filtra; el extracto se emplea para que, posteriormente, con la ayuda de un potenciómetro se determine el pH del suelo.

### **Forraje.**

**Recolección y procesado de forraje.** Para la elección correcta de las plantas a muestrear, se llevó a cabo una observación previa de los animales en pastoreo, para así recolectar las especies claves de utilización para el ganado. De esta manera se muestreaban un número

significativo de las especies más consumidas por los animales, para que seguido a esto sean trabajadas en el laboratorio, todo esto de acuerdo a los procedimientos descritos por Fick et al. (1979).

**Toma de muestras.** Después de identificar a las especies más consumidas, estas eran cortadas con unas tijeras de acero inoxidable, tratando de alcanzar 400 gr. de materia verde, y puestas en bolsas de plástico, las cuales se identificaban de acuerdo al rancho y a la especie que pertenecía. Para un correcto almacenaje, todas las muestras eran congeladas, para luego ser procesadas en el laboratorio.

**Dilución de los elementos minerales.**

1. Descongelar las muestras de forraje.
2. Introducir las en un horno de aire forzado para su secado a una temperatura de 50° C.
3. El secado de las plantas se hace en un tiempo aproximado de 16 horas, debiendo estar en bolsas de papel.
4. Permitir que las muestras entren en equilibrio con la humedad ambiental durante 48 horas.
5. Molido de muestras en un molino Wiley a través de una criba de 4 mm y luego una submuestra a través de una criba de 1 mm, las cribas deben necesariamente ser de acero inoxidable.
6. El material molido se guarda en bolsas de plástico perfectamente selladas, para que luego se haga la dilución de los minerales.

Para la incineración y dilución se hace el siguiente procedimiento:

1. Tomar los crisoles y secarlos en estufa bacteriológica a 100° C por dos hrs. Retirarlos y enfriarlos en desecador por dos hrs.
2. Pesar los crisoles en balanza analítica.



3. Pesar aproximadamente 5 gr. de muestra de forraje secado al aire, sin retirar el crisol de la balanza.
4. Hacer duplicado de cada muestra.
5. Pesar el crisol más la alícuota (muestra de 5 gr.), y colocarlos a 100° C por toda la noche o 16 horas. Retirar de la estufa y enfriar en desecador durante dos horas.
6. Pesar el crisol más materia seca y meterlo a la mufla a 200° C y luego elevar la temperatura a intervalos de 100° hasta alcanzar los 500° C.
7. Mantener esta temperatura por lo menos durante 8 horas.
8. Retirar los crisoles después de que se hayan enfriado parcialmente y ponerlos en desecador por dos horas hasta que se enfríen.
9. Pesar los crisoles con cenizas.
10. Poner los crisoles en una plancha caliente para hidrólisis ácida.
11. Humedecer las cenizas con unas gotas de agua deionizada.
12. Agregar aproximadamente 5 ml. de HNO<sub>3</sub> al 50%.
13. Evaporar la solución de HNO<sub>3</sub> hasta la mitad del volúmen.
14. Agregar HNO<sub>3</sub> al 10% hasta 2/3 partes del volúmen del crisol, en juagando las paredes del crisol con esta adición.
15. Evaporar la solución hasta 10 ml. y no permitir que se seque.
16. Agregar agua desionizada hasta 2/3 partes del crisol.
17. Evaporar la solución hasta cerca de 5 ml.
18. Remover el crisol de la plancha caliente.
19. Enjuague el embudo que contiene el papel filtro con HNO<sub>3</sub> al 10% en un vaso.
20. Colocar el embudo en el cuello de un frasco volumétrico de 50 ml. teniendo cuidado de permitir que el aire salga en el momento de vertir el líquido.
21. Limpiar las paredes del crisol con la ayuda de una paleta.

22. Agregar 5 ml. de agua deionizada y repetir la transferencia.
23. Enjuagar el crisol , papel filtro y paleta con dos porciones de 3 ml. de agua deionizada, dejar escurrir el papel filtro entre cada lavado.
24. Retirar el papel filtro y enjuagar el embudo y la punta cuando se retira.
25. Ajustar el volúmen a 50 ml. mediante el lavado del cuello del frasco volumétrico.
26. Mezclar invirtiendo el frasco por lo menos 8 veces, y transferir a frascos de almacenamiento (polietileno), para su posterior lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica.

### **Sangre.**

**Recolección y procesado de la sangre.** Se tomaron cinco muestras de sangre de 10 ml cada una, de animales adultos elegidos completamente al azar. Toda la metodología, tanto de muestreo como de procesado fué descrita por Fick et al. (1979).

**Toma de muestras.** El método que se usó para obtener la sangre fué el de punción de la vena coccígea, en la base de la cola, con la ayuda de jeringas desechables; posteriormente, la sangre extraída era recibida en tubos de ensayo, cuidando de no provocar hemólisis, los cuales se colocan con una inclinación de 45°, con el objeto de que se formara el coágulo en el fondo del tubo y se separara bien el suero en la parte superior.

**Procesado de la sangre.** Una solución libre de proteínas debe utilizarse para el análisis de fósforo y macrominerales. El suero que sobre se utiliza para el análisis de microminerales. El procedimiento

que se emplea para la precipitación de las proteínas (desproteínización) es el siguiente:

1. Dispensar 9 ml. de ácido tricloroacético (TCA) al 10% en un tubo de ensayo marcado.
2. Pipetear 1 ml. de suero y añadir a los 9 ml. de TCA. (La muestra de suero debe mezclarse inmediatamente antes de tomar el ml).
3. Mezclar (tapado) por un minuto en un agitador "vortex".
4. Dejar en reposo por lo menos 10 minutos y después centrifugarlo por 10 minutos a 2500 rpm.
5. Decantar el sobrenadante si se desea guardar por un período prolongado de tiempo.

El sobrenadante representa una dilución de 1:10 de la muestra de suero. Los estándares se deben diluir con TCA en la misma manera. Posteriormente esta dilución se lee con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica (según técnica de Fick et al, 1979), y de un espectrofotómetro fotocolorímetro para la determinación de fósforo únicamente, según la técnica propuesta por Fiske y Subbarow (1925), modificado por Fick et al (1979).

Aunque, no pudo terminarse la evaluación de estos parámetros para la presentación de esta investigación, los procedimientos para colección y análisis de muestras de hígado, pelo y hueso deben considerarse para un diagnóstico completo del perfil mineral integral de cualquier región.

Las muestras de hígado (100 gr.) deben obtenerse del lóbulo derecho (determinación fundamental de cobre, selenio, cinc, cobalto y manganeso); las muestras de hueso (Little, 1972) deben obtenerse me-

diante la remoción de dos vertebras caudales de la cola proximal(determinación fundamental de calcio, magnesio y fósforo); las muestras de pelo (McDowell et al, 1982) deben obtenerse de la parte dorsal de los animales.

Todos los trabajos de laboratorio fueron llevados a cabo en los laboratorios de Zootecnia del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; y las lecturas de los contenidos minerales de cada tejido y suelo fueron hechas en el Departamento de Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Las concentraciones de elementos minerales obtenidas serán analizadas estadísticamente en suelos, forrajes y tejidos de animales por procedimientos descritos por Kiatoko et al, (1982); apoyándose en las pruebas de correlaciones estadísticas de minerales dentro de tejido y entre tejidos usadas para comparar medias entre sí, y de cuyo cuerpo resultarán las interacciones minerales (Snedecor y Cochran, 1973).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

De los ranchos muestreados, dos, estaban ubicados dentro de el municipio de Bustamante, los cuales eran, el Cuervo y el Ojito; mientras que en el municipio de Sabinas Hidalgo, correspondían los ranchos la Aurora y la Hacienda, todos en el estado de Nuevo León.

La precipitación promedio de esta región geográfica oscila entre 350 y 420 mm anuales, y la temperatura promedio entre los 15.8 y 30.1° C; y sostuvo un comportamiento normal para ambas variables durante la época de sequía del año de 1991, en el cual fueron colectadas las muestras.

Los resultados obtenidos en las muestras de zacates y arbustos, así como de suero sanguíneo se presentan en el **Cuadro 1** que a continuación se muestra, y proyecta una imagen del perfil mineral existente en la región comprendida por los municipios en cuestión.

Se hace notar, que el pH obtenido en los extractos de suelo, arroja un resultado promedio de pH aproximado a 8.5, muy alcalino y no favorable para el desarrollo de cualquier planta.

Complementariamente a las discusiones de resultados, se indican los valores de correlación obtenidos de el análisis estadístico de las concentraciones minerales dentro del mismo tejido para el caso de las muestras séricas.

Las correlaciones estadísticas reflejan el grado de asociación entre las variables comparadas.

**Calcio.**

El nivel sérico de calcio, de 101 y 103 ppm para los municipios de Bustamante y Sabinas Hidalgo respectivamente, se encuentran dentro del rango de concentraciones normales que oscila entre 90-120 ppm, definitivamente situación atribuida al mecanismo de homeostásis del organismo (Bondi, 1989). Respecto de las plantas, las concentraciones encontradas de 11,991 y 18,314 ppm en los municipios de Bustamante y Sabinas Hidalgo respectivamente, estas se encuentran por arriba del nivel normal dos y tres veces también respectivamente, situación, según Gartenberg et al (1989) atribuida a la génesis del material parental que dió vida al suelo que sostiene a estas plantas. Definitivamente el suelo es calcáreo, y su situación se confirma en relación al pH que exhibe.

**Fósforo.**

Se encontró al fósforo, como el mineral que se mantuvo deficiente los tejidos vegetales, por debajo del nivel recomendado de 1800 a 4300 ppm (NRC,1976), esta situación va de acuerdo a los trabajos de McDowell y Gartenberg (1989), y Guevara (1982), y se hace alusión a que es el mineral que es más deficiente en toda la América Latina. Sin embargo, encontró rangos normales para el nivel sérico en ambos municipios. Por otra parte, los altos contenidos de calcio en el suelo, y el pH tan alcalino afectan directamente la disponibilidad y absorción del fósforo por las plantas, y consecuentemente por los animales (Buckman y Brady, 1982). El mismo autor menciona, que cuando el pH del suelo es por abajo de 6.5 las formas químicas de algunos nutrientes pueden cambiar alterando su disponibilidad, y cuando el pH es mayor que 7.0 el calcio tiende a acumularse.

**Magnesio.**

Los contenidos de magnesio fueron deficientes a nivel sérico para los dos municipios, habiéndose encontrado niveles de 7.52 y 9.3 respectivamente. Diversos autores (McDowell, 1992; Buckman y Brady, 1982 y Garcidueñas y Merino, 1986) mencionan que el efecto del pH alcalino tuvo que ver con la absorción y disponibilidad del magnesio. Estos resultados concuerdan con los trabajos realizados por Gartenberg et al (1989). Las concentraciones en planta estuvieron dentro del rango para el municipio de Bustamente, y ligeramente en exceso en el municipio de Sabinas Hidalgo.

**Manganeso.**

Fue encontrado en concentraciones deficientes a nivel sérico para los dos municipios, 0.13 y 0.15 para Bustamente y Sabinas Hidalgo respectivamente. En forrajes, la concentración se mantuvo dentro de niveles normales para ambos municipios.

**Hierro.**

Este elemento se encontró en exceso en todos los tejidos, por arriba del nivel normal de 0.6 a 2.7 a nivel sérico, y de 10 a 100 en forrajes. El NRC (1980) reporta que sólo a ingestiones de forraje con concentraciones mayores de 1000 ppm de Fe se reducen los aumentos de peso y aumentaban las concentraciones del elemento en los tejidos.

**Cobre.**

En suero sanguíneo se encontró deficiente para ambos municipios, por debajo del nivel normal de 0.6 a 1.5, estos valores pueden atribuirse a las altas proporciones de zinc en suero. Esta situación no concuerda con las investigaciones de Ammerman (1983), quien señala una proba-

bilidad muy disminuída a la prescencia de deficiencias a nivel sérico. En los forrajes, sólo se manifestó un exceso en el municipio de Sabinas Hidalgo, donde las concentraciones obtenidas superan el máximo rango normal por poco más del doble.

### **Molibdeno.**

A nivel sérico se encontró dentro de rangos normales para ambos municipios, según las investigaciones realizadas por gartenber (1989) en el Norte de México, aunque realmente no puede especificarse la ubicación dentro del rango normal, en función de que su concentración se encuentra afectada, y es modificada por las concentraciones de cobre y sulfatos existentes en el suero sanguíneo. En el caso de los forrajes, los niveles obtenidos reflejan exceso en ambos municipios, y definitivamente muy acentuado, dado que, según McDowell (1992), el nivel normal se encuentra en concentraciones por debajo de 0.01 ppm, y en la investigación presente, fueron determinadas concentraciones de 0.99 y 1.33 ppm para Bustamante y Sabinas Hidalgo respectivamente.



**Correlaciones suero sanguíneo.**

Calcio - Fósforo	0.443	Calcio - Potasio	0.285
Calcio - Cromo	0.373	Calcio - Cobre	0.240
Calcio - Hierro	0.574	Calcio - Magnesio	0.587
Calcio - Manganeso	0.565	Calcio - Molibdeno	0.347
Calcio - Niquel	0.349	Fósforo - Potasio	0.104
Fósforo - Cromo	0.662	Fósforo - Cobre	0.679
Fósforo - Hierro	0.472	Fósforo - Magnesio	0.344
Fósforo - Manganeso	0.683	Fósforo - Molibdeno	0.772
Fósforo - Niquel	0.302	Manganeso - Molibdeno	0.718
Manganeso - Niquel	0.437	Potasio - Cromo	0.424
Potasio - Cobre	0.228	Potasio - Hierro	0.585
Potasio - Magnesio	0.301	Potasio - Manganeso	0.248
Potasio - Molibdeno	0.284	Potasio - Niquel	0.633
Magnesio - Manganeso	0.506	Magnesio - Molibdeno	0.519
Magnesio - Niquel	0.639	Cromo - Cobre	0.883
Cromo - Hierro	0.813	Cromo - Magnesio	0.634
Cromo - Manganeso	0.528	Cromo - Molibdeno	0.925
Cromo - Niquel	0.795	Cobre - Hierro	0.698
Cobre - Magnesio	0.634	Cobre - Manganeso	0.342
Cobre - Molibdeno	0.766	Cobre - Niquel	0.658
Molibdeno - Niquel	0.633	Hierro - Magnesio	0.855
Hierro - Manganeso	0.649	Hierro - Molibdeno	0.712
Hierro - Niquel	0.825		

**Cuadro No. Concentración en ppm de diferentes minerales en plantas y suero recolectados en los municipios de Bustamante y Sabinas Hidalgo, N. L.**

<b>Bustamante</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>
<b>SUERO</b>	101	25	*7.52	*0.13	**5.3	*0.41	0.74
<b>PLANTA</b>	**11991	*1469	762	27	**394	7.08	**0.99

---

<b>Sabinas Hidalgo</b>							
	<b>Ca</b>	<b>P</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>
<b>SUERO</b>	103	27	*9.3	*0.15	**5.1	*0.32	0.97
<b>PLANTA</b>	**18314	*1694	1959	25.5	**431	**22	**1.33

---

<b>Niveles normales de minerales en los tejidos</b>							
	<b>Ca</b>	<b>P</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>
<b>SUERO</b>	90-120	23-96	20-30	0.6-2.7	0.6-2.7	0.6-1.5	Cu y S
<b>PLANTA</b>	1800-6000	1800-4300	400-1800	20-40	10-100	4-10	<0.01

McDowell (1992) y NRC

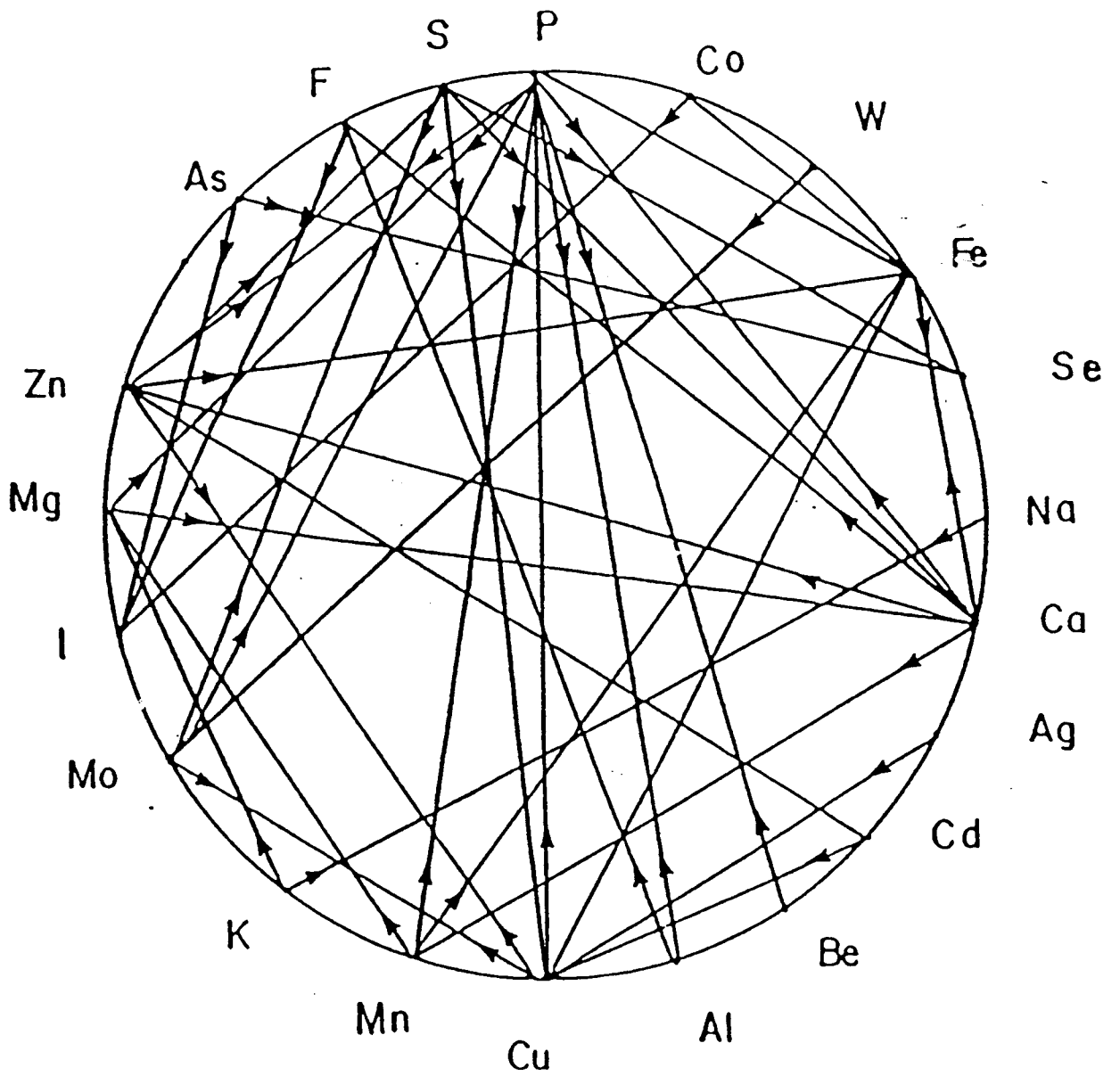
(1976)

Resultados obtenidos en suelos alcalinos, característicos de la región pH alrededor de 8.5

Las marcas aplicadas en la tabla de resultados presentan el siguiente significado:

- (\*) Niveles por debajo de la concentración normal.
- (\*\*) Niveles por arriba de la concentración normal.

Figure 1 Mineral Interrelationships



## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó este experimento, se concluye:

1. Para los dos municipios, los niveles de fósforo fueron pobres, y los de calcio elevados, encontrando el resto dentro del rango.
  2. Bajo condiciones de agostadero, los animales se ven limitados a cumplir sus requerimientos de consumo de minerales.
  3. La concentración de minerales depende de su disponibilidad biológica en el suelo y de la interrelación que ejerce con otros elementos.
  4. A manera de recomendación se propone la práctica de la suplementación mineral como una herramienta eficiente para incrementar los índices productivos de los animales.
-

## RESUMEN

La nutrición mineral es responsable de los índices productivos pecuarios en condiciones extensivas, dada la dependencia animal por el forraje para completar sus requerimientos.

Situación por la cual, el objetivo de esta investigación fué, determinar las deficiencias y/o excesos minerales presentes en la dieta del ganado, durante la época de sequía en cuatro ranchos ubicados en los municipios de Bustamante y Sabinas Hidalgo, en el Estado de Nuevo León.

Las muestras fueron evaluadas de acuerdo a la metodología de lavado doble ácido, para el suelo; digestión con ácido nítrico, para las plantas; y desproteinización ácida, para el suero sanguíneo, haciendo uso de espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de concentraciones. Los resultados obtenidos fueron evaluados de acuerdo a una correlación estadística que definió el grado de asociación entre los mismos.

Los resultados obtenidos son los siguientes, para los municipios evaluados, las concentraciones en ppm se encontraron dentro de los límites que a continuación se presentan:

En **suero sanguíneo**: Ca (101-103); P (25-27); Mg (7.52-9.3); Mn (0.13-0.15); Fe (5.1-5.3); Cu (0.32-0.41); Mo (0.74-0.97).

En **planta**: Ca (11,991-18,314); P (1,469-1,694); Mg (762-1,959); Mn (25.5-27); Fe (394-431); Cu (7.08-22); Mo (0.99-1.33).

Para el municipio de Bustamante, se encontraron por arriba de la concentración normal, el hierro (suero), y calcio y hierro (planta); y por debajo de la concentración normal el magnesio, manganeso y cobre (suero), y el fósforo en planta.

Para el municipio de Sabinas Hidalgo, se encontraron por arriba de la concentración normal, el hierro (suero), y calcio, molibdeno y hierro (planta); y por debajo de la concentración normal el magnesio, manganeso y cobre (suero), y el fósforo en planta.

El pH encontrado en suelos fué, en promedio de 8.5 para los municipios evaluados.

Se concluye que: los niveles de Ca y P extrapolan los márgenes requeridos y que en agostaderos los animales se ven limitados a cumplir sus requerimientos de consumo de minerales, situación que también está ligada a la disponibilidad de los minerales del suelo y sus interrelaciones. A manera de recomendación se propone la suplementación mineral.

## BIBLIOGRAFIA

1. Allen, V. G. et al. 1986. Influence of ingestion of aluminum, citric acid and soil on mineral metabolism of lactating beef cows. J Ani Sci 62:1396-1403.
2. Ammerman, C. B. et al. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. J Ani Sci 57(Suppl. 2): 519-533.
3. Bidwell, R. G. 1983. Fisiología Vegetal. AGT. México. pp 265-292.
4. Bondi, A. 1989. Nutrición Animal. Acribia. España. pp 240-273.
5. Church, D. C. 1989. The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Prentice-Hall. EUA. pp 511-523.
6. Fick, K. R. et al. 1979. Methods of Mineral Analysis for Plant and Animal Tissues. Univ. of Florida, Gainesville. pp 34-40.
7. Fiske, C. H. et al. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. J Biol Chem 66: 375.
8. Fresnillo, O. 1992. Comunicación personal. Departamento de Zootecnia. ITESM. Monterrey, México.
9. Gartenberg, P. K. et al. 1989. Evaluation of the mineral status of cattle in Northeast Mexico. I. Microminerals. Florida Agric Exp Station. Scientific p. 9601.

10. Gartenberg, P. K. et al. 1989. Evaluation of the mineral status of cattle in Northeast Mexico. II. Microminerals. Florida Agric. Exp. Station. Scientific p. 9602.
11. Goering, H. K. et al. 1970. Forrage Fiber analysis. (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Agric. Handbook 379, Agric. Res. Serv. USDA. Washington, D. C.
12. Grunes, D. L. et al. 1989. Plant contents of magnesium, calcium and potassium in relation to ruminants nutrition. J Ani Sci 67: 3485-3494.
13. Guevara, J. A. 1982. Resúmen de información sobre las deficiencias y toxicidades de minerales en el área de Nuevo León y recomendaciones para su uso y divulgación. Tesis no publicada. ITESM. Monterrey, N. L. pp 23-45.
14. Hafez y Dyer. 1980. Nutrición Animal. Acribia. pp 381-403.
15. Harrington, G. N. et al. 1984. Management of Australians Rangelands. CSIRO. Australia. pp 63-78.
16. Kawas, J. R. et al. 1989. Nutrient requeriment of hair sheep in tropical and subtropical environments. Small ruminant collaborative research program. University of California-Davis. EUA.



17. Kiatoko, M. et al. 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from four soil order regions of Florida. I. Macroelements, protein, carotene, vitamins A and E, hemoglobin and hematocrit. *J Ani Sci* 55: 28-37.
18. Lebdoesoekojo, S. et al. 1980. Mineral nutrition of beef cattle grazing native pastures on the eastern plains of Colombia. *J Ani Sci* 51:1249-1260.
19. Lesperance, A. L. et al. 1985. Interaction of molybdenum, sulfate and alfalfa in the bovine. *J Ani Sci* 60:791-802.
20. Little, D. A. 1972. Bone biopsy in cattle and sheep for studies of phosphorus status. *J Aust Vet* 48:668-670.
21. Loosli, J. K. et al. 1978. Problemas de nutrición mineral relacionados con los climas tropicales. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brasil. Universidad de Florida. pp 9-13.
22. McDowell, L. R. 1984. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Bol. Depto. Ciencia Animal. Centro de Agricultura Tropical. Universidad de Gainesville. Florida, EUA.
23. McDowell, L. R. et al. 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from four soil order regions of Florida. II. Trace minerals. *J Ani Sci* 55:38-47.

24. Miller, E. R. 1985. Mineral X disease interactions. *J Ani Sci* 60 :1500-1507.
25. Miller, W. J. 1974. New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy cattle. A review. *J Dai Sci* 58:1549-1559.
26. Mitchell, R.L. et al. 1957. Trace-elements uptake in relation to soil content. *J Sci Food Agr* 8 (Suppl. 1): 51-59.
27. NRC. 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D. C.
28. NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D. C.
29. Pamp, D. E. et al. 1976. A review of the practice of feeding minerals free choice. *J Ani Sci* 12:13-31.
30. Pope, A. L. 1971. A review of recent mineral research with sheep *J Ani Sci* 33:1332-1343.
31. Rojas, M. et al. 1986. Fisiología Vegetal. McGraw-Hill. México. pp. 90-110.
32. Rosa, I. Y. et al. 1982. Interrelationship of dietary phosphorus, aluminum and iron performance and tissue mineral composition in lambs. *J Ani Sci* 55:1231-1239.

33. Salisbury, F. B. et al. 1985. Plant Physiology. Wadsworth. California. pp 96-130.
34. Snedecor, G. W. et al. 1973. Statical Methods. Iowa State University. Press Ame. Iowa.
35. Spears, J. W. et al. 1986. Effects of marginal selenium deficiency and winter protein supplementation on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. J Ani Sci 63: 586-594.
36. Underwood, E. J. 1981. The mineral nutrition of Livestock. London: Commonwealth Agricultural Bureau.
36. Valdés, J. L. et al. 1988a. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala. I. Macrominerals and animal performance. J Prod Agric 1. pp 347-350.
37. Valdés, J. L. et al. 1988b. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala. II. Microminerals and animal performance. J Prod Agric 1. pp 351-355.
39. Velasco, H. A. 1992. Zonas Aridas y Semiáridas del Semidesierto Mexicano. LIMUSA. México. pp 99-118.

40. Volkweiss, S. J. y Rodríguez, N. M. 1978. Propiedades de los suelos que influyen las deficiencias minerales o toxicidades en los animales y las plantas. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brasil. Ed. Universidad de Florida. pp 22-27.
41. Ward, G. M. 1977. Molybdenum toxicity and hypocuprosis in ruminants. *J Ani Sci* 46:1078-1085.

## **Esta página no está disponible**

Este mensaje se intercala en los documentos digitales donde el documento original en papel no contenía esta página por algún error de edición del documento.

Al momento los creadores de este documento no han localizado esta página.

## **Preguntas frecuentes:**

---

### **¿Qué puedo hacer?**

Ten por seguro que hemos informado al creador original del documento y estamos intentando reemplazar esta página.

### **¿Quién convierte estos documentos a formato digital?**

Esta tarea se realiza por un grupo de personas que laboran en el proyecto de Biblioteca Digital. Nos esforzamos por convertir documentos originales a una versión digital fidedigna y comunicar a los creadores del documento original de estos problemas para solucionarlos. Puedes contactarnos visitando nuestra página principal en:



<http://biblioteca.itesm.mx>

Centro de Información-Biblioteca



30002005330360