

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

**DIVISION DE AGRICULTURA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

**DETERMINACION DEL PERFIL MINERAL EN
SUELO Y EN TEJIDOS VEGETAL Y ANIMAL;
PROCEDENTES DE SEIS RANCHOS UBICADOS
EN LOS ORDENES DE SUELO XEROSOL,
LITOSOL Y REGOSOL EN EL ESTADO DE
NUEVO LEÓN**

TESIS

MAURICIO JULIO VARGAS BRUNO

040.636
TEC.8
1992
c.2

MAYO DE 1992

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE AGRICULTURA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

"Determinación del perfil mineral en suelo y en
tejidos vegetal y animal procedentes de seis
ranchos ubicados en los ordenes de suelo
litosol, regosol y xerosol en el
Estado de Nuevo León, México"

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

AUTOR

Mauricio Julio Vargas Bruno

ASESOR

Gilberto Armienta Trejo

MAYO DE 1992

DEDICO ESTA TESIS:

A LA MEMORIA DE MI ABUELO:

Sr. Humberto Bruno Román, al
que le debo mucho de lo que soy
ahora.

A MIS PADRES:

Sr. Julio Vargas Gil y
Sra Sonia Bruno de Vargas, con
profundo amor y agradecimiento
por sus estímulos y apoyos
constantes, durante toda mi
carrera y vida entera.

A MI ABUELITA:

Sra. Lia Sosa viuda de Bruno,
que gracias a su inmenso cariño
y lindas plegarias me ayudó a
alcanzar esta meta.

A MIS QUERIDAS HERMANAS:

Miriam, Sandra y Alejandra,
que nunca me dejaron que yo
desistiera de esta tarea.

A MI QUERIDA NOVIA:

Con infinito amor a quien
llena mis pensamientos y
estimula mi vida: Srta Adriana
Esquitín Salazar, por la
confianza, cariño y
comprensión depositada en mí.

A LOS SEÑORES:

Miguel Angel Esquitín Anduaga y
Lilia Salazar Ponce, por su
incondicional ayuda y confianza
que me dieron.

A MIS LINDAS AMIGAS:

Liliana y Mariana Esquitín
Salazar.

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR: MC MVZ GIBERTO ARMIENTA TREJO

Un grán amigo, que con sus consejos y ayuda pude lograr la realización de este trabajo.

A MI COASESORA: ING OLGA FRESNILLO M

Quien con sus grandes conocimientos y sin igual entusiasmo, me auxilió en la realización de esta tesis.

A MIS MAESTROS DE ZOOTECNIA

Ing. Olga Fresnillo M.

Ing. Candelario Carrera M.

Ing. Enrique Hernández B.

MVZ Gilberto Armienta T.

Ing. Guillermo Nava V.

Ing. Joel Velasco M.

A MIS AMIGOS:

Mauricio Nava G. (El Guapo)

Jorge Cruz G. (El Negro)

Juan Fernando Durand (El Burro)

Luis Fernando Rodríguez (Tranquilino)

Rafael Gutierrez (El pollo) y

Luis Enrique Camacho (Quique)

INDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
Clasificación de los suelos por orden	3
Regosol	4
Xerosol	4
Litosol	5
Los Minerales en el Suelo	5
Macronutrientes	5
Micronutrientes	6
Importancia del pH en el suelo	8
Los Minerales en la Planta	9
Papel metabólico de los elementos	10
Fenómenos de toxicidades, deficiencias y desbalances en las plantas	11
Factores que afectan el contenido de minerales en las plantas	14
Los Minerales en Tejido Animal	15
Macrominerales	15
<i>Calcio</i>	15
<i>Fósforo</i>	16
<i>Potasio</i>	17
<i>Magnesio</i>	18
Microminerales	18
<i>Manganeso</i>	18
<i>Cobre</i>	19
<i>Hierro</i>	19
<i>Cinc</i>	20
Requerimientos minerales, deficiencias y toxicidades	20
<i>Calcio y Fósforo</i>	21
<i>Magnesio</i>	22
<i>Manganeso</i>	22

<i>Cobre</i>	23
<i>Hierro</i>	23
<i>Cinc</i>	23
METODOLOGIA	25
Metodología para el Muestreo y Procesado del Suelo	25
Toma de muestras	26
Dilución de los elementos del suelo	26
Determinación del pH del suelo	26
Asignación de los ordenes de suelo	27
Metodología para la Recolección y Procesado del Forraje	27
Recolección de las muestras de forraje	27
Dilución de los elementos minerales en los forrajes	28
Metodología para la Recolección y Procesado de la Sangre	30
Toma de muestras de sangre	30
Procesado de la sangre	30
RESULTADOS	32
DISCUSION	37
Calcio	37
Fósforo	37
Magnesio	38
Potasio	38
Sodio	39
Fierro	39
Cinc	40
Manganeso	40
Cobre	41
CONCLUSIONES	43
RESUMEN	44
BIBLIOGRAFIA	46

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	<u>Página</u>
Cuadro 1. Formas en que se presentan los macronutrientes en el suelo	8
Cuadro 2. Síntomas característicos de algunas carencias en las plantas	12
Cuadro 3. Contenido de minerales en suero sanguíneo de animales bajo los ordenes regosol, xerosol y litosol	33
Cuadro 4. Contenido de minerales en gramíneas para los ordenes regosol, xerosol y litosol	34
Cuadro 5. Contenido de minerales en arbustos para ordenes regosol, xerosol y litosol	35
Cuadro 6. Contenido de minerales para suelos de orden regosol, xerosol y litosol y el pH respectivo	36
Figura 1. Comportamiento de las diferentes concentraciones de minerales	21

INTRODUCCION

La importancia de los elementos minerales en la nutrición de humanos, animales y plantas ha sido reconocida por mucho tiempo, aún y cuando los elementos involucrados fueran desconocidos. Sin embargo; no fue hasta 1900 que empezaron a sucitarse progresos significativos en la identificación de elementos minerales esenciales para la vida.

Se ha comprobado que, incluso cuando abunda el alimento en los agostaderos, los rumiantes pueden no alcanzar un nivel aceptable de productividad debido a las deficiencias o excesos de algunos minerales en los suelos y plantas (McDowell et al., 1984). Esto se ve agravado aún más ya que el ganado vacuno en pastoreo rara vez recibe un suplemento mineral, salvo en ocasiones la sal común; por lo que para satisfacer sus necesidades tiene que depender por entero del pastoreo y el ramoneo, lo que no hace posible que se cumplan sus requerimientos nutricionales. (McDowell, 1976).

Otro factor que influye en gran medida a la presencia o no de estos problemas es la época del año, así, en la estación seca la incidencia de las deficiencias minerales decrecen, debido a que los requerimientos minerales disminuyen, ya que las proteínas y energía disponibles son insuficientes y como resultado los animales no ganan peso, por ello, éstos

necesitan menos minerales (McDowell, 1976, Espinoza, et al., 1991, Vargas, et al., 1989, y Mtimuni, et al., 1983).

Estudios anteriores han mostrados que los desbalances, deficiencias y/o toxicidades se ven influenciados por las proporciones de minerales en el suelo como también en tejido animal y vegetal (Kiatoko. et al, 1982). Por lo tanto es posible correlacionar el contenido mineral del suelo con el del tejido vegetal y posteriormente con el tejido animal.

Atendiendo a ésto es que actualmente se esta trabajando en la detección de las posibles deficiencias, toxicidades y desbalances minerales en la mayor parte del mundo, empleando la técnica de mapeo sistemático o por reconocimiento regional. (McDowell, 1976).

Motivado por la problemática expuesta anteriormente se estableció la necesidad de llevar a cabo este estudio el cual tuvo como objetivo principal realizar un mapeo sistemático de los estatus minerales en tejido vegetal y animal en relación al orden del suelo que los sustente -litosol, regosol y xerosol- al final de la época de lluvias del año, en seis ranchos ubicados dentro del Estado de Nuevo León.

ANTECEDENTES

Todas las formas vivientes requieren de elementos inorgánicos, o minerales, para sus procesos normales de vida. Todos los tejidos, animal o vegetal, y todos los alimentos contienen elementos minerales. Los elementos minerales son sólidos, cristales, elementos químicos que no pueden ser descompuestos o sintetizados por reacciones químicas ordinarias. Estos elementos son clasificados de acuerdo a la cantidad en que son utilizados por el organismo; los que se requieren en mayor cantidad son los macrominerales y en menor cantidad los microminerales. Los macrominerales son demandados en concentraciones mayores de 100 ppm, mientras que los microminerales son requeridos en concentraciones menores de 100 ppm. Entre los macrominerales se tienen: calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), sodio (Na), azufre (S) y cloro (Cl); y los microminerales son: arsenico (Ar), boro (B), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), fluor (F), iodo (I), hierro (Fe), plomo (Pb), litio (Li), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), selenio (Se), silice (Si), estaño (Sn), vanadio (V) y cinc (Zn). (McDowell, 1992 y Church y Pond, 1987).

Clasificación de los Suelos por Ordenes

Para un mejor estudio de los suelos, se estableció esta clasificación la cual toma en cuenta el origen pedológico del

mismo, características de profundidad, fertilidad, material parental y predisponibilidad a la erosión. En éste estudio se empleó este sistema de clasificación.

Es Estado de Nuevo León se clasifica, preponderantemente, en nueve ordenes de suelo, siendo estos: castañozem, litosol, regosol, rendzina, solonchak, solonetz, vertisol, xerosol y yermosol; en el caso de este trabajo se estudiaron sólomente tres, que son: regosol, xerosol y litosol.

Regosol.- El regosol se caracteriza por no presentar capas distintas, son claros y se parecen a la roca que les dio origen, se puede presentar en muy diferentes climas y con difersos tipos de vegetación. Su suceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre. (Velasco, 1983).

Xerosol.- El xerosol tiene una capa superficial de color claro y pobre en materia orgánica, debajo puede haber un subsuelo rico en arcilla o carbonatos muy parecido a la capa superior, presentan cristales de yeso o carbonatos. Se localizan en zonas áridas y semiáridas, su vegetación natural es de pastizales y matorrales. Son suelos de baja suceptibilidad a la erosión, salvo en pendientes, donde son muy suceptibles a este problema. (Velasco, 1983).

Litosol.- El litosol es un suelo de distribución muy amplia, se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, son suelos sin desarrollo, con profundidad menor de 10 cm, tienen características muy variables, según el material que los forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentren, pudiendo ser desde moderada a alta. (Velasco, 1983).

Los elementos minerales juegan un papel preponderante dentro de todos los procesos biológicos de los animales y plantas y directamente relacionado, a este último, el suelo; de esto se deriva la necesidad de estudiar las importantes funciones de los principales minerales dentro de cada ciclo biológico, incluyendo el suelo.

Los Minerales en el Suelo

Se ha demostrado que ciertos elementos son necesarios para el normal desarrollo de las plantas. Estos elementos esenciales deben estar presentes en formas utilizables para las plantas y en concentraciones óptimas para su desarrollo. Además, debe existir un equilibrio adecuado entre las concentraciones de los varios elementos nutritivos solubles, en el suelo.

Macronutrientes.- De los trece elementos esenciales obtenidos del suelo por las plantas, seis son usados relativamente en grandes cantidades, y estos son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. El crecimiento de las plantas

puede ser afectado por varias causas: porque haya escasez de ellos en el suelo, porque se asimilen demasiado lento o porque no esten adecuadamente equilibrados con relación a los otros elementos del suelo.(Buckman y Brady, 1982).

El nitrógeno y el fósforo estan presentes casi siempre en pocas cantidades en los suelos. Por otro lado, la mayor parte de estas concentraciones se encuentran en combinaciones no asimilables para las plantas. Así altas concentraciones de hierro y aluminio en el suelo acentuan la deficiencia de fósforo mediante la formación de complejos fosfatos insolubles. Como resultado, estos elementos son doblemente críticos (cantidades totales bajas y asimilaciones muy bajas para la planta). De la misma manera el azufre no es más abundante que el fósforo, pero es mucho más asimilable. (Buckman y Brady, 1982).

La cantidad total de potasio es normalmente abundante, excepto en los suelos arenosos. Al contrario, el magnesio, a pesar de su importancia como nutriente, varía mucho en el suelo.

Micronutrientes.- Los otros elementos que son empleados en menor cantidad por la planta, pero no por ellos menos importantes son: hierro, manganeso, cobre, cinc, boro, molibdeno y cloro. Estos elementos no llegan a ser un

problema fuerte en un solo ciclo pero el constante consumo de las plantas, de ellos, durante el transcurso de los años pueden llegar a provocar serios problemas. Los suelos que generalmente tienen problemas de estos elementos son: los suelos arenosos, los orgánicos y los muy alcalinos. (Buckman y Brady, 1982).

Otro factor que influye en gran medida las concentraciones de los elementos minerales en el suelo es la época del año, más propiamente dicho, la presencia o no de las lluvias, las cuales, por ejemplo, en el caso del calcio provocan la baja de las concentraciones debido al incremento de pérdidas por lixiviación. Esto, trae por consecuencia que otros elementos cambien en su concentración con el propósito de alcanzar un equilibrio iónico dentro del suelo. (Espinoza, et al., 1991).

Los análisis de suelo de acuerdo a sus contenidos totales de minerales no son totalmente representativos ya que la mayor parte de estos minerales se encuentran en formas no aprovechables para la planta, debido a que son formas complejas. Estas últimas tienen que pasar por una serie de cambios químicos, físicos y biológicos para que las plantas las puedan utilizar. En el cuadro 1 se muestran las formas en que se encuentran los macrominerales en el suelo. (Buckman y Brady, 1982).

Cuadro 1. Formas en que se presentan los macronutrientes en el suelo.

GRUPO I	
Formas más complejas y menos activas	
Nitrógeno	
Combinaciones orgánicas: proteínas, aminoácidos y formas similares; en forma coloidal y sujeta a desintegraciones.	
Fósforo	
Apatito, en forma primaria. Fosfatos secundarios de Ca, Fe y Al.	
Orgánico: fitina, ácido nucleico y otras combinaciones.	
Potasio	
Minerales primarios, como feldespatos y mica.	
Silicatos complejos secundarios de Al, como arcillas, especialmente illita.	
Calcio	
Minerales, como feldespatos, hornblenda, calcita y dolomita.	
Magnesio	
Minerales, como mica, hornblenda, dolomita y serpentina.	
Silicatos secundarios de Al, tales como arcillas, en especial montmorillonita.	
Azufre	
Combinaciones minerales tales como piritita y yeso.	
Formas orgánicas: coloidales y sujetas a descomposición.	
GRUPO II	
Algunas de las formas más sencillas y asimilables y sus equivalentes iónicos	
Nitrógeno	
Sales amónicas.....	NH_4^+
Nitritos.....	NO_2^-
Nitratos.....	NO_3^-
Fósforo	
Fosfatos de Ca, K, Mg, etc.....	PO_4H^-
Formas orgánicas solubles.....	PO_4H^-
Potasio	
Iones de K absorbidos por coloides complejos.....	K^+
Sales de K, tales como sulfatos, carbonatos, etc.....	K^+
Calcio	
Iones de Ca absorbidos por complejos coloidales.	
Una variedad de sales simples de Ca.....	Ca^{++}
Magnesio	
Iones de Mg absorbidos por complejos coloidales.	
Numerosas sales simples de magnesio.....	Mg^{++}
Azufre	
Varios sulfitos.....	SO_3^-
y sulfatos de Ca, K, Mg, etc.....	SO_4^-

(Buckman y Brady, 1982)

Importancia del pH en el suelo.- La asimilación de varios de los elementos esenciales esta afectada drásticamente por el pH del suelo, así como la solubilidad de algunos elementos que

son tóxicos para el crecimiento de las plantas. (Valdes et al., 1988).

El hierro, manganeso y cinc son elementos que tienden a ser menos asimilables cuando el pH del suelo aumenta desde 5.0 hasta el 7.5 u 8.0. La asimilación del molibdeno se ve favorecida con niveles altos de pH. Por otra parte el fósforo se torna más disponible para la planta con pH cercanos a 6.5. (Valdes et al., 1988).

En pH por debajo de 5 al 5.5 el aluminio, hierro y manganeso son solubles casi siempre en cantidad suficiente para ser tóxico. A valores muy altos del pH el ión bicarbonato esta presente, a veces, en cantidades suficientes para impedir la toma normal de otros iones.

Los Minerales en la Planta

Los elementos encontrados en las plantas se dividen en elementos mayores, si se encuentran en cantidades relativamente altas (N, P, K, S) y menores, cuando están presentes en muy pequeñas cantidades (Cu, Fe, Mg, etc.). Los elementos pueden funcionar como: a) constituyentes celulares; b) enzimas o coenzimas; c) antagonicos en el balance metabólico; d) amortiguadores de pH, y e) factores osmóticos. También, por otro lado, cada elemento tiene su papel metabólico específico. (Garcidueñas y Merino, 1985).

Papel metabólico de los elementos.- A continuación se darán las funciones principales de cada elemento dentro del tejido vegetal:

- * El nitrógeno forma del 16 al 18% de la proteínas y es elemento principal del protoplasma.
- * El fósforo es también esencial porque forma los fosfatos de hexosa y triosa, los ácidos nucleicos, coenzimas y transportadores de energía. En general, se puede decir que la energética celular depende del fósforo.
- * El potasio parece estar absorbido en las mitocondrias, formando parte de enzimas activas en la fosforilación oxidativa y tal vez en la síntesis protéica.
- * El calcio es esencial, aunque parcialmente puede ser sustituido por el estroncio. Se encuentra principalmente en la pared celular formando pectato de calcio, que da rigidez a la célula, y su contenido aumenta con la edad; también es cofactor de muchas enzimas en la hidrólisis del ATP y fosfolípidos.
- * El magnesio es absolutamente esencial, pues forma el núcleo de clorofila.
- * El azufre es parte de las proteínas, pues es constituyentes de los aminoácidos cistina, cisteina y metionina. También se encuentra en la coezima A.
- * El hierro forma el núcleo del citocromo y al pasar de Fe^{+2} \leftrightarrow Fe^{+3} induce la oxidorreducción al final del proceso de

la respiración. También tiene un papel importante en la fotosíntesis.

- * El manganeso también pasa de $Mn^{+2} \leftrightarrow Mn^{+3}$. Induce la síntesis de la clorofila y se requiere para la evolución del O_2 en la fotosíntesis.
- * El cobre es por completo esencial porque forma parte de diversas enzimas, en especial la citocromo-oxidasa, que permite la oxidación respiratoria final.
- * El molibdeno forma parte de la nitrato reductasa.
- * El cinc es un componente de las deshidrogenasas; se piensa que puede tener interrelación con los reguladores del crecimiento, pues su deficiencia deja las plantas en roseta.
- * El cloro es vital en reacciones que llevan a la evolución del O_2 en la fotosíntesis.
- * El sodio es funcional, pero quizá no esencial porque puede ser sustituido parcialmente o totalmente por el potasio.
- * El aluminio puede ser importante, pero en trazas, pues en cantidades mayores es tóxico.
- * El cobalto es funcional en coenzimas, pero quizás sustituible.

(Garcidueñas y Merino, 1985).

Fenómenos de toxicidades, deficiencias y desbalances en las plantas.- La carencia o deficiencia severa de muchos elementos puede reconocerse por el aspecto de la planta. En

el cuadro 2 se dan algunas notas características generales de carencias de minerales. Pero ésta se debe certificar con un análisis foliar. (McDowell et al., 1983).

Algunos elementos, aún siendo esenciales, son tóxicos cuando se absorben en exceso. Así, el pH ácido favorece la absorción de hierro y aluminio y la planta puede mostrar síntomas de toxicidad, induciendo floculación. El cobalto es tóxico en cantidades relativamente bajas. (Garcidueñas y Merino, 1985).

Cuadro 2. Síntomas característicos de algunas carencias

Elemento	Planta en general	Hojas	Tallos
N	Demedrada y clorótica Regiones afectadas amarillas	Pequeñas hojas viejas amarillas y secas.	Delgados y leñosos
P	Crecimiento lento; a veces, enana. Sin clorosis ni necrosis	A veces verde muy oscuro y con áreas rojizas.	Delgado rojizos en el ápice.
S	No muy desmedrada	Verde pálida	Delgados.
Ca	Leñosas. Desmedrada	Duras. A menudo con bordes desgarrados A veces café-rojizo	Nudosos y ramificados; ápice muerto.
K	No muy desmedrada, pero con áreas necróticas.	Verde apagado. Necróticas, retorcidas o degarradas.	Delgados; a veces áreas necróticas.
Fe	Clorosis general fuerte	Las jóvenes blancas con nervadura verde.	
Mg	Clorosis mayor en partes viejas	Jóvenes moteadas. Viejas clorosis uni.	Desmedrado.
Mn	Clorosis mayor en ápice	Jóvenes moteadas y viejas normales.	Apice necrosado.

(Garcidueñas y Merino, 1985).

Otros elementos no son esenciales, pero la planta los absorbe en ciertos ambientes, pudiendo resultar nocivos. El selenio existe en alta concentración en algunos suelos; no es tóxico

para la planta, pero algunas malezas como *Astragalus* y *Atriplex* lo absorben en fuerte cantidad y cuando son comidas por el ganado los animales sufren intoxicaciones graves. Lo mismo ocurre con el arsénico. (Garcidueñas y Merino, 1985).

Algunos iones inhiben la absorción de otros, o bien, contrarrestan la función metabólica de otros. A este fenómeno se le llama antagonismo. Por ejemplo, el hierro es antagónico del manganeso; el exceso del magnesio no es tóxico en sí, pero induce deficiencia de potasio. Cuando el fósforo se acumula en los tejidos de la planta, predispone que al pasar el hierro por estos tejidos se precipite a lo largo del tejido conductor, y provoque clorosis. El potasio es antagónico del calcio en su acción metabólica. El exceso de calcio en el suelo inhibe la absorción del manganeso. (Garcidueñas y Merino, 1985).

También ocurre el fenómeno contrario, por lo que un ión favorece la absorción de otro o refuerza su acción metabólica, fenómeno llamado sinergismo. Así, el sodio y el potasio tienen similar acción metabólica. La presencia del boro capacita a la planta para absorber mejor el calcio. (McDowell et al., 1983).

Factores que afectan el contenido de minerales en las plantas.- La concentración de minerales en forrajes dependen de la interacción de varios factores, entre los cuales se incluyen el suelo, la especie de la planta, el estado de madurez, el rendimiento, el manejo del pastoreo y el clima. La ocurrencia natural de la mayoría de las deficiencias minerales en herbívoros esta asociada con regiones específicas y esta directamente relacionada con las características del suelo. Por otro lado, se sabe que las hierbas y las leguminosas son más ricas en varios minerales que las gramíneas. El contenido mineral disminuye con la madurez de la planta debido a un proceso natural de dilución, y al traslado de nutrientes a la raíz. En la mayoría de los casos, el fósforo, potasio, magnesio, sodio, cloro, cobre, hierro, selenio, cinc y molibdeno disminuyen con la madurez de la planta. (McDowell et al., 1983).

El clima, el manejo de forrajes y el rendimiento afecta la composición mineral de las plantas. La presión de pastoreo influenciará radicalmente sobre la especie forrajera predominante y cambiará la relación hoja/tallo, teniendo como resultado que el contenido mineral de la planta también sería afectado. La sobrefertilización con nitrógeno y potasio incrementa la incidencia de "tetania de los pastos", a la vez que el potasio reduce dramáticamente el contenido de sodio en el forraje. El exceso de cal aplicada al suelo puede acentuar

la toxicidad de selenio y molibdeno en el ganado debido al incremento de estos elementos en la planta, al mismo tiempo se pueden generar deficiencias de cobalto y manganeso debido a la disminución de la absorción de estos minerales por las plantas.

Los Minerales en los Tejidos de Animales

Los minerales son nutrientes esenciales para todos los animales e influyen en la eficiencia de la producción del ganado. Se han identificado, como mínimo, 15 minerales como esenciales para los rumiantes. De ellos, hay siete macrominerales que son: calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), magnesio (Mg), y azufre (S); y los ocho microminerales los cuales son: cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y cinc (Zn). (Ammerman, 1983).

Macrominerales.- A continuación se enlistan a los elementos mayores y su respectivas funciones metabólicas dentro de los tejidos de los animales:

Calcio:

El Ca tiene funciones vitales en casi todos los tejidos del cuerpo y tiene que estar disponible para el ganado en las cantidades y proporciones adecuadas. El 99% del Ca se encuentra en los huesos y dientes; el otro 1% esta distribuido ampliamente en los tejidos suaves, con una mayor

concentración en el plasma sanguíneo. El Ca es esencial para la formación del esqueleto, coagulación sanguínea normal, la acción rítmica del corazón, la excitabilidad neuromuscular, la activación enzimática y la permeabilidad de las membranas. Su absorción ocurre en el duodeno, (transporte activo) facilitado por la vitamina D, y en el yeyuno (difusión iónica pasiva). El porcentaje de absorción del Ca disminuye con la edad, altos consumos de fluor y calcio, o bajos consumos de vitamina D. La regulación del nivel de Ca en la sangre es controlada por dos hormonas, la paratiroidea y la calatonina. La excreción del Ca es a través de tres rutas: heces, orina y sudor; siendo la primera la más importante por el volumen en que se excreta. La pérdidas en la orina son mínimas debido a la asociación en los riñones. (Ammerman, 1983, McDowell, et al., 1984 y Balbuena, et al., 1989).

Fósforo:

El fósforo es componente estructural de los huesos, aproximadamente un 80% del P del cuerpo se encuentra en estos tejidos; el otro 20% esta distribuido especialmente en los glóbulos rojos y en el tejido nervioso y muscular, esta involucrado en casi cualquier aspecto del metabolismo. Es también esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen, especialmente aquellos que digieren la celulosa de las plantas, la utilización de la energía de los alimentos, como amortiguador de la sangre y

otros fluidos, muchos sistemas enzimáticos, y el metabolismo de las proteínas. La absorción del P es a través del duodeno (transporte activo), y esta es influenciada por el origen del P, pH intestinal, edad del animal, y consumo de algunos nutrientes incluyendo lactosa, grasa, Ca, Fe, Al, K y Mg; también, la vitamina D, tiene un papel importante en la absorción del P. El exceso de P es excretado por el riñon y es acompañado por pérdidas de sodio y potasio. (Ammerman, 1983; McDowell et al., 1984, De Sousa, et al. 1979 y McDowell, 1992).

Potasio:

El K es el tercer elemento mineral más abundante en el cuerpo animal y el principal catión del fluido intracelular; es, además, un constituyente del fluido extracelular que tiene influencia en la actividad muscular. El K es esencial para la vida, siendo requerido por una variedad de funciones corporales incluyendo balance osmótico, equilibrio ácido-base, varios sistemas enzimáticos y balance del agua. Un balance iónico existe entre el potasio, sodio, calcio y magnesio. (McDowell et al., 1984 y Balbuena, et al., 1989). El K es excretado dentro del intestino a través de los fluidos digestivos, pero mucho es reabsorbido en las reacciones más altas del mismo intestino. Esta absorción se da por simple difusión. El exceso de K es eliminado por vía urinaria. Altos consumo de Na pueden incrementar la excreción de K. La

aldosterona incrementa la resorción de Na y pérdida de K en la orina. (Ammerman, 1983).

Magnesio:

El magnesio es distribuido ampliamente entre los tejidos de las plantas y animales con el 70% del total de Mg del cuerpo presente en el esqueleto. Es vital en el metabolismo de los carbohidratos y lípidos como un catalizador de una variedad de enzimas. Es requerido para la oxidación celular y ejerce una influencia potente en la actividad neuromuscular. (McDowell et al., 1984). El magnesio es absorbido por todo el tracto digestivo, pero en rumiantes la mayor absorción se lleva a cabo en la porción reticulo-rumen. Altos niveles de consumo de P o Ca afectan adversamente en la absorción. El Mg es escretado por vía urinaria y fecal y secretado en la leche, pero la orina es la principal vía de excreción. (McDowell, 1992).

Microminerales.- A continuación se mencionan las principales actividades metabólicas de los elementos menores más importante:

Manganeso:

El manganeso esta distribuido por todo el cuerpo en mayor cantidades en los huesos, hígado, riñones y páncreas y en poca cantidad en los músculos. El órgano de almacenamiento de este elemento es el hígado. Es necesario en el cuerpo para una estructura ósea normal, para la reproducción y para el

funcionamiento normal del sistema nervioso central. El manganeso es un metal cofactor para muchas enzimas envueltas en el metabolismo de carbohidratos y en la síntesis de mucopolisacáridos. (McDowell et al., 1984).

Cobre:

El cobre es esencial para la utilización del Fe en la síntesis de la hemoglobina, en funcionamiento de sistemas enzimáticos, como componentes de varios pigmentos del organismo, y está envuelto en el sistema nervioso central, en el metabolismo del hueso y en la función del corazón. El cobre está interrelacionado con otros factores dietéticos que incluyen Mo, S, Zn, Fe, proteína y otros elementos traza. (Ammerman, 1983, De Sousa, et al., 1980 y McDowell et al., 1984). En la mayoría de las especies el Cu es pobremente absorbido. Frecuentemente sólo el 1 al 3% del Cu es absorbido en rumiantes. El cobre se puede absorber en todos los segmentos del tracto digestivo. (McDowell, 1992).

Hierro:

El Fe juega un papel vital en el metabolismo animal, especialmente en el proceso de respiración celular, como un componente de la hemoglobina, mioglobina y citocromo, y en ciertas enzimas. El hierro tiene actividad en el proceso de oxidación-reducción y en el de transporte de electrones. Los animales tienen una limitada capacidad de excretar el Fe, debido a que la homeostasis en el cuerpo es controlada por la absorción; ésta es afectada por: la edad, condición del

tracto intestinal, las formas químicas de la ingestión de Fe y la proporción de otros componentes en la dieta. El Fe absorbido es retenido con gran tenacidad y por lo tanto no es perdido excepto en presencia de hemorragias. El poco Fe que se escruta se va por las heces y orina; al igual que algunas pérdidas por desescamación y pérdidas de pelo. (McDowell, 1992).

Cinc:

El Zn esta envuelto principalmente en el metabolismo del ácido nucléico y las proteínas y, consecuentemente, en los procesos fundamentales de replicación celular. La utilización de aminoácidos en la síntesis de proteínas llega a ser incompleta en deficiencia de cinc. Alrededor de 1/3 del cinc es absorbido en el abomaso y el resto es a través del intestino delgado. El Zn absorbido en el intestino es llevado al hígado, el cual es órgano principal del metabolismo de este elemento. Éste es escretado principalmente por las heces, pero cantidades significativas se pierden en el sudor. (McDowell et al., 1984).

Requerimientos Minerales, Deficiencias y Toxicidades

Antes de empezar este tema se debe conocer y diferenciar entre requerimientos, tolerancias, deficiencias y toxicidades. Se entiende por requerimiento a la cantidad adecuada de algun nutriente, en este caso minerales, que necesita un animal para poder llevar a cabo, de una manera satisfactoria, sus

funciones metabólicas del día. Tolerancia es aquel rango en el que se pueden mover la ingesta de un mineral sin llegar a provocar disfunciones metabólicas. Toxicidad y deficiencia son los estados en que se puede encontrar un elemento dentro de los tejidos del animal y estar provocando disfunciones metabólicas al mismo. En la figura 1 se explican en forma gráfica éstos conceptos.

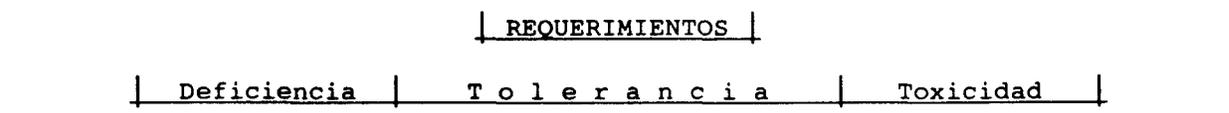


Figura 1. Comportamiento de las diferentes concentraciones de minerales

Los requerimientos, niveles de tolerancia y deficiencia para los animales en agostadero se van a enlistar a continuación:

Calcio y Fósforo:

Los requerimientos dependen de la edad del animal, etapa productiva, especie animal, nivel de producción, época del año, tipo de ingesta y relación con otros nutrientes. (McDowell, 1976 , De Souda, et al., 1979 y McDowell et al., 1983). Una nutrición adecuada de Ca y P no depende solamente de un suficiente abastecimiento dietético, ya que también influyen las formas químicas en que se presentan en la dieta y el nivel de vitamina D en la ingesta del animal. Otro factor importante es la relación Ca:P. Ésta se asume que es ideal entre 1:1 a 2:1 para el crecimiento y formación osea. Los rumiantes pueden tolerar un rango más grande de Ca:P,

cuando el estatus de vitamina D también es elevado. Con tazas dietéticas por debajo de 1:1 y sobre 7:1, el crecimiento y la eficiencia del alimento decrece significativamente. Con cantidades excesivas de calcio o fósforo en la relación, la disponibilidad de ciertos elementos traza decrecen. Los requerimientos del ganado vacuno indican que 0.16 a 1.53% de Ca y 0.17 a 0.59% de P son los adecuados para el crecimiento y el engorde. (McDowell, 1992). Los niveles tolerables son de 2% para el calcio y de 1% para el fósforo. (NRC, 1980).

Magnesio:

Los requerimientos dietéticos de Mg en ganado varían de acuerdo a las especies y razas de los animales, su edad y proporción de crecimiento o producción. Los niveles dietéticos altos de Ca y P reducen la absorción de Mg. Los requerimientos del ganado para su buen desarrollo y engorde son de 0.10% de Mg. (McDowell, 1992; Balbuena et al., 1989; McDowell et al., 1984; y McDowell et al., 1983). El ganado es tolerable hasta 0.5% de magnesio. (NRC, 1980).

Manganeso:

Los requerimientos mínimos de manganeso en la dieta de rumiantes no son bien reconocidos pero el rango más probable está entre 20 y 40 ppm. Los requerimientos de manganeso son sustancialmente más bajos para el crecimiento que para un comportamiento reproductivo óptimo y son incrementados cuando se tienen altos consumos de Ca y P. El Mn está entre los menos tóxicos de los elementos traza esenciales. El nivel

tolerable máximo para este elemento es de 1000 ppm. (McDowell, 1992; McDowell, 1984 y NRC, 1980).

Cobre:

Los requerimientos de cobre estan ampliamente influenciados por la interacciones de otros componentes dietéticos, especialmente el molibdeno y azufre. Los requerimientos de Cu del ganado vacuno para que este creciendo y sano es aproximadamente de 8 ppm con adecuados contenidos de molibdeno, azufre, cinc y fierro. (McDowell, 1992; Balbuena et al., 1989 y De Sousa et al., 1980). Los niveles máximos tolerables para el ganado es de 1000 ppm. (NRC, 1980).

Hierro:

Los requerimientos del Fe en los rumiantes no estan bien establecidos, sin embargo, es conocido que los animales jóvenes tienen requerimientos más altos que los adultos. Para los rumiantes adultos estos estan estimados en un rango de 20 a 50 ppm mientras los requerimientos para los terneros son de 100 ppm. (Balbuena et al., 1989; McDowell et al., 1984). Los niveles máximos tolerables para el ganado son 1000 ppm. (NRC, 1980).

Cinc:

El requerimiento mínimo de Zn de los rumiantes varía con la forma química y la interacción con otros elementos. El requerimiento sugerido es de 30 ppm para el ganado vacuno de carne. El límite de tolerancia depende principalmente de los contenidos relativos de Ca, Cu, Fe, y Cd con los cuales en Zn

interactúa en el proceso de absorción y utilización. Niveles más arriba de 500 ppm son considerados tóxicos para el ganado en agostadero. (McDowell et al., 1990 y McDowell et al., 1984).

METODOLOGIA

En la elaboración de esta investigación se muestrearon seis 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; tres de los cuales situados en suelo de orden regosol, dos en orden xerosol y uno en orden litosol, 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.

Metodología para el 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 tratando de que sea de una manera totalmente al azar; 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 muestra 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, fierro, magnesio, manganeso y cinc se puso en práctica el siguiente procedimiento: Todo el suelo fue secado perfectamente al sol, posteriormente fue cribado en un tamíz número 10; del total de la muestra se tomaron 5 gramos de suelo seco y se le añadió 20 ml. de solución doble ácido (H_2SO_4 0.025 N + HCL 0.05 N), se agitó por un período de 5 minutos y se filtró, este extracto se empleó para ser leído por el espectrofotómetro de absorción atómica (EAA).

Determinación del pH del suelo.- En un vaso precipitado de 50 ml. se ponen 10 gramos de suelo, luego se le añaden 10 ml. de agua destilada, todo esto se deja reposar por un período de 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.

Asignación de los ordenes de suelo.- Para la identificación de los ordenes de suelos a los que pertenecían los ranchos se emplearon los mapas cartográficos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), y con la colaboración de los dueños para la perfecta ubicación de los ranchos en los mapas.

Metodología para la Recolección y Procesado del 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 plantas que ellos consumían. De ésta 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).

Recolección de las muestras de forraje.- 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 plásticos 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 de los forrajes.- Las plantas se dejaban a que se descongelen y luego eran pasadas a un horno de aire forzado a una temperatura de 50 grados centígrados. El secado de las plantas se hace en un tiempo aproximado de 16 horas, las cuales deben estar en bolsas de papel. Luego se permite que las muestras entren en equilibrio con la humedad ambiental por un período de 48 horas. Después de esto las muestras eran molidas en un molino Wiley a través de una criba de 4 mm y luego una submuestra a través de una criba de 1mm , ambas cribas deben de ser de acero inoxidable. Todo el material molido se guardaba en bolsas de plástico perfectamente selladas, para que luego se haga la dilución de los minerales.

Para la incineración y dilución se hace de la siguiente manera: Tomar los crisoles y secarlos en estufa a 100 grados centígrados por 2 hrs. Retirar los crisoles y enfriarlos en un desecador por 2 horas. Pesar los crisoles en balanza analítica. Pesar aproximadamente 5 gr de muestra de forraje secado al aire, sin retirar el crisol del plato de la balanza. Hacer duplicado de cada muestra. Pesar el crisol más la alícuota (muestra de 5 gr). Colocarlos a 100 grados centígrados por toda la noche o 16 hrs. Retirar de la estufa y enfriarlos en un desecador durante 2 horas. Pesar el crisol

más materia seca. Meterlo a la mufla a 200 grados centígrados y luego elevar la temperatura a intervalos de 100 hasta alcanzar 500 grados. Mantener a esta temperatura por lo menos 8 horas. Retirar los crisoles después que se hayan enfriado parcialmente (No dejar que se enfrien del todo) y ponerlos en desecador por 2 horas hasta que se enfrien. Pesar los crisoles con cenizas. Poner los crisoles en una plancha caliente para hidrólisis ácida. Humedecer las cenizas con unas gotas de agua deionizada. Agregar aproximadamente 5 ml. de HNO_3 al 50%. Evaporar la solución de HNO_3 hasta la mitad del volumen. Agregar HNO_3 al 10% hasta $\frac{2}{3}$ partes del volumen del crisol. (Enjuagar los lados del crisol con esta adición). Evaporar la solución hasta 10 ml. y no permitir que se seque. Agregar agua deionizada hasta $\frac{2}{3}$ partes del crisol. Evaporar la solución hasta cerca de 5ml. Remover el crisol de la plancha caliente. Enjuague el embudo que contiene el papel filtro con HNO_3 al 10% en un vaso (beaker). Colocar el embudo en el cuello de un frásco volumétrico de 50 ml., teniendo cuidado de permitir que el aire salga al momento de vertir el líquido. Limpiar las paredes del crisol con la ayuda de una paleta y el ácido que contiene con movimientos de arriba hacia abajo. Transferir la solución al filtro con la ayuda de la paleta. Agregar 5 ml. de agua deionizada y repetir la transferencia. Enjuagar el crisol, papel filtro y la paleta con dos porciones de 3 ml. de agua deionizada, dejar escurrir el papel filtro entre cada lavado. Retirar el papel filtro y

enjuagar el embudo y la punta cuando se retira. Ajustar el volumen a 50 ml. mediante el lavado del cuello del frasco volumétrico. Mezclar invirtiendo el frasco por lo menos 8 veces. Transferir a frascos de almacenamiento (polietileno), para su posterior lectura en el EAA.

Metodología para la Recolección y Procesado de la Sangre

Se tomaron 5 muestras de sangre de 10 a 15 ml., cada una, de animales adultos tomados completamente al azar. Toda la metodología, tanto de muestreo como de procesado fue la descrita por Fick et al. (1979).

Toma de las muestras de sangre.- El método que se uso para obtener la sangre fue el de punción de la vena coccígea, en la base de la cola, con la ayuda de jeringas desechables, posteriormente se recibían en tubos de ensayo, cuidando de no provocar hemólisis, los cuales se colocaban con una inclinación de 45 grados, 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 es el siguiente: a) Dispensar

9 ml. de ácido tricloracético (TCA) al 10% en un tubo de ensayo marcado. b) 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. c) Mezclar (tapado) por un minuto en un agitador "Vortex".d) Dejar en reposo por lo menos 10 minutos y despues centrifugarlo por 10 minutos a 2500 rpm. e) Decantar el sobrenadante si se desea guardar por un período más largo. El sobrenadante representa una dilución de 1 a 10 de la muestra de suero. Los estándares se deben diluir con TCA en la misma manera. Posteriormente esta dilución se lee con el EAA.

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 Universidad Autónoma de Nuevo León.

RESULTADOS

De los ranchos muestreados, tres estaban bajo el orden regosol, los cuales eran: Monteverde, situado en el municipio de Lampazos; La Casita, en el municipio de Sabinas Hidalgo; y San Antonio, en el municipio de Vallecillo. Dos bajo el orden xerosol, siendo estos: El Ojito y El Cuervo, ambos ubicados en el municipio de Vallecillo. Y el rancho Aurora bajo el orden litosol.

La precipitación promedio de estos ranchos iba de 350 a 420 mm. y la temperatura promedio variaba de 15.8 a 30.1 grados centígrados en la época en que se llevó a cabo el estudio.

Los resultados obtenidos en las muestras de pastos (Cuadro 4), arbustos (Cuadro 5), suelo (Cuadro 6) y suero sanguíneo (Cuadro 3) que a continuación se muestran, dan una imagen más o menos clara del perfil mineral en suelo, planta y animal para los tres diferentes ordenes de suelo, presentes en el Estado de Nuevo León.

Cuadro 3. Contenido de macrominerales (mg/100 ml) y microminerales (ppm) en suero sanguíneo de animales bajo los ordenes regosol, xerosol y litosol.

ELEMENTO	NC	R E G O S O L		X E R O S O L		L I T O S O L	
		PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC
Calcio	<8.00	21.67	0.0	23.86	0.0	17.29	0.0
Fósforo	<4.50	7.34	1.4	5.71	10.0	3.57	13.0
Magnesio	<2.00	3.80	0.0	3.77	2.0	3.57	8.7
Potasio	<16.00	24.30	0.0	21.66	0.0	24.04	0.0
Cobre	<0.60	1.05	0.0	0.90	7.8	0.80	10.1
Fierro	<0.60	2.21	5.2	2.15	12.6	1.92	14.4
Manganeso	<0.05	0.21	0.0	0.12	0.0	0.11	0.0
Cinc	<0.50	19.95	0.0	19.44	0.0	19.13	0.0
Sodio	<156.00	262.22	0.0	260.00	0.0	254.00	0.0

NOTA: (NC) Nivel crítico bajo; (%<NC) Porcentaje de muestras abajo del nivel crítico.

Cuadro 4. Contenido de macromineral (mg/100ml) y microminerales (ppm) de gramíneas para ordenes regosol, xerosol y litosol.

ELEMENTO	NC	R E G O S O L		X E R O S O L		L I T O S O L	
		PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC
Calcio	<0.30	3.18	0.00	3.12	0.00	1.56	0.00
Fósforo	<0.25	0.18	63.00	0.11	67.30	0.04	88.10
Magnesio	<0.20	0.53	19.00	0.26	25.00	0.25	50.00
Potasio	<0.07	2.02	0.00	1.68	9.00	1.06	14.05
Sodio	<1000.00	600.00	88.00	600.00	100.00	500.00	100.00
Cobre	<10.00	30.00	0.00	27.00	0.00	13.00	4.00
Fierro	<100.00	710.00	0.00	1210.00	0.00	700.00	0.00
Manganes	<40.00	198.00	0.00	132.00	3.80	83.00	7.90
Cinc	<50.00	92.00	0.00	82.70	0.00	68.60	4.50

NOTA: (NC) Nivel crítico bajo; (%<NC) Porcentaje de muestras abajo del nivel crítico.

Cuadro 5. Contenido de macrominerales (mg/100ml) y microminerales (ppm) de la vegetación arbustiva para ordenes regosol, xerosol y litosol.

ELEMENTO	NC	R E G O S O L		X E R O S O L		L I T O S O L	
		PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC
Calcio	<0.30	2.82	0.00	2.08	0.00	2.10	0.00
Fósforo	<0.25	0.18	60.00	0.09	61.03	0.08	85.10
Magnesio	<0.20	0.74	15.00	0.54	20.00	0.36	44.39
Potasio	<0.07	1.22	0.00	1.18	2.01	1.20	3.86
Sodio	<1000.00	900.00	74.00	800.00	88.00	650.00	95.32
Cobre	<10.00	63.00	0.00	25.00	0.00	22.00	1.92
Fierro	<100.00	150.00	0.00	140.00	0.00	170.00	0.00
Manganes	<40.00	67.00	3.10	55.00	6.30	32.00	14.50
Cinc	<50.00	93.70	0.00	93.00	0.00	94.70	0.00

NOTA: (NC) Nivel crítico bajo; (%<NC) Porcentaje de muestras abajo del nivel crítico.

Cuadro 6. Contenido de macrominerales y microminerales (ppm) para suelos de orden regosol, xerosol y litosol y el pH respectivo.

ELEMENTO	NC	REGOSOL		XEROSOL		LITOSOL	
		PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC	PROMEDIO	%<NC
Calcio	<71.00	7595.00	0.00	7386.00	0.00	6630.00	0.00
Fósforo	<17.00	3.80	63.00	2.80	100.00	1.80	100.00
Magnesio	<30.00	350.70	0.00	303.40	0.00	139.30	0.00
Potasio	<62.00	146.40	0.00	144.70	17.00	136.90	19.00
Sodio		198.00		61.30		30.70	
Cobre	<0.30	1.40	0.00	1.00	8.00	0.80	12.56
Fierro	<2.50	13.60	0.00	12.60	0.00	4.80	8.30
Manganeso	<5.00	1.60	39.00	1.20	67.32	1.00	78.53
Cinc	<1.50	17.08	0.00	15.30	0.00	5.20	0.00
pH		8.37		8.48		8.41	

NOTA: (NC) Nivel crítico bajo; (%<NC) Porcentaje de muestras abajo del nivel crítico.

DISCUSION

Calcio

El nivel sérico de calcio, de 21.67, 23.86 y 17.29 para los ordenes regosol, xerosol y litosol respectivamente, estan excedidos de los valores normales (8-12 mg/100 ml.), casi dos veces éstos, lo cual esta corroborado con los altos niveles encontrados en los pastos, arbustos y en el suelo. Gartenberg, et al (1989), menciona que esto se puede deber al material parental del que provienen todos los suelos estudiados, que son de tipo calcáreo, lo último se confirma aún más ya que el pH de los suelos es de carácter alcalino, variando los valores de 8.37 a 8.48.

Fósforo

Se encontró que el fósforo fue el mieral que se mantuvo deficiente en la mayoría de los tejidos y suelos estudiados, esto va de acuerdo con trabajos de McDowell (1976), donde hace alusión que el mineral más deficiente en toda América Latina es el fósforo. Se observó que hay una jerarquización dentro de las deficiencias con relación a los ordenes de suelo, siendo el orden litosol el más deficiente y el regosol el menos deficiente, pasando por el xerosol que se comporato de una manera intermedia. En todos los tejidos como en suelo se mantuvo esta jerarquización, presentandose las mayores deficiencias en el suelo, luego en las gramíneas, arbústos y

por último en el suero sanguíneo. Quizás este ordenamiento se deba, como menciona Miller (1974) al grado de homeostasis que se presenta en el animal. Por otra parte, como citan Buckman y Brady (1982), 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 seguidamente por el animal. El mismo autor hace mención que cuando el pH del suelo es por abajo de 7.5 las formas de varios nutrientes pueden cambiar, alterando su disponibilidad y cuando el pH es más que 7.0 el calcio tiende a acumularse.

Magnesio

Los contenidos de magnesio para los tres ordenes de suelo no fueron deficientes, pero en los arbustos, gramíneas y sueros sanguíneos se presentó una moderada deficiencia. Como mencionan McDowell (1992), Buckman y Brady (1982) y Garcidueñas y Merino (1985), el efecto del pH alcalino tuvo que ver con la absorción y disponibilidad del magnesio. Esto concuerda con trabajos hechos por Gartenber, et al. (1989).

Potasio

El potasio del suelo y forraje no fue deficiente en el orden regosol, no siendo así en el xerosol y litosol, éste último fue el más deficiente. Buckman y Brady (1982) hacen mención de que el pH del suelo no interfiere en la disponibilidad del potasio. No se presentó deficiencia en el suero sanguíneo de

ninguno de los animales muestreados correspondientes a los tres ordenes de suelo.

Sodio

Se encontraron valores bajos de sodio en los forrajes analizados, lo que concuerda con el estudio de Gartenberg, et al. (1989), que indica que las pasturas son por lo general deficiente en este elemento, sin embargo, los valores para suero sanguíneo fueron normales para todos los ordenes de suelo. Esto se debe posiblemente a que el animal puede conservar sus reservas del elemento en cuestión disminuyendo la excreción de éste en la orina (McDowell, et al. (1984).

Cabe mencionar que otra posible razón de haber encontrado valores de sodio normales en el suero sanguíneo de los animales, aún cuando la mayoría de los forrajes presentaban valores bajos de este elemento, fue el hecho de que la gran parte, de los animales estudiados, recibían una suplementación con sal común (NaCl).

Fierro

Para el caso del Fe, los forrajes reportaron cifras de 710, 1200 y 700 ppm para regosol, xerosol y litosol respectivamente. Como se ve estos valores se encuentran por arriba de lo normal (100 ppm); sin embargo, los valores del elemento en suero sanguíneo se mantuvo dentro del rango

normal de 0.6 a 2.7 ppm siendo los resultados obtenidos de 2.21, 2.15 y 1.92 ppm para regosol, xerosol y litosol respectivamente; esto se explica ya que el NRC (1980) reporto que sólo con ingestiones arriba de 1000 ppm de Fe se reducían los aumentos de peso y aumentaban las concentraciones del elemento en los tejidos.

Cinc

En los análisis practicados al forraje resultaron valores altos de Zn, siendo estos 92, 82.7 y 68.6 ppm para gramíneas y 93.7, 93 y 94.7 ppm para arbustos en regosol, xerosol y litosol respectivamente, de la misma forma tal vez debido a lo anterior, el suero sanguíneo de los animales presentó valores promedios de 19.95, 19.44 y 19.13 ppm para los respectivos ordenes que estan por encima del rango de 0.5 a 1.2 ppm que es lo que reporta la literatura como normal, no obstante, este elemento es relativamente poco tóxico (NRC, 1980) en concentraciones arriba de 900 ppm.

Manganeso

Se encontraron valores bajos de este elemento en los forrajes, lo cual, se puede deber a que el contenido de los suelos es también deficiente en un 39, 67.32 y 78.53 % para el total de las muestras en suelo regosol, xerosol y litosol, respectivamente. Esto no se cumple en los valores de suero sanguíneo ya que del total de las muestras se presentó

un 0 % de deficiencias dentro de los tres ordenes de suelo; esto se puede deber al grado de homeostasis presentada para este elemento dentro del animal, esto es que a consumos deficientes en Mn el animal se protege disminuyendo sus excreciones. (Miller, 1974).

Cobre

Los valores de cobre en el suero sanguíneo fue deficiente en un 7.8 y 10.1 % para los ordenes xerosol y litosol, cuando los valores de los forrajes casi duplicaban el nivel estandard de 10 ppm. Estos valores se pudieron deber a la interferencia causada por las proporciones altas de zinc en el suero de los animales. (Ammerman, 1983). En el caso del orden regosol, los valores en suelo, gramíneas, arbustivas y suero sanguíneo se mantuvieron por arriban del nivel estandard dando un 0 % de deficiencias en todos los tejidos y suelos.

De una forma global se observó que se presentaron mayor número de deficiencias en el orden litosol (22), seguido por el xerosol (18) y por último el orden regosol (10), siendo este ultimo el que menos deficiencias mostraba ya sea en suelo, gramíneas, arbustos y suero sanguíneo; lo cual significa que puede existir una tendencia a la zonificación de las deficiencias minerales dependiendo el orden de suelo al que pertenece el suelo en cuestión. Esto se ve corroborado

con trabajos hechos por Kiatoko, et al. en 1982 en Florida, en los cuales evaluó los estatus nutricionales del ganado bovino porcedente de 4 ordenes de suelo.

Por último, este trabajo se puede tomar como base para programar una suplementación de los minerales haciendo una zonificación por ordenes de suelo.

CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó el estudio, se concluye:

1. Existe una tendencia a la zonificación por ordenes de suelo de acuerdo al contenido mineral de los mismos.
2. La reacción Ca:P de 1:1 ó 2:1 no se mantiene en ningún tipo de orden.
3. Los datos anteriores comprueban una vez más que los animales bajo condiciones de agostadero no son capaces de cumplir con sus requerimientos minerales, por lo que se hace indispensable la suplementación de los mismos para lograr un proceso productivo más eficiente.

RESUMEN

En la elaboración de esta investigación se muestrearon seis 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; tres situados en suelo de orden regosol, dos en orden xerosol y uno en orden litosol, en el Estado de Nuevo León.

En cada rancho se tomaron cinco muestras de suelo, forraje y tejido animal (suero sanguíneo). También se recabó información sobre la precipitación pluvial y temperatura ambiental promedio de cada explotación. Con el empleo del espectrofotómetro de absorción atómica se analizaron: calcio, fósforo, magnesio, potasio, cobre, fierro, manganeso, cinc y sodio y para los suelos se le determinó el pH con la ayuda de un potenciómetro. La técnica de muestreo y procesado del suelo fue la descrita por Bahía (1978), y la de colección y procesado de forraje y tejido animal fue el descrito por Fick et al. (1979).

Se encontró un nivel alto de calcio en el suero sanguíneo concordando con los altos valores hallados en arbustos, gramíneas y suelo. Estos valores se pueden deber al material parental de los suelos muestreados, que eran de tipo calcáreo, esto último se comprueba con el pH del suelo el

cual fue alcalino, para todos los ordenes de suelos. Para el fósforo, en todos los tejidos e incluyendo el suelo fueron deficientes, esto se puede deber al pH alcalino el cual interviene en la disponibilidad de este elemento. De la misma manera el pH influyo en la absorción y disponibilidad del magnesio en las plantas y animales, ya que en suelo este elemento no fue deficiente.

De los microminerales el elemento más deficiente fue el manganeso, seguido por el cobre, esto sólo en suelo y tejido vegetal ya que en suero sanguíneo no se mostró deficiencia alguna en manganeso pero en cobre se observó una ligera deficiencia sobre todo en el orden litosol seguido por el xerosol.

De una manera global se observó que se presentaron mayor número de deficiencias en el orden litosol (22), seguido por el xerosol (18) y pro último el orden regosol con 10 deficiencias, ya sea en suelo, tejido vegetal o animal.

Considerando los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó el estudio, se concluye: 1. Existe una tendencia a la zonificación por ordenes de suelo. 2. La relación Ca:P no se mantiene en ningún tipo de orden. 3. Se comprueba que los animales bajo condiciones de agostadero no son capaces de cumplir con sus requerimientos minerales.

BIBLIOGRAFIA

- Ammerman, C.B. y Goodrich, R.D. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. J Anim Sci. 57:519 - 533.
- Bahia, V.G. 1978. Techniques of soil sampling and analysis. En "Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants". Editado por Conrad, J.H. y McDowell, L.R. University of Florida, Gainesville, Florida. pp 27 - 29.
- Balbuena O., Luclanl, C.A., McDowell, L.R., Conrad, J.H. y Martin, F.G. 1989. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 1. Fósforo y calcio. Veterinaria Argentina. Vol VI #54 Junio. pp 241 - 253.
- Balbuena, O., McDowell, L.R., Toledo, H.O., Conrad, J.H., Mufarrege, D. y Wilkinson, N. 1989. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 2. Magnesio, potasio y sodio. Veterinaria Argentina. Vol VI #55 Julio. pp 296 - 308.
- Balbuena O., Luclanl, C.A., McDowell, L.R., Conrad, J.H. y Martin, F.G. 1989. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 3. Cobre, molibdeno y azufre. Veterinaria Argentina. Vol VI #56 Agosto. 364 - 374.
- Balbuena O., Wilkinson, N., Toledo, H.O., McDowell, L.R., Conrad, J.H. y Martin, F.G. 1989. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de

- las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 4. Zinc, hierro y manganeso. Veterinaria Argentina. Vol VI #59 Noviembre. pp 584 - 594.
- Balbuena O., Luciani, C.A., McDowell, L.R., Conrad, J.H. Wilkinson, N. y Martin, F.G. 1990. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 5. Cobalto y selenio. Veterinaria Argentina. Vol VII #61 Enero. pp 25 - 32.
 - Buckman, O.H. y Brady, C.N. 1982. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. 1er Ed. Editorial UTEHA. México. pp 19 - 47.
 - Church, D.L. y Pond, W.G. 1987. Fundamento de Nutrición y Alimentación de Animales. 1er Ed. Editorial LIMUSA. México. pp 155 - 217.
 - De Sousa, J.C., Conrad, J.H., Blue, W.G. y McDowell, L.R. 1979. Interrelacoes entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal. I. Calcio e fósforo. Pesq Agrop Bras. 14(4): 387 - 395.
 - De Sousa, J.C., Conrad, J.H., McDowell, L.R., Ammerman, C.B. y Blue, W.G. 1980. Interrelacoes entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal. II. Cobre e molibdenio. Pesq Agrop Bras. 15(3): 335 - 341.
 - Espinoza, J.E., McDowell, L.R., Wilkinson, N.S., Conrad J.H. y Martin, F.G. 1991. Monthly variation of forage and soil minerals in central Florida. I. Macrominerales. Commun in Soil Sci Plant Anal. 22:1123 - 1136.

- Espinoza, J.E., McDowell, L.R., Wilkinson, N.S., Conrad J.H. y Martin, F.G. 1991. Monthly variation of forage and soil minerals in central Florida. I. Trace minerales. Commun in Soil Sci Plant Anal. 22:1137 - 1149.

- Fick, K.R., McDowell, L.R., Miles, P.H., Wilkinson, N.S, Funk, J.D. y Conrad, J.H. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. 2da Ed. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida, Gainesville, Florida, EEUU. pp 201 - 401.

- Garcidueña, R.M. y Merino, R.M. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada. 3er Ed. Editorial McGraw-Hill. México. pp 130 -149.

- Gartenberg, P.K., Rodriguez, D.M., McDowell, L.R., Wilkinson, N.S. y Martin F.G. 1989. Evaluation of the mineral status of cattle in Northest Mexico. I. Mcroelements and crude protein. Nutrition Reports International. Vol 40 # 2. pp 367 - 375.

- Kiatoko, M., McDowell, L.R., Bertrand, J.E., Chapman, H.L., Pate, F.M., Martín, F:G. y Conrad, J.H. 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 Anim Sci. 55(1):28 - 37.

- McDowell, L.R. 1976. Mineral deficiencies and toxicities and their effect in beef production in developing countries. En "Beef Cattle Production in Developing Countries. Editado por Smith, A.J. University of Edinburgh, Centre for Tropical Veterinary Medicine. pp 216 - 241.

- McDowell, L.R., Conrad, J.H., y Ellis, G.L. 1983. Deficiencias y toxicidades minerales del ganado en pastoreo. En "Primer Curso Internacional de Bovinos para Leche". Asociación de Zootecnistas de Nariño, Nariño, Colombia. pp 1 - 32.
- McDowell, L.R., Conrad, J.H., Ellis, G.L. y Loosli J.K. 1984. Minerales Para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida, Gainesville, Florida. Pp 87.
- McDowell, L.R., Ellis, G.L. y Conrad, J.H. 1984. Suplementos minerales para el ganado vacuno de pastoreo en las regiones tropicales. Revista Mundial de Zootecnia. vol 52. pp 1 - 12.
- McDowell, L.R. 1985. Nutrition og Grazing Ruminants in Warm Climates. 1er Ed. Editorial Academic Press. pp 26 - 403.
- McDowell, L.R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. 1er Ed. Editorial Academic Press. pp 165 - 311.
- Miller, W.J. 1974. New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy cattle. A review. J Dairy Sci. 58(10):1549 - 1560.
- Mtimuni, J.P., Conrad, J.H., McDowell, L.R. 1983. Effect of season on mineral concentrations in beef cattle in Malawi. S Afr Anim Sci. 13: 1 - 2.
- NRC, 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals. 1er Ed. Editorial National Academy Press. Wachington. pp 24 - 277.

- Vargas, E., Sanchez, J., Fonseca, H. y McDowell, L.R. 1989. Contenido proteico y mineral en los forrajes del pacifico norte y central de Costa Rica. I. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. Agronomía Costarricense. 13 (1):73 - 82.

- Velasco, H.M. 1983. Uso y Manejo del Suelo. 1er Ed. Editorial LIMUSA. México. pp 103 - 106.

Centro de Información-Biblioteca



3000200533636