

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**



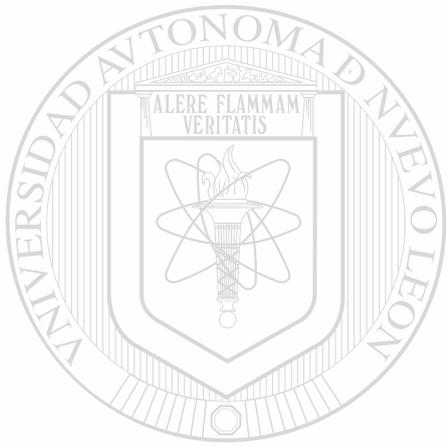
**PERFIL MINERAL DEL SUELO, FORRAJE Y TEJIDOS
DEL GANADO EN AGOSTADEROS DEL
ESTADO DE NUEVO LEON**

POR

GILBERTO T. ARMIENTA TREJO

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS
con Especialidad en Producción Animal**

DICIEMBRE 1995



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PERFIL MINERAL DEL SUELO, FORRAJE Y TEJIDOS
DEL CARIADO EN AGOSTADEROS DEL
ESTADO DE NUEVO LEÓN

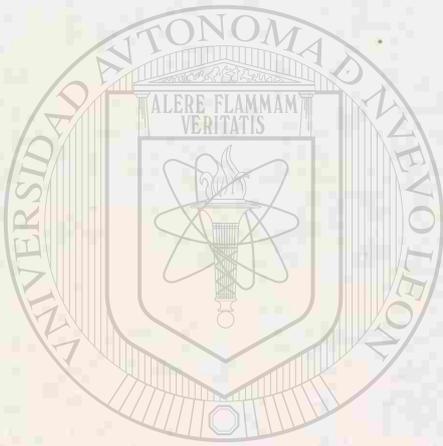
G.T.A.T.

TD
SB193
.3
.N8
A7
1995
c.1

19



1080125912



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

Dr. Jorge Kawas:

Mis gracias por su apoyo,
comprensión y sobre todo por la gran
cantidad de conocimientos que me ha
transmitido y gracias también por ser un gran
maestro.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

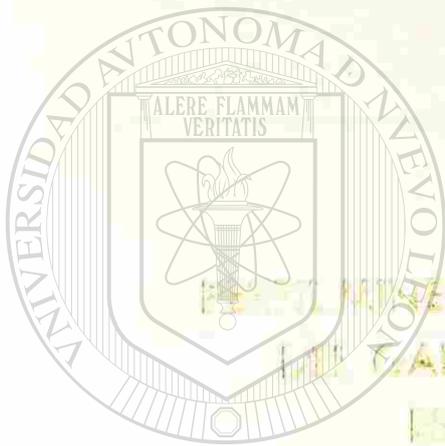
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

Amg
24-AIE-96

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

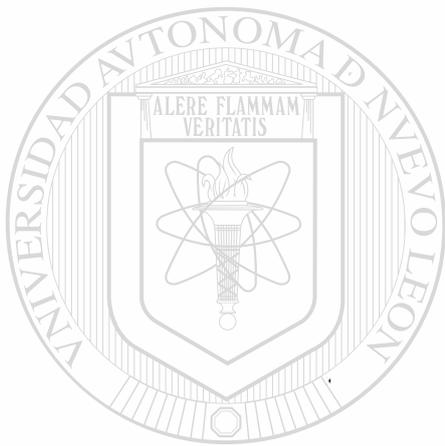
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

GILBERTO T. ZAMORA ARRIAGA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS
con Especialidad en Producción Animal

DICIEMBRE 1992

SB193
-3
-N8
A7
1995



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

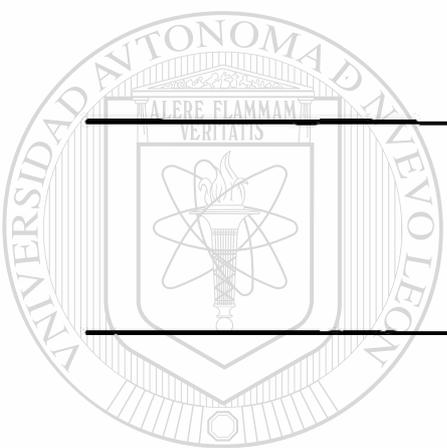


**PERFIL MINERAL DEL SUELO, FORRAJE Y TEJIDOS DEL GANADO EN
AGOSTADEROS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN**

Aprobación de la Tesis:



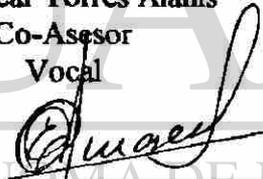
Dr. Jorge R. Kawas Garza
Asesor Principal
Presidente



Dr. Roque Ramírez Lozano
Co-Asesor
Secretario



Dr. Oscar Torres Alanís
Co-Asesor
Vocal



Dr. Emilio Olivares Saénz
Co-Asesor
Vocal



Dr. Antonio Salinas Meléndez
Co-Asesor
Vocal

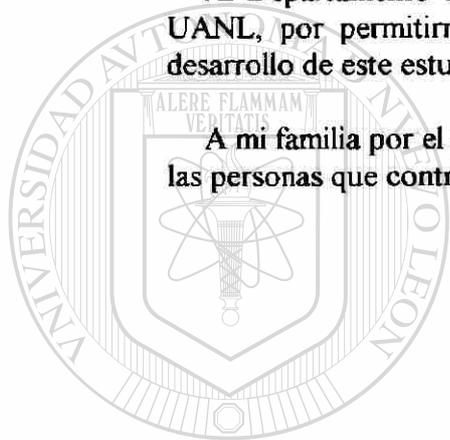
AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Jorge R. Kawas asesor de mi tesis. Así como a los Doctores Roque Ramírez, Oscar Torres, Emilio Olivares y Antonio Salinas por formar parte de mi Comité de Tesis, por sus valiosas sugerencias e interés en la revisión del presente trabajo.

Al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey por el apoyo tanto económico como moral para la realización de mis estudios.

Al Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la UANL, por permitirme apoyo en el uso de su equipo y su invaluable ayuda en el desarrollo de este estudio.

A mi familia por el apoyo moral y el gran amor que siempre me han brindado y a todas las personas que contribuyeron de una forma u otra en la realización de este trabajo.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEDICTORIA

Dedico este trabajo a:



DIOS: *Por los dones que me ha dado.*

Carmen y David: *Por estar siempre conmigo.*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Mi Madre y a Mi Padre: *Por amarme tanto.*

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCION	1
2. LITERATURA REVISADA	4
2.1 Interacción-Suelo-Planta-Animal	4
2.2 Los Minerales en el Suelo	5
2.2.1 Situación Mineral	5
2.2.2 Macronutrientes	6
2.2.3 Micronutrientes	6
2.2.4 Deficiencias o Excesos Minerales en el Suelo	6
2.3 Los Minerales en las Plantas	7
2.3.1 Situación Mineral e Interrelaciones Suelo-Planta	7
2.3.2 Función Mineral en la Planta	10
2.3.3 Factores que Afectan el Contenido Mineral en Plantas	11
2.3.4 Toxicidad, Deficiencias y Desequilibrios Minerales en Plantas	13
2.3.5 Absorción, de Nutrientes por la Planta	13
2.4. Los Minerales en los Tejidos Animales	15
2.4.1 Función	15
2.4.2 Absorción, Deficiencia y Excreción	16
2.4.3 Importancia Nutritiva de los Minerales para los Animales	20
2.4.3.1 Utilización	22
2.4.3.2 Efecto de las Deficiencias, Desequilibrios y su Prevención	22
2.4.4 Macrominerales	24
2.4.4.1 Calcio y Fósforo	24
2.4.4.1.1 Metabolismo de los Huesos	24
2.4.4.1.2 Funciones en los Tejidos Blandos	25
2.4.4.1.3 Absorción en el Tracto Digestivo	26
2.4.4.1.4 El Fósforo y la Relación Calcio:Fosforo	26
2.4.4.1.5 Síntomas de Deficiencias	29
2.4.4.1.6 Efectos de Excesos	30
2.4.4.2 Magnesio	30
2.4.4.2.1 Función	29
2.4.4.2.2 Absorción	30
2.4.4.3 Sodio, Potasio y Cloro	30
2.4.4.3.1 Distribución en el Organismo y Funciones	30
2.4.4.3.2 Absorción y Regulación Metabólica	31

2.4.4.4	Azufre	31
2.4.5	Microminerales	31
2.4.5.1	Hierro	32
2.4.5.1.1	Distribución y Funciones	32
2.4.5.1.2	Absorción de Hierro	32
2.4.5.1.3	Necesidades y Deficiencias	33
2.4.5.2	Cobre	33
2.4.5.2.1	Funciones	33
2.4.5.2.2	Utilización	33
2.4.5.2.3	Síntomas de Exceso	34
2.4.5.2.4	Interrelación Molibdeno y Cobre	34
2.4.5.3	Cobalto	34
2.4.5.3.1	Función	34
2.4.5.3.2	Deficiencia	35
2.4.5.4	Manganeso	35
2.4.5.4.1	Funciones	35
2.4.5.4.2	Deficiencia	36
2.4.5.5	Zinc	36
2.4.5.5.1	Funciones	36
2.4.5.5.2	Deficiencia	36
2.4.5.6	Iodo	37
2.4.5.6.1	Función	37
2.4.5.7	Selenio	37
2.4.5.7.1	Funciones	37
2.4.5.7.2	Deficiencias	37
2.4.5.8	Molibdeno	38
2.4.6	Deficiencias y Toxicidades Minerales del Ganado en Pastoreo	38
2.4.7	Suplementación en Relación con Deficiencias y Excesos	41
2.5	La Espectrofotometría de Absorción Atómica	49
3.	MATERIALES Y METODOLOGIA	51
3.1	Generalidades	51
3.2	Muestreo y Análisis del Suelo, Forraje y Suero Sanguíneo	55
3.2.1	Suelo	55
3.2.1.1	Obtención de Muestras de Suelo	55
3.2.1.2	Extracción de Minerales de Muestras de Suelo	55
3.2.1.3	Dilución de Elementos Minerales del Suelo	56
3.2.1.4	Determinación de pH la Concentración de Minerales en muestras de Suelo	56
3.2.2	Forraje	56
3.2.2.1	Obtención de Muestras de Forraje	56
3.2.2.2	Dilución de Elementos Minerales	57
3.2.2.3	Proteína Cruda	59
3.2.3	Sangre	60
3.2.3.1	Recolección y Procesado de la Sangre	60

3.2.3.2 Toma de Muestras	60
3.2.3.3 Procesado de la Sangre	60
4. RESULTADOS Y DISCUSION	62
4.1 Suelo	62
4.1.1 pH en Suelo	62
4.1.2 Macrominerales	62
4.1.2.1 Región	62
4.1.2.2 Época del Año	65
4.1.3 Minerales Traza	67
4.1.3.1 Región	67
4.1.3.2 Época del Año	69
4.2 Forraje	72
4.2.1 Proteína Cruda	72
4.2.2 Macrominerales	76
4.2.2.1 Región	76
4.2.2.2 Época del Año	76
4.2.2.3 Tipo de Forraje	78
4.2.3 Minerales Traza	84
4.2.3.1 Relación Cobre:Molibdeno	84
4.2.3.2 Zinc	89
4.3 Suero Sanguíneo	92
4.3.1 Macrominerales	92
4.3.1.1 Región	92
4.3.1.2 Época del Año	96
4.3.2 Minerales Traza	96
4.3.2.1 Época del Año	98
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
5.1 Conclusiones	101
5.2 Recomendaciones	102
LITERATURA CITADA	104
APENDICES	109
Apéndice A: Cuadros de Análisis de Varianza	110
Apéndice B: Coeficientes de Correlación en Suelo, Forraje y Suero Sanguíneo	121
RESUMEN AUTOBIOGRAFICO	125

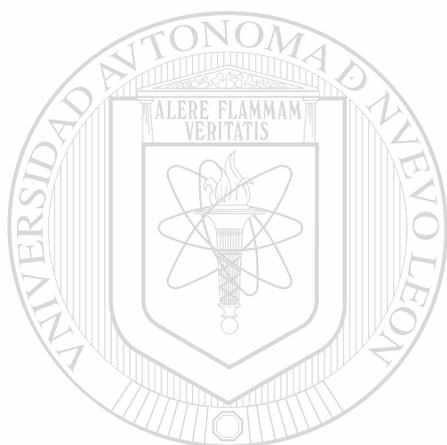
LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Influencia del pH en la asimilación de nutrientes.	8
2. Formas en que se presentan los macronutrientes en los suelos.	9
3. Función metabólica de los elementos en las plantas.	12
4. Síntomas característicos de deficiencias minerales en algunos vegetales.	14
5. Condiciones para la absorción de minerales por los animales.	21
6. Signos y síntomas de deficiencias y excesos de minerales, en los animales.	23
7. Niveles críticos de elementos minerales en el suelo.	42
8. Niveles críticos de minerales en forraje.	43
9. Requerimientos minerales del ganado de carne.	44
10. Niveles críticos de minerales en el suero sanguíneo.	45
11. Características de un buen suplemento mineral para suministrar a libre acceso en el ganado.	47
12. Porcentaje y disponibilidad biológica de elementos minerales en compuestos comunmente usados en suplementos minerales.	48
13. Concentraciones(%) de macrominerales, en suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante dos épocas del año.	64
14. Porcentaje de muestras deficientes de suelo en macrominerales en tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	66
15. Concentraciones(ppm) de minerales traza, en suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante dos épocas del año.	70
16. Porcentaje de muestras de suelo deficientes en minerales traza en tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	71
17. Efecto de la Region, Época del año y Tipo de Forraje, sobre las concentraciones(%) de macrominerales en forrajes consumidos por el ganado en agostaderos del estado de Nuevo León.	77
18. Concentraciones(%) promedio de macrominerales de cinco Gramíneas consumidas por el ganado en agostaderos del estado de Nuevo León.	80
19. Concentraciones(%) promedio de macrominerales de cinco Arbustivas consumidas por el ganado en agostaderos del estado de Nuevo León.	81

20. Por ciento de muestras de forraje deficiente en macrominerales en tres regiones del estado de Nuevo Leon, durante las épocas Húmeda y Seca.	85
21. Por ciento de muestras de forraje deficientes en minerales traza en tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	93
22. Valores promedio de las concentraciones de macrominerales(%) y minerales traza(ppm), en suero sanguíneo de bovinos en condiciones de agostadero en tres regiones del estado de Nuevo León durante dos épocas del año.	94
23. Por ciento de muestras de suero sanguíneo deficientes para macrominerales y minerales traza en las regiones Norte, Centro y Sur del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	99
24. Análisis de varianza para el pH y macrominerales de suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	112
25. Análisis de varianza minerales traza de suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	113
26. Análisis de varianza de las concentraciones de macrominerales en diferentes tipos de forrajes del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	114
27. Análisis de varianza de las concentraciones de minerales traza en diferentes tipos de forrajes del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	115
28. Análisis de varianza de las concentraciones(%) de macrominerales de cinco Gramíneas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	116
29. Análisis de varianza de las concentraciones(ppm) de minerales traza de cinco diferentes Gramíneas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	117
30. Análisis de varianza de las concentraciones(%) de macrominerales de cinco diferentes Arbustivas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	118
31. Análisis de varianza de las concentraciones(ppm) de minerales traza de cinco diferentes Arbustivas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	119
32. Análisis de varianza para macrominerales y minerales traza del suero sanguíneo de bovinos en agostaderos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.	120
33. Coeficientes de correlación entre el pH, los macrominerales y minerales traza de los suelos del estado de Nuevo León.	122
34. Coeficientes de correlación entre la PC, los macrominerales y minerales traza de los forrajes del estado de Nuevo León.	123

35. Coeficientes de correlación entre los macrominerales y minerales
traza del suero sanguíneo de bovinos en agostaderos del estado
de Nuevo León.

124



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE FIGURAS

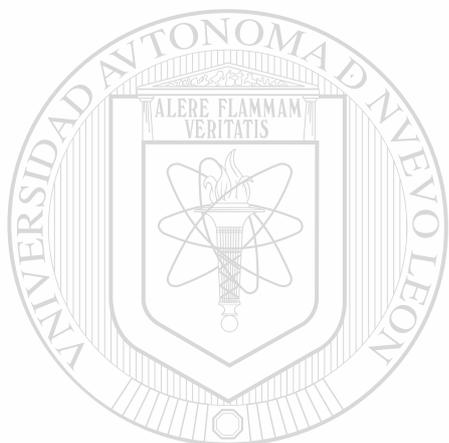
Figura	Página
1. Interacciones minerales que se presentan en los rumiantes.	18
2. División Política del Estado de Nuevo León.	52
3. Comparación de la distribución anual promedio de las precipitaciones, en los municipios del estado de Nuevo León, recabadas en este estudio.	53
4. Valores promedio de pH de los suelos de las regiones Norte, Centro y Sur del estado de Nuevo León, así como su comportamiento durante las épocas Húmeda y Seca.	63
5. Concentraciones(%) de PC en forrajes (Gramíneas y Arbustivas), consumidas por el ganado en agostaderos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante dos épocas del año.	73
6. Concentraciones (%) de PC en Gramíneas y Arbustivas del estado de Nuevo León.	75
7. Concentraciones promedio (ppm), de minerales traza (Zn x 10), en forrajes de las regiones Norte, Centro y Sur del estado de Nuevo León.	86
8. Concentraciones promedio(ppm), de minerales traza (Zn x 10), en forraje durante las épocas Húmeda y Seca en el estado de Nuevo León	87
9. Concentraciones promedio(ppm), de minerales traza, (Zn x 10), en Gramíneas y Arbustivas del estado de Nuevo León	88
10. Concentraciones promedio (ppm) de minerales traza (Zn x 10), en 5 especies de Gramíneas del estado de Nuevo León	90
11. Concentraciones promedio (ppm), de minerales traza (Zn x10 en 5 especies de Arbustivas del estado de Nuevo León	91

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

NOMENCLATURA

%	Porcentaje.
°C	Grados Centígrados.
ad libitum	A libre Acceso.
Ca	Calcio.
Co	Cobalto.
Cu	Cobre.
FDA	Fibra Detergente Ácida.
FDN	Fibra Detergente Neutra.
Fe	Hierro.
ha	Hectárea.
kg	Kilogramo.
Mg	Magnesio.
mm	milímetros.
Mo	Molibdeno.
MO	Materia Orgánica.
MS	Materia Seca.
Na	Sodio.
NC	Nivel Crítico.
Nc _d	Nivel Crítico de deficiencia.
Nc _t	Nivel Crítico de toxicidad.
P	Fósforo.
PC	Proteína Cruda.

pH	Potencial de Hidrógeno.
ppm	Partes por millón.
Se	Selenio.
Zn	Zinc.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESUMEN

Debido a las deficiencias y excesos de algunos minerales en el suelo y forrajes de los agostaderos del noreste semiárido de México, los rumiantes no pueden lograr un nivel aceptable de productividad, aun con abundante cantidad de forraje, siendo necesaria la suplementación del ganado con minerales para mejorar el crecimiento y la eficiencia reproductiva. Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de establecer un mapeo sistemático de las concentraciones de proteína cruda, macrominerales y minerales traza de suelos, forrajes y suero sanguíneo de ganado bovino de los agostaderos del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca. En la elaboración de esta investigación se muestrearon agostaderos de ranchos ganaderos que no suplementaban minerales. El estado se dividió en tres regiones geográficas generales (Norte, Centro y Sur), según las características de los suelos y el clima. Once municipios del estado de Nuevo León fueron considerados para el estudio, los cuales fueron distribuidos de la siguiente manera: Región Norte (Lampazos, Anáhuac, Sabinas Hidalgo, y Vallecillo); Región Centro (Apodaca, Pesquería, China y Bravo); y Región Sur (Montemorelos, Allende, y Galeana). En este estudio se obtuvieron 220 muestras de suelo, 680 muestras de forraje (utilizadas para preparar 136 muestras compuestas, que representan cada una, el promedio de 5 muestras individuales) y 220 muestras de suero sanguíneo. En el suelo, el pH varió entre 7.3 y 8.0. El pH no fue diferente entre épocas del año. Los niveles de Ca estuvieron en un rango de 15,667 ppm en suelos de la Zona Centro a 5,710 ppm en suelos de la Zona Sur. Según los niveles críticos de deficiencia reportados para suelo en la literatura, ninguno de los elementos evaluados (Ca, P, Mg, Na, y K) se encontraron en concentraciones de deficiencia. El contenido promedio de PC de los forrajes muestreados (Gramíneas y Arbustivas) en este estudio, fue por lo general, inferior al 6 a 8% requerido para el mantenimiento. En este estudio, se detectaron niveles de calcio en forrajes del agostadero que variaron de 0.26% para Gramíneas hasta 1.10% para Arbustivas. Durante las épocas

Húmeda y Seca, las concentraciones de Ca fueron 0.58 y 0.56%, respectivamente. Estas concentraciones son mayores a lo requerido por el ganado (0.30%). Las concentraciones de proteína cruda (PC) y macrominerales (%) durante las épocas Húmeda y Seca, y los niveles críticos de deficiencia, respectivamente, fueron: PC, 6.77, 5.28, y 7.00; Ca, 0.58, 0.56, y 0.30; P, 0.14, 0.16, y 0.25; Mg, 0.29, 0.23, y 0.10; Na, 0.22, 0.13, y 0.08; y K, 1.81, 1.32, y 0.65. Las concentraciones de PC y macrominerales en Gramíneas y Arbustivas fueron, respectivamente: PC, 5.50 y 6.94; Ca, 0.26 y 1.10; P, 0.17 y 0.12; Mg, 0.27 y 0.25; Na, 0.19 y 0.15; y K, 1.43 y 1.78. Deficiencias de PC y P fueron detectadas, considerando que el ganado consume una dieta variada de Gramíneas y Arbustivas en los agostaderos. El número de muestras deficientes (% del total) de macrominerales, durante la épocas húmeda y seca, fueron respectivamente: PC, 57.4 y 89.7; Ca, 55.9 y 58.8; P, 89.7 y 97.1; Mg, 7.4 y 8.8; Na, 4.4 y 27.9; y K, 0 y 13.2. Las concentraciones (ppm) de minerales traza durante las épocas Húmeda y Seca, respectivamente, fueron: Cu, 5.3 y 4.2; Zn, 28.4 y 34.2; y Mo, 1.33 y 2.14. El perfil de minerales traza (ppm) en Gramíneas y Arbustivas, respectivamente, fueron: Cu, 3.7 y 6.5; Zn, 29.3 y 34.6; y Mo, 1.72 y 1.76. De los minerales traza, el número de muestras deficientes (% del total) durante la épocas Húmeda y Seca, respectivamente, fueron: Cu, 92.6 y 92.6; y Zn, 54.4 y 33.8. Muestras de forraje con cantidades de Mo superiores al nivel crítico de toxicidad (> 2 ppm) fueron: Húmeda, 22.1%; y Seca, 48.5%. Además, en las tres regiones, deficiencias de Cu y Zn fueron aparentes. En la zona Norte, donde los niveles de Mo fueron superiores a 2 ppm, una deficiencia de Cu ya existente, puede agravarse. Además, en todo el estado de Nuevo León, se detectó una deficiencia de Se en plasma sanguíneo. En el estado de Nuevo León, de 80 a 100% de las muestras obtenidas en las tres regiones fueron deficientes en Fósforo. De 29 a 65% de las muestras de forraje y de 3 a 37% de las muestras de suero sanguíneo fueron deficientes en Zn. Por otro lado, de 88 a 96% de las muestras de forraje y de 18 a 67% de las muestras de suero sanguíneo fueron deficientes en Cu.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Se ha comprobado que aun con abundante alimento en los agostaderos, el ganado bovino y otros rumiantes pueden no alcanzar un nivel aceptable de productividad debido a las deficiencias o excesos de algunos minerales en suelo y forrajes. Esto se ve agravado aun mas, ya que el ganado en pastoreo rara vez recibe un suplemento mineral, excepto sal común. Por esta razón, el reconocimiento de áreas específicas con deficiencias o excesos de minerales, es necesario para lograr que los productores puedan, efectiva y económicamente, corregir las limitaciones existentes.

El conocimiento de los niveles de los macrominerales y minerales traza existentes en suelos, forrajes y tejidos del ganado, permite elaborar estrategias de suplementación para mejorar la eficiencia productiva del ganado en condiciones de agostadero (Espinosa et al., 1991).

Las deficiencias, excesos y/o desequilibrios de los minerales presentes en suelos y forrajes de los agostaderos, son los responsables de los pobres índices productivos que se presentan en el ganado mantenido bajo condiciones extensivas, ya que la mayoría de los rumiantes bajo esta alternativa dependen principalmente del forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales.

Durante la época seca, el consumo inadecuado de forraje por el ganado en pastoreo, ocurre como resultado de un contenido bajo de proteína, y un aumento en la lignificación y el contenido de fibra, consecuentemente puede reducir el consumo total de minerales. Por otro lado, durante la época húmeda, una abundancia de forraje, que proporcione cantidades adecuadas de energía y proteína para los rumiantes en pastoreo, puede

permitir un crecimiento rápido de los rumiantes en pastoreo (Kawas y Houston, 1990; McDowell et al., 1985). En estas condiciones, los requerimientos de elementos minerales aumentan y las deficiencias son más frecuentes.

Ammerman (1983) y McDowell et al. (1985) señalan que existen cinco factores que aumentan la predisposición de los animales a deficiencias y/o excesos minerales: (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; y (5) La interacción ambiental. Además, en las áreas donde existen deficiencias o excesos de minerales en forrajes, existe una asociación geográfica con los niveles correspondientes de minerales y su disponibilidad en el suelo.

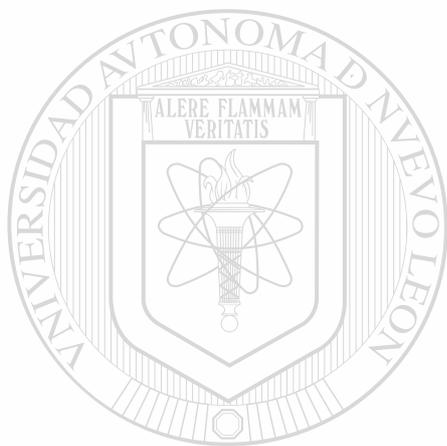
Los suplementos minerales son ofrecidos para corregir las deficiencias de elementos minerales en la dieta del ganado. La utilización de suplementos minerales específicos que consideren las concentraciones de los macrominerales y minerales traza en los suelos y forrajes de las diferentes zonas ecológico-geográficas del país, son indispensables para maximizar la producción del ganado en pastoreo. En estos suplementos se debe considerar la relación calcio:fósforo, las interacciones entre elementos minerales, y la presencia de cantidades tóxicas de algunos minerales (McDowell et al., 1985).

Objetivos

1.1 Determinar las concentraciones de macrominerales y minerales traza en suelos, forrajes y tejidos (suero sanguíneo) del ganado bovino en agostaderos en tres regiones geográficas del Estado de Nuevo León (mapeo sistemático), durante las épocas Húmeda y Seca.

1.2 Efectuar recomendaciones precisas con respecto a las cantidades y/o concentraciones de proteína cruda, macrominerales y minerales traza que se requieren en los suplementos, considerando las concentraciones de estos nutrientes en los forrajes que consume el ganado en los agostaderos del estado de Nuevo León, además del desarrollo

de recomendaciones de suplementación que permitan mejorar los indicadores de producción del ganado, en estado de Nuevo León.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 2

LITERATURA REVISADA

2.1. Interacción Suelo-Planta-Animal

Para los animales, en orden de importancia, las fuentes y disponibilidad de minerales son: forraje, 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.

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., 1984). Aún cuando el contenido mineral en plantas es conocido, este no representa una valoración de su biodisponibilidad para el aprovechamiento de 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).

El genotipo y los niveles de producción animal afectan los requerimientos y tolerancia de los minerales. En rumiantes, el aumento o disminución 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, reduciéndose la resistencia a las enfermedades, debido a que ocurre un deterioro en la respuesta fagocitaria, esto, además de los trastornos estructurales y endocrinológicos (Miller, 1985).

2.2. Los Minerales en el Suelo

2.2.1 Situación Mineral.

Las investigaciones científicas desarrolladas a lo largo de las últimas décadas, concluyen acerca de la necesidad de las plantas para ciertos elementos minerales indispensables en el ajuste normal de su desarrollo fisiológico (Mitchell et al., 1957).

Consecuentemente, se reconoce la importancia del suelo como estructura de soporte para cualquier especie vegetal, y que serán por consiguiente, sus características las que definan el desarrollo 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, que representan la mayor proporción, requieren de un proceso gradual de simplificación que incrementa su facilidad de asimilación (Buckman y Brady, 1982).

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. Los minerales en suelo están sujetos a un criterio de clasificación que las divide en macro y micronutrientes (Fuentes, 1989).

2.2.2 Macronutrientes

Los macrominerales 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.

2.2.3 Micronutrientes

Los microminerales o minerales traza requeridos por las plantas son hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro son utilizados en cantidades muy pequeñas, aunque fundamentalmente son tan importantes como los macrominerales.

2.2.4 Deficiencias o Excesos de Minerales en el Suelo

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, éstas no siempre están fácilmente a disposición de las plantas (Velasco, 1992).

Las condiciones climáticas secas (época del año), favorecen las deficiencias minerales, ya que generan un detrimento en la solubilidad de los elementos y disminuyen su disposición en 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 (Velasco, 1992).

Las deficiencias minerales se diagnostican generalmente por los síntomas que se detectan en los forrajes, y la evaluación de la concentración mineral de suelo provee la

retrospectiva del potencial forrajero que puede esperarse en un área determinada, así como la incidencia a trastornos metabólicos ocasionados por deficiencias o procesos de sinergismo o antagonismo entre minerales (Davies et al., 1987).

Son cuatro los puntos relevantes sobre los que se sientan los fundamentos de las deficiencias nutritivas en los suelos: 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), proponen 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^+ ; y (2) Por su influencia sobre la asimilación de los nutrientes y la presencia de iones tóxicos (TABLA 1).

Según Fuentes (1989), para los sistemas radicales de las plantas, un buen grado de asimilación 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 con pH superiores a 7.5, lo que enmascara la disponibilidad de algunos elementos.

Esta condición domina también en la gran parte de los municipios del estado de Nuevo León. La TABLA 2 presenta las formas minerales elementales en suelos. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2.3 Los Minerales en las Plantas

2.3.1 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).

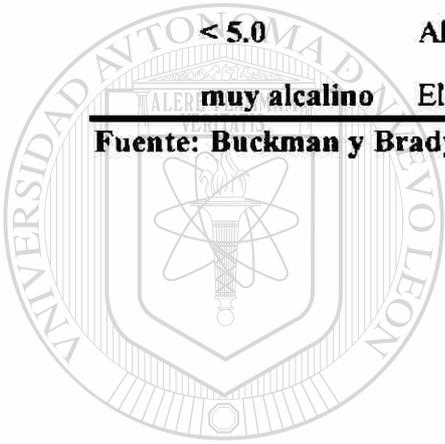
Las raíces de las plantas excretan grandes cantidades de anhídrido carbónico y otras

TABLA 1

Influencia del pH en la asimilación de nutrientes

pH	Incrementan su potencial de asimilación
> 7.5	Molibdeno.
= 5,9	Hierro, Manganeso, Zinc, Calcio, Potasio.
< 5.0	Aluminio, Hierro y Manganeso se tornan tóxicos muy alcalino.
muy alcalino	El Bicarbonato impide que las plantas tomen otros iones.

Fuente: Buckman y Brady (1982).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA 2

Formas en que se presentan los macronutrientes en los suelos

	Formas más complejas y menos activas
Nitrógeno	Proteínas, aminoácidos y formas coloidales
Fósforo	Apatita; fosfatos de Ca, Fe y Al; fitina y ácidos nucleicos
Potasio	Feldespatos y micas; silicatos de Al; arcillas (ilita)
Calcio	Feldespatos, calcita y dolomita
Magnesio	Mica y dolomita; montmorillonita
Azufre	Pirita y yeso; formas orgánicas coloidales
	Formas más sencillas y asimilables
NH₄⁺	Sales amónicas
NO₂⁻	Nitritos
NO₃⁻	Nitratos
PO₄H⁼	Fosfatos
PO₄H₂⁻	Fosfatos solubles
K⁺	Iones de K coloidales y sales de K (sulfatos, carbonatos)
Ca⁺⁺	Iones de Ca coloidales y sales simples de Ca
Mg⁺⁺	Iones de Mg coloidales y sales simples de Mg
SO₃⁼	Sulfitos
SO₄⁼	Sulfatos

Fuente: Buckman y Brady (1982).

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 estos, los que comúnmente limitan el desarrollo de las plantas (Rojas y Rovalo, 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 sólo 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).

2.3.2 Función Mineral 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 Rovalo (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;

En la TABLA 3 se presenta el papel funcional de cada elemento para el desarrollo de las plantas.

2.3.3 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, la especie forrajera, el nivel de madurez, el rendimiento, el manejo de los pastos, y el clima. La mayor parte de las deficiencias que ocurren naturalmente en los herbívoros están asociadas con regiones específicas y las características del suelo (Meir, 1979).

La tasa de absorción de minerales del suelo por los forrajes puede ser modificada, aumentándola para minerales como Mn y Co, por las características de drenaje que tenga el suelo, 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 funcionan 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 Rovalo, 1986).

Según Underwood (1981), generalmente los elementos, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn y Mn disminuyen su concentración en forma directamente proporcional con la maduración de la planta.

TABLA 3

Función metabólica de los elementos en las plantas

Nitrógeno	Forma de 16-18% de las proteínas y es el elemento principal del protoplasma.
Fósforo	Forma fosfatos de hexosas y triosa, ácidos nucleicos, coenzimas y transportadores de energía. (Esencial).
Potasio	Adsorbido en las mitocondrias, forma parte de enzimas activas en la fosforilación oxidativa y la síntesis proteica.
Calcio	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. (Esencial)
Magnesio	Forma el núcleo de las clorofilas. (Esencial)
Azufre	Es parte de las proteínas y coenzima A.
Hierro	Forma parte del citocromo y participa en el proceso de respiración.
Manganeso	Induce la síntesis de clorofila.
Cobre	Componente enzimático que participa en la oxidación respiratoria. (Esencial)
Molibdeno	Componente de la No Reductasa.
Zinc	Interrelación con la formación de reguladores de crecimiento.
Cloro	Participa en la evolución del oxígeno en la fotosíntesis.
Sodio	Funcional.
Sílice	Aumenta la resistencia a enfermedades.
Aluminio	Importante en trazas; en exceso es tóxico.
Cobalto	Funcional en coenzimas.
Iodo	Componente de la iodotirosina

Fuente: Rojas y Rovalo (1986).

2.3.4 Toxicidad, Deficiencia y Desequilibrios Minerales en las Plantas

Las deficiencias minerales en plantas, según Spears (1994), pueden reconocerse por su aspecto, siendo necesario apoyar el diagnóstico mediante un análisis foliar (TABLA 4).

Existen elementos no esenciales, que la planta absorbe en ciertas condiciones y que pueden resultar nocivos para el ganado. De igual modo, algunos elementos esenciales son tóxicos cuando se absorben en exceso (Kiatoko et al., 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 de Mn; (2) Mg no es tóxico pero induce deficiencia de K; (3) P al acumularse en los tejidos de la planta determina que el Fe precipite induciendo clorosis; (4) Ca es antagónico de Mn; y (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 ion favorece la absorción de otro o refuerza su acción metabólica, por ejemplo, el Na y K. Por otro lado, el B capacita a la planta a absorber mejor el Ca (Salisbury y Ross, 1985).

2.3.5 Absorción de Nutrientes por la Planta

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

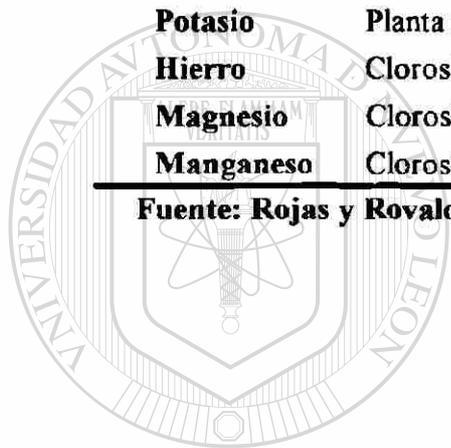
Las sales minerales sirven a la planta como nutrientes inorgánicos para construir sus moléculas de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, y otros componentes, que son tomadas del suelo en forma ionizada. La entrada de iones, por lo tanto, de primordial

TABLA 4

Síntomas característicos de deficiencias vegetales de algunos minerales

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

Fuente: Rojas y Rovalo (1986).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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 (Rojas y Robalo, 1986).

2.4 Los Minerales en los Tejidos Animales

2.4.1 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, los minerales 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).

Cuando menos 15 elementos minerales son nutricionalmente esenciales para el ganado (NRC, 1984). Los nutrientes minerales mayores (macrominerales) son, calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cloro (Cl), magnesio (Mg), potasio (K), y azufre (S). Los nutrientes minerales menores o trazas (microminerales) son, yodo (I), hierro (Fe), molibdeno (Mo), cobre (Cu), cobalto (Co), manganeso (Mn), zinc (Zn), y selenio (Se).

Varios factores afectan los requerimientos de estos minerales en los suplementos o ingredientes alimenticios, entre ellos, las interrelaciones entre elementos minerales y con otros nutrientes, el consumo de suplemento mineral, la raza y la adaptación del ganado (McDowell et al., 1993; Kawas y Huston, 1989).

Los perfiles de minerales en suelo y tejidos del ganado (sangre, hígado, hueso, y pelo) ayudan solamente a avalar los resultados obtenidos cuando se detectan deficiencias

o intoxicaciones en los resultados de análisis de forrajes y agua que consume el ganado, los cuales son los mejores indicadores de deficiencias en pastoreo. En cuanto a tejidos, el análisis sanguíneo provee una retrospectiva confiable en la determinación de deficiencias o excesos minerales (Miller, 1985), aunque no más que los proveería el análisis de hueso e hígado, ofreciendo la ventaja de su disponibilidad y fácil manejo sin sacrificar el animal (Pope, 1971).

2.4.1 Fuentes

Los animales disponen de tres fuentes primarias para la obtención de elementos inorgánicos en los sistemas pecuarios: alimento, agua y suplementos minerales.

Aún cuando las plantas pueden proporcionar una buena parte de los minerales necesarios, la suplementación de minerales constituye una práctica necesaria en los animales bien nutridos (Underwood, 1981), según el tipo de sistema de producción 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).

2.4.2 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 desequilibrios 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 en pastoreo bajo condiciones extensivas, ya que la mayoría de los rumiantes bajo estas condiciones dependen principalmente del forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Ammerman 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 (Velasco, 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).

Volkweiss 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).

La Figura 1 muestra las interrelaciones minerales existentes en el metabolismo animal. Se hace notar que las flechas indican el antagonismo existente entre los elementos, por ejemplo, en el caso de la relación entre calcio y fósforo, ambos son mutuamente antagónicos (indicado con dos flechas encontradas). Consecuentemente, el elemento que se encuentre en mayor concentración enmascarará la disponibilidad y

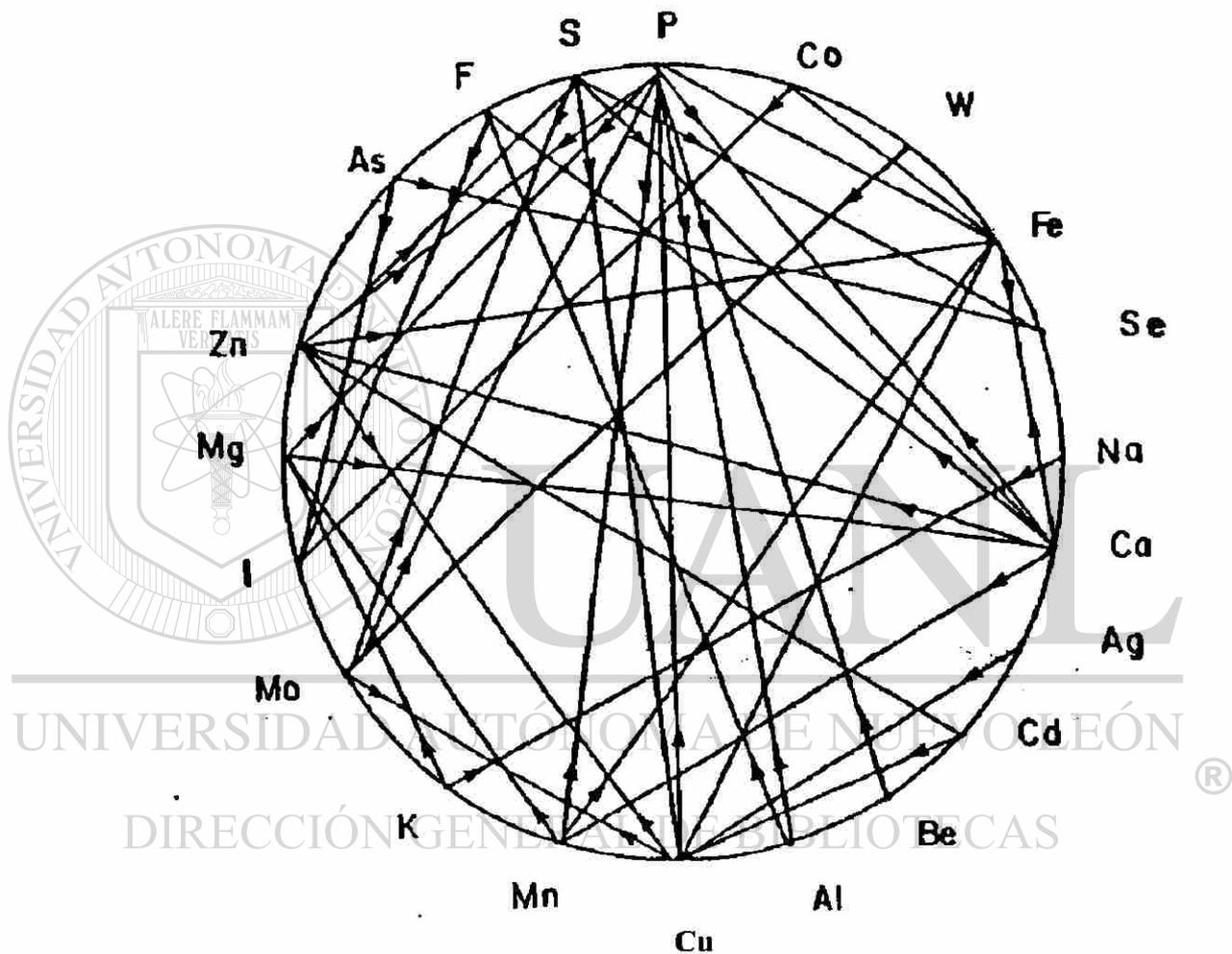


Figura 1. Interacciones Minerales que se presentan en los rumiantes.

utilización del otro. Por otro lado, en el caso de la relación calcio-zinc, la flecha va desde el calcio y apunta hacia el zinc, significando que a concentraciones altas de calcio, la utilización y disponibilidad del zinc será enmascarada en algún grado (Hafez y Dyer, 1980). A manera de observación especial, se hace notar que una figura este tipo, puede ser obtenida para condiciones específicas de un sistema de producción, con sus comportamientos específicos e incluso cuantificaciones estadísticas, mediante el análisis de un estudio de correlaciones minerales dentro de los tejidos y entre tejidos.

Los animales, aún ingiriendo cantidades normales de este forraje, no solamente podrán tener deficiencias de minerales, sino también la de otros nutrientes. Por lo tanto, la calidad y cantidad de nutrientes en un forraje depende directamente de la disponibilidad de elementos esenciales y no esenciales para la planta en el suelo (Volkweiss et al., 1978).

Los forrajes considerados como especies claves de utilización para el ganado en pastoreo en los municipios del Estado de Nuevo León, corresponden al tipo de los ubicados como típicos del semidesierto mexicano, los cuales, en general, se caracterizan por su baja disponibilidad y más aún, su bajo contenido proteico y estructura altamente lignificada, información que concuerda con la obtenida por Gartenberg et al. (1989) y

Guevara (1982), quienes encontraron una situación especialmente difícil durante la época de sequía, en que los animales se hallan limitados para completar sus requerimientos de consumo de forraje, lo que ocasiona una disminución de los índices productivos y reproductivos. Junto con el deterioro de la calidad bromatológica del forraje, se hacen tangibles las deficiencias, toxicidades y desequilibrios 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 acción que incremente la tasa de eliminación del elemento en el intestino; y (4) Un antagonismo metabólico que determine una necesidad superior del elemento en el animal.

En la TABLA 5, se muestran 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 desequilibrio ocasionado que alcance niveles “críticos”.

Las pautas y tasas de excreción de los elementos inorgánicos exhiben comportamientos variables, algunos se eliminan casi totalmente o casi por completo mediante la orina, mientras que algunos otros son excretados por otras vías (Bondi, 1989; Hafez y Dyer, 1980; Müller, 1974). A nivel tisular, los animales necesitan esencialmente la misma cantidad de minerales dependiendo de la 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., (1993) 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 dieta; (9) Edad del animal (tasa de absorción más altas en animales jóvenes que en adultos); y (10) Salud del animal.

2.4.3 Importancia Nutritiva de los Minerales para los Animales

TABLA 5

Condiciones para la absorción de minerales por los animales

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

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

(Hafez y Dyer, 1980)

2.4.3.1 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 alimentos 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).

2.4.3.2. 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 (Loosly y Beltrán, 1976). Los trastornos nutricionales provocados, además de los síntomas externos, determinan retrasos en el crecimiento, mala utilización de los alimentos y productividad, así como trastornos en la fertilidad y estado de salud 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., 1988).

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).

La TABLA 6 enuncia los síntomas característicos de exceso o deficiencia de algunos minerales. La concentración excesiva o deficiente puede ocasionar trastornos que van desde ámbitos conformacionales hasta muerte por intoxicaciones, o “simplemente”

TABLA 6

Signos y síntomas de deficiencias y excesos de minerales, en los animales

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

Fuente: Hafez y Dyer (1980).

deterioro de la capacidad productiva (Bondi, 1989).

La absorción adecuada de minerales al metabolismo animal depende de la edad, raza y fin zootécnico, y ha demostrado que puede: (1) Reducir hasta 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; y (3) Fuerte disminución hasta en un 45% en el índice de mortalidad antes del destete.

Las interrelaciones entre minerales o las interacciones entre minerales y compuestos orgánicos, pueden determinar mayor o menor utilización de los minerales (Valdes 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 ion metálico (Pope, 1971). Uno de los agentes quelantes más potentes es el compuesto sintético EDTA (ácido etilenaminotetracético). Los quelatos pueden reducir o mejorar la utilización de los minerales. Mientras que los quelatos con EDTA no permiten la absorción, otros quelatos, especialmente con aminoácidos (Ejemplo: Metionina de Zn o Lisinato de Cu), parecen mejorar la utilización de los minerales (McDowell, 1985).

2.4.4 Macrominerales

2.4.4.1 Calcio y Fósforo

2.4.4.1.1 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 mobilizarse cuando el aporte de estos minerales es insuficiente para cubrir las necesidades del organismo. 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 dos hormonas: hormona paratiroidea (PTH) y calcitonina además del metabolismo activo de la vitamina D₃ 1,25 dihidroxicolecalciferol [1,25(OH)₂D₃]. Las hormonas y la vit. D₃ 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 ese excretan por las heces y la orina.

2.4.4.1.2 Funciones en los Tejidos Blandos y Líquidos Orgánicos. Las pequeñas cantidades de Ca (1%) y P (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 carboxilasa y NAD.

2.4.4.1.3 Absorción en el Tracto Digestivo. La correcta nutrición del calcio y el fósforo depende, no sólo del adecuado aporte en la dieta, sino de su relación en la dieta y la presencia de otros compuestos o iones en la misma. La vitamina D es el compuesto más importante que afecta 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 reducirse la solubilidad de los fosfatos cálcicos. La ingestión abundante de sales de hierro, aluminio y magnesio interfieren la absorción del fósforo al formar fosfatos insolubles.

2.4.4.1.4 El Fósforo y la Relación Calcio:Fósforo. 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 las relaciones de calcio:fósforo mayores a 2:1 o menores a 1:1. 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 (NRC, 1984).

Se puede aseverar con seguridad que, mundialmente, el fósforo es el mineral más comúnmente deficiente en forrajes pastoreados por el ganado (McDowell et al., 1993). Esto es especialmente cierto en áreas tropicales y subtropicales, y para la mayor parte de América Latina. En condiciones de pastoreo, ya sea en agostaderos o praderas sin fertilización, los niveles de fósforo de las gramíneas se encuentran muy por debajo de los requerimientos del animal. Los forrajes maduros por lo general contienen menos de 0.15% P, mientras que los requerimientos de los bovinos de carne son por lo general

superiores al 0.20% (NRC, 1984).

Los signos de deficiencia de fósforo no son fácilmente distinguidos excepto en los casos severos cuando se notan huesos frágiles, debilidad general, pérdida de peso, emaciación, rigidez, reducción en la producción de leche, y masticación de madera, rocas, huesos y otros objetos. Sin embargo, la masticación anormal de objetos también ocurre con otras deficiencias nutricionales (NRC, 1984). Bajo condiciones de deficiencia extrema, el ganado puede permanecer sin producir un becerro durante dos o tres años, o puede no presentar estro. Si una vaca con una deficiencia de fósforo produce un becerro, ésta puede permanecer sin presentar estro hasta que los niveles de fósforo del cuerpo se recuperen nuevamente (McDowell et al., 1993).

La suplementación adicional de fósforo para satisfacer los requerimientos del ganado en pastoreo, puede llevarse a cabo suministrando suplementos comerciales que contienen, además del fósforo, microminerales, macrominerales y sal común. La cantidad de fósforo absorbida (disponibilidad) por el animal depende de la fuente de fósforo, la cantidad de consumo, la relación calcio:fósforo, el pH intestinal, la edad del animal, y los niveles en la dieta de calcio, hierro, aluminio, manganeso, potasio, magnesio, y grasa (Irving, 1964)

En una revisión sobre la disponibilidad de las fuentes de fósforo más comunes, Peeler (1972) situó las disponibilidades de las fuentes de fósforo de mayor a menor, de la siguiente manera: fosfatos de sodio, ácido fosfórico, fosfato monocálcico, fosfato dicálcico, fosfato tricálcico, fosfato defluorinado, harina de hueso, y por último, roca fosfórica. Los fosfatos de sodio y amonio son aproximadamente equivalentes al fosfato dicálcico en cuanto a disponibilidad del fósforo.

La mayoría de las fuentes de fósforo también contienen niveles altos de flúor, elemento aparentemente esencial en cantidades trazas para la mayoría de las especies animales (NRC, 1984). Sin embargo, solamente sus efectos tóxicos son de importancia para el ganado en condiciones de pastoreo (McDowell et al., 1984; NRC, 1980). En

condiciones de pastoreo, los bovinos son menos tolerantes a una toxicidad por flúor que otras especies de ganado. Una fluorosis crónica puede observarse mediante el consumo continuo de suplementos fosforados altos en flúor. Las fuentes de fósforo producidas mediante el método de horneado contienen solamente cantidades trazas de flúor. Aquellas fuentes producidas a partir de ácido fosfórico defluorinado contienen cantidades aceptables, si la relación flúor:fósforo no es superior a 1:100 (0.2 % de flúor en una fuente que contiene 20% de fósforo). Con algunas excepciones, la roca fosfórica contiene, por lo general, más de diez veces el nivel de flúor que otras fuentes de fósforo. Algunas fuentes orgánicas como la harina de hueso también pueden tener concentraciones altas de flúor. El uso de fuentes como la roca fosfórica es recomendado exclusivamente durante cortos periodos de tiempo, como el caso de ganado de engorda en corral.

Por otro lado, el calcio es el mineral más abundante del cuerpo. El contenido de calcio de las gramíneas está generalmente por debajo de los requerimientos del animal, mientras que en las leguminosas y muchas de las dicotiledoneas es relativamente alto. La mayoría de los suplementos fosforados también proporcionan cantidades considerables de calcio. Gartenberg et al. (1989) reportó que el contenido de calcio (de 1.29 a 1.66%) de forrajes de agostaderos del noreste de México, fue mucho mayor al requerido por el ganado (de 0.16 a 0.30%).

La nutrición adecuada de calcio y fósforo no dependen solamente de la cantidad o concentración en los suplementos o alimentos, sino también de la forma química en la que están presente y de la disponibilidad de estos macroelementos. La relación calcio:fósforo también ha sido considerada de importancia. Una relación calcio:fósforo entre 1:1 y 2:1 se asume es ideal para la formación ósea y el crecimiento, ya que ésta es la relación de los dos minerales en el hueso.

Los rumiantes pueden tolerar mayores rangos de relaciones calcio:fósforo, especialmente si el nivel de vitamina D del ganado es alto. Con relaciones de

calcio:fósforo menores de 1:1 y mayores de 7:1, el crecimiento del ganado y la eficiencia alimenticia no se reduce significativamente si el ganado consume suficiente fósforo para satisfacer los requerimientos (NRC, 1984).

Cantidades excesivas de calcio o fósforo en la ración puede disminuir la disponibilidad de ciertos minerales traza (McDowell et al., 1984), lo que puede ser perjudicial, especialmente con deficiencias marginales de estos elementos. El exceso de calcio en la dieta reduce la absorción y utilización de los minerales, especialmente del fósforo y los minerales traza.

Gartenberg et al. (1989) reportó relaciones de calcio:fósforo de hasta 10:1 en los forrajes de la zona noreste de México.

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.

2.4.4.1.5. Síntomas de Deficiencia. El raquitismo se caracteriza por malformación de los huesos, articulaciones engrosadas, cojeras, fracturas y paso envarado, y es característico principalmente de animales jóvenes. 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 lo 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.

2.4.4.1.6 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 concentración de Calcio en sangre se reduce. 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.

2.4.4.2 Magnesio

2.4.4.2.1 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. (Bondi, 1989; Grunes, 1989; Kiatoko et al., 1982; Miller, 1985).

2.4.4.2.2 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 retículo-rumen.

2.4.4.3 Sodio, Potasio y Cloro.

2.4.4.3.1 Distribución en el Organismo y Funciones. Estos tres minerales

presentan semejanza en 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. (Bondi, 1989; Grunes, 1989; Kiatoko et al., 1982; Miller, 1974; 1985).

2.4.4.3.2 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.

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

Las cantidades excesivas de sulfatos reducen la ingestión de alimentos y afectan negativamente a los animales al disminuir la utilización de otros minerales como el zinc 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.

2.4.5 Microminerales

2.4.5.1 Hierro

2.4.5.1.1 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 O₂.

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 de este mineral en los animales domésticos, son relativamente bajas (25-100 mg por cada kg de materia seca de la ración).

2.4.5.1.2. Absorción del Hierro. El hierro es absorbido en la luz intestinal por las células de la mucosa. La absorción del hierro está relacionada con las necesidades orgánicas y es más eficiente en los animales jóvenes que en los adultos. 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. La magnitud de absorción del hierro se ve afectada por los quelatados, 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 (zinc, 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.

2.4.5.1.3 Necesidades y Deficiencias. 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 de 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 hematies y menor contenido en hemoglobina en sangre.

2.4.5.2. Cobre.

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

2.4.5.2.1 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.

La deficiencia de Cobre en los rumiantes se manifiesta con notables trastornos óseos y fracturas espontáneas: (1) despigmentación y marcados cambios en el crecimiento y aspecto físico del pelo; y (2) grave diarrea asociada con atrofia de la mucosa del intestino delgado, que puede determinar un síndrome de mala absorción.

2.4.5.2.2 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.

2.4.5.2.3 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.

2.4.5.2.4 Interracción Molibdeno y Cobre. El requerimiento de molibdeno del ganado en pastoreo se estima en 0.1 ppm (partes por millón) o menos, no habiéndose reportado o identificado deficiencias en los rumiantes en pastoreo (McDowell et al., 1993). Por lo tanto, la importancia de considerar al molibdeno en la formulación de suplementos minerales para la región norte de México, se relaciona con su toxicidad (Gartenberg et al., 1989).

Con la excepción del fósforo, una deficiencia de cobre es la limitante más severa, en cuanto a minerales, en el subtrópico (McDowell et al., 1984). Los requerimientos de cobre son poderosamente influenciados por las interacciones con otros minerales, especialmente, molibdeno y azufre, mediante la formación de complejos indispensables (NRC, 1980). En regiones donde las concentraciones de molibdeno se consideren tóxicas (> 3 ppm) y las concentraciones se consideren deficientes (< 5 ppm), se recomienda la administración de suplementos minerales que contengan de 0.1 a 0.2% de sulfato de cobre (0.04 a 0.08% de cobre). De esta manera, se reduce el efecto tóxico del molibdeno, y se aumenta la cantidad de cobre disponible para satisfacer los requerimientos.

2.4.5.3 Cobalto

2.4.5.3.1 Función. La única función fisiológica comprobada del cobalto es su papel como parte integrante de la molécula de la vitamina B₁₂. 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.

El requerimiento de cobalto por el rumiante es único entre especies animales debido a que este elemento es usado y requerido por los microbios del rumen que lo convierten en vitamina B₁₂ (cianocobalamina) y sus análogos. Sin embargo, el requerimiento del animal huésped es específicamente para vitamina B₁₂ (NRC, 1984). Una deficiencia de cobalto en rumiantes en condiciones de pastoreo, depende de las condiciones geográficas y geológicas y se manifiesta por la apatía, indiferencia y emaciación del ganado en pastoreo. La falta de apetito es, en parte, responsable de una deficiencia de cobalto.

La suplementación de sales mineralizadas son la mejor manera de proveer este elemento.

2.4.5.3.2 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 mal nutrición y no son lo suficientemente específicas como para permitir hacer el diagnóstico.

2.4.5.4 Manganeso

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

2.4.5.4.2 Deficiencia. Las consecuencias de la deficiencia son deformaciones del esqueleto, retraso del crecimiento, trastornos de la reproducción y anomalías en los recién nacidos. La suplementación de hierro y manganeso es menos importante en regiones tropicales donde la mayoría de los suelos son ácidos (McDowell et al., 1993). Sin embargo, en los suelos alcalinos (pH de 8.1 a 8.9) del Noreste de México (Gartenberg et al., 1989; 1989), la disponibilidad de algunos elementos minerales aumenta. En terrenos alcalinos las concentraciones de calcio son altas y la disponibilidad de fósforo es baja. Algunos elementos esenciales (hierro, manganeso, y zinc) se hacen menos disponibles conforme aumenta el pH del suelo. Por otro lado, la disponibilidad del molibdeno y del selenio aumentan con niveles de pH alcalinos.

2.4.5.5. Zinc.

2.4.5.5.1 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. (Bondi, 1989; McDowell et al., 1984; Miller, 1985).

2.4.5.5.2 Deficiencia. Las enzimas que contienen zinc participan en procesos primarios del metabolismo proteico y división celular, habiéndose observado las siguientes manifestaciones de la deficiencia de zinc 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 zinc.

Deficiencias de zinc (bajos niveles en suelo, plantas y animales) han sido reportadas en la mayoría de los países latinoamericanos (McDowell et al., 1984). Los efectos tempranos de una deficiencia de zinc incluyen una reducción en el consumo de alimento, la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia.

Signos visuales de una deficiencia severa incluyen, piel seca, escamosa, y partida.

En los casos de una deficiencia marginal de zinc la función reproductiva de animales machos y hembras se ve afectada

2.4.5.6 Iodo

2.4.5.6.1 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 dieta 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. (Bondi, 1989; McDowell et al., 1984; Miller, 1985).

Mientras que el iodo no tiene ninguna función conocida en las plantas, la habilidad de varios forrajes de obtener iodo varía considerablemente y está aparentemente relacionado con la genética de la planta. La suplementación de iodo es requerida en regiones donde los animales presentan bocio debido a una deficiencia de este elemento.

La deficiencia de este elemento es más común en praderas de una sola especie forrajera (McDowell et al., 1993).

2.4.5.7 Selenio

2.4.5.7.1 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 debido 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. (Bondi, 1989; McDowell et al., 1984; Miller, 1985; Spears, 1994).

2.4.5.7.2 Deficiencia. Los signos de una deficiencia de selenio en rumiantes incluyen una reducción en el crecimiento y distrofia muscular de origen nutricional,

conocida también como enfermedad del músculo blanco en corderos y becerros, y un bajo desempeño reproductivo en animales adultos. La suplementación de cantidades adecuadas de selenio también reduce la incidencia de retenciones de placentarias (McDowell et al., 1984; NRC, 1984). Sin embargo, excesos de selenio en los forrajes e intoxicaciones del ganado en algunas regiones de México (Gartenberg et al., 1989) y Estados Unidos (McDowell et al., 1984), se relacionan con cantidades excesivas de selenio disponible en los suelos de origen calcáreo o alcalinos. Existen varios grados de toxicidad. La toxicidad crónica se caracteriza por los siguientes signos generales: pérdida de apetito, adelgazamiento, torpeza, pelo áspero, pérdida de pelo de la cola, crecimiento alargado de las pezuñas y una muerte eventual. En los casos de toxicidad aguda, los animales sufren de ceguera, dolor abdominal, salivación y algo de parálisis (McDowell et al., 1993; NRC, 1984).

2.4.5.8 Molibdeno. 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 (Bondi, 1989; McDowell et al., 1982; Miller, 1985).

2.4.6 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, 1985).

Deficiencias en desequilibrios de minerales se han reportado de casi todas las

regiones tropicales y subtropicales del mundo (Boyazoglu, 1972; McDowell et al., 1984; 1984; Pfänder, 1971). Los suplementos minerales son ofrecidos para corregir las deficiencias de elementos minerales en la dieta del ganado. Los suplementos minerales que se venden comercialmente, por lo general, varían en su contenido de minerales. Sin embargo, muchos de estos, no contienen cantidades significativas en relación a los requerimientos del animal. Más aún, los análisis obtenidos de mezclas minerales colectadas a través de América Latina han demostrado, muy frecuentemente, poca relación entre las cantidades de los elementos que muestra la etiqueta y las concentraciones determinadas en el suplemento (McDowell et al., 1982). Por otro lado, algunos suplementos comerciales que contienen selenio, son distribuidos en regiones donde se han comprobado intoxicaciones por selenio en el ganado.

En la zona aledaña a la ciudad de Saltillo, los macrominerales más deficientes en la dieta del ganado en pastoreo pudieran ser fósforo, y sodio; y en solamente algunas áreas, existe una deficiencia de magnesio y una deficiencia marginal de potasio (Gartenberg et al., 1989). El fósforo y el sodio también fueron los macroelementos de mayor deficiencia en la planicie oriental de Colombia (Lebdoesoekojo et al., 1982) y el trópico de Bolivia (McDowell et al., 1982). Kiatoko et al. (1982), también reportaron deficiencias de magnesio durante las época de sequía. En Florida, E.U.A., el macromineral más deficiente fue el fósforo (Kiatoko et al., 1982). Otros macrominerales deficientes, en solamente algunas áreas y principalmente durante el periodo de sequía, fueron el magnesio y el potasio. En contraste, un estudio en el trópico de Guatemala (Valdes et al., 1988a) mostró solamente una deficiencia de sodio, y posiblemente de magnesio. Aunque la concentración de fósforo del suelo fue baja, la concentración de fósforo extraíble (disponible para la planta) observada en ese estudio fue alta por lo tanto, la concentración de fósforo del forraje fue adecuada. El pH del suelo de casi neutro a parcialmente ácido, aparentemente aumentó la cantidad de fósforo disponible para los forrajes.

En el estado de Nuevo León, los microminerales de mayor deficiencia en los

forrajes fueron, cobre y zinc, mientras que se observó una menor deficiencia de manganeso y cobalto (Gartenberg et al., 1989). El selenio no se encontraba presente en cantidades tóxicas. Sin embargo, las concentraciones de molibdeno en el forraje fueron suficientemente altas para considerarlas potencialmente tóxicas. En Zacatecas, los microminerales más deficientes en la dieta del ganado fueron, cobre, zinc, y manganeso (Gartenberg et al., 1989). Las concentraciones de selenio en muestras de forraje de Zacatecas fueron suficientemente altas para considerarlas tóxicas, mientras las concentraciones de molibdeno fueron solamente ligeramente altas. En Coahuila, el cobre y el zinc fueron los microminerales más deficientes en la dieta del ganado (Gartenberg et al., 1989).

Las concentraciones de cobalto, manganeso, hierro, y selenio, en Nuevo León, fueron normales. Sin embargo, los niveles de molibdeno en los forrajes fueron los más elevados de todos los microelementos, y se pueden considerar tóxicos. Deficiencias de microminerales en otras regiones de América fueron: Guatemala, cobre y zinc (Valdes et al., 1988); Colombia, cobre (Lebdoekojo et al., 1982); Bolivia, cobre y Colombia, cobre (Lebdoekojo et al., 1982); Bolivia, cobre y zinc (McDowell et al., 1982); y Florida (E.U.A.), cobre, zinc, cobalto y selenio (McDowell et al., 1982). Exceso de molibdeno en los forrajes también fue detectado en la región tropical de Guatemala (Valdes et al., 1988).

En un muestreo llevado a cabo para determinar el perfil mineral de suelo, forraje, y tejidos del ganado en los agostaderos de la región norte del estado de Coahuila por Pérez (1993). Los suelos muestreados eran calcáreos. El pH de las muestras de suelo varió entre 8.8 y 9.8. Conforme aumenta el pH del suelo, disminuye la disponibilidad y absorción de Fe, Mn, Zn, Cu, y Co por las plantas.

Las concentraciones de macrominerales y minerales traza obtenidas en tejidos vegetales fueron inferiores a los "niveles críticos" de deficiencia. Los "niveles críticos" en forrajes, son las concentraciones de elementos inferiores a los requerimientos mínimos

(NRC, 1984) y superiores a los niveles tolerables (NRC, 1980). También, los "niveles críticos" en tejidos de animales son aquellos valores inferiores o superiores, que están asociados con signos clínicos específicos (McDowell et al., 1993). Los niveles críticos de deficiencia en forrajes para macrominerales(%) son: Ca, 0.30; P, 0.25; Mg, 0.2; K, 0.7; y Na, 0.08, mientras que para minerales traza(ppm) son: Fe, 50; Cu, 10; Zn, 30; y Mn, 40. .

2.4.7. Suplementación en Relación con Deficiencias y Toxicidades

Los suplementos minerales son ofrecidos para corregir las deficiencias de elementos minerales en la dieta del ganado. La utilización de suplementos minerales específicos que consideren las concentraciones de los macrominerales y los minerales traza en los suelos y forrajes de las diferentes zonas ecológico-geográficas del país, es indispensable para maximizar la producción del ganado en pastoreo. En estos suplementos se debe considerar la relación calcio:fósforo, las interacciones entre elementos minerales, y la presencia de cantidades tóxicas de algunos minerales. También se debe considerar el consumo del suplemento mineral que debe variar, por lo general, entre 50 y 150 gramos por día.

Las TABLAS 7, 8, 9 y 10 enuncian los rangos de concentración y nivel crítico[®] minerales, para el suelo, forraje y los bovinos, respectivamente. 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, 1984).

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, se entiende que al aumentar la producción, las deficiencias minerales probablemente expresadas marginalmente hasta el momento, se vuelvan críticas

TABLA 7**Niveles críticos de elementos minerales en el suelo**

Mineral	Unidades	Rango de Concentración en Suelo	Desviación Estándar	Nivel Crítico
Calcio	ppm	403.5	154.6	71
Fósforo	ppm	76.2	26.7	5.0
Potasio	ppm	76.3	82.6	30
Sodio	ppm	16.3	6.1	NR
Magnesio	ppm	70.5	9.8	9.1
Cobre	ppm	0.63	0.55	1.0
Hierro	ppm	16.3	4.4	4.5
Manganeso	ppm	3.3	0.82	5.0
Zinc	ppm	1.4	1.34	NR
Materia Orgánica%		1.6	0.34	NR
pH		6.3		0.35

Fuente: McDowell, L. R. (1983)

TABLA 8

Niveles críticos de minerales en los forrajes

Mineral	Unidades	Rango de Concentración	Nivel Crítico
(Desviación Estándar)			
Calcio	%	0.30 + 0.14	0.3
Fósforo	%	0.22 + 0.05	0.25
Magnesio	%	0.22 + 0.06	0.20
Potasio	%	1.43 + 0.27	0.60
Sodio	%	0.09 + 0.04	0.06
Cobalto	ppm	0.12 + 0.04	0.10
Cobre	ppm	15.1 + 13.3	10
Hierro	ppm	29.2 + 12.9	30
Manganeso	ppm	66.3 + 25.1	30
Molibdeno	ppm	0.20 + 0.02	6
Selenio	ppm	0.04 + 0.02	0.1
Zinc	ppm	18.7 + 6.4	30

Fuente: McDowell y Conrad (1977).

TABLA 9

Requerimientos minerales del ganado de carne*

Mineral	Vacas secas o preñadas	Vacas Lactantes
Macrominerales	(%)	(%)
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
Microminerales	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

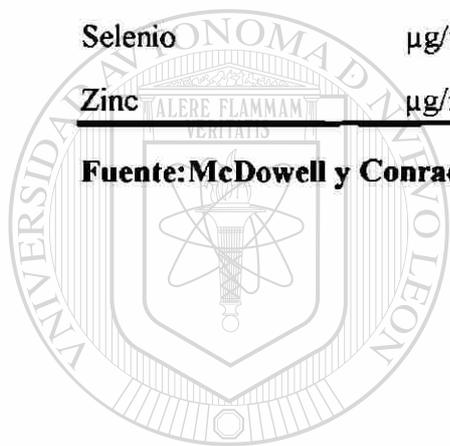
*Valores expresados en base a materia seca.

Fuente: McDowell y Conrad (1977).

TABLA 10**Niveles críticos de mienrales en el suero sanguíneo**

Mineral	Unidades	Rango concentración			Nivel Cítrico
		Desviación Standar			
Calcio	mg/100 ml	10.4	+	2.6	8
Fósforo	mg/100 ml	5.2	+	1.8	4.5
Magnesio	mg/100 ml	2.4	+	0.32	2
Cobre	µg/ml	0.90	+	0.02	0.65
Selenio	µg/ml	0.006	+	0.003	0.03
Zinc	µg/ml	0.84	+	0.03	0.8

Fuente: McDowell y Conrad (1977).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



y sus síntomas pueden manifestarse.

La importancia de la inclusión de suplementos minerales que logren satisfacer las deficiencias o excesos manifiestos en los sistemas de producción se ha discutido ampliamente. En la TABLA 11 se propone las características deseadas para los suplementos mineral para rumiantes, consumidos *ad libitum*.

Para el diseño de suplementos minerales, es necesario tener aproximaciones de los requerimientos de los animales señalados para los nutrientes esenciales, esto incluye edad de los animales, estado actual del ciclo productivo o reproductivo y propósito deseado por el cual el animal es alimentado ya sea por corto o largo tiempo, y la disponibilidad biológica relativa de las fuentes de minerales a utilizar en la suplementación (TABLA 12). Además, es importante considerar la ingestión diaria aproximada por animal por día de la mezcla mineral y del total de materia seca que los animales van a consumir; y la concentración de los nutrientes esenciales en la mezcla mineral.

Las diferencias importantes en el metabolismo de los mineral 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. Estos factores pueden considerarse limitantes del consumo de forrajes, el cual es esencial para los rumiantes en pastoreo para satisfacer sus requerimientos minerales.

Muchos reportes de las regiones tropicales del mundo que datan de inicio del siglo han revelado los efectos benéficos de la suplementación de P sobre la producción y la reproducción. El incremento en la eficiencia reproductiva, debido a la suplementación mineral en 18 localidades en Latinoamérica, África y Asia, indican una mejora promedio de hasta un 51% en los índices de parición para los animales que recibieron sal solamente versus un 73% para aquellos que recibían suplemento mineral.

Aun cuando el ganado en pastoreo no satisface sus necesidades minerales al consumir un suplemento ofrecido *ad libitum*, usualmente no hay otra forma práctica de suplir las necesidades de minerales. La sal común (NaCl), debido a su palatabilidad, es un

TABLA 11

Características de un buen suplemento mineral para suministrar a libre acceso en el ganado

1. Mezcla final debe poseer como mínimo 6-8% de fósforo, en áreas donde los forrajes son consistentemente más bajas que 0.20%, suplementos minerales que contenga del 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. Formulando 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 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.

Fuente: L.R. McDowell (1983).

TABLA 12

Porcentaje y disponibilidad biológica de elementos minerales en compuestos comúnmente usados en suplementos minerales

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

Fuente: L.R. McDowell (1983).

valioso "vehículo" para suministrar otros minerales. Si las mezclas contienen entre 20 a 40% de sal común, generalmente se consumen cantidades suficientes para suplir las necesidades suplementarias de otros minerales. A manera de un seguro de bajo costo, los suplementos minerales completos deben estar disponibles a libre acceso al ganado en pastoreo.

Una mezcla mineral completa usualmente incluye sal común, una fuente de P de bajo contenido de F, Ca, Co, Cu, Mn I, Fe y Zn. En las regiones tropicales con suelos ácidos, el Mn y el Fe pueden ser eliminados de la mezcla mineral completa, a menos que el Fe ayude a aliviar los efectos del parasitismo. El Se es importante, especialmente en regiones tropicales, sin embargo, en algunas regiones con suelos calcáreos, las concentraciones de Se en los forrajes pueden ser superiores al NC_t.

El Ca, Cu y Se en exceso pueden ser mas dañinos que beneficiosos a la producción de rumiantes. Donde predomina el alto contenido de Mo en el forraje, se necesita 3 a 5 veces el contenido de Cu en las mezclas minerales para contrarrestar la toxicidad de Mo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2.5 La Espectrofotometría de Absorción Atómica

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La ciencia de espectrofotometría de absorción atómica ha producido tres técnicas de uso analítico: la emisión, la absorción y la fluorescencia. 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).

El átomo esta constituido por un núcleo rodeado por electrones. Cada elemento tiene un número específico de electrones que está directamente relacionada con el núcleo

atómico y que conjuntamente con él, da una estructura orbital, que es única para cada elemento. Los electrones ocupan posiciones orbitales en una forma predecible y ordenada. La configuración más estable y de más bajo contenido energético, es conocida como "estado fundamental" y es la configuración orbital normal para el átomo.

Si a un átomo se le aplica energía de una magnitud apropiada, ésta será absorbida por él, induciendo a que el electrón exterior sea promovido a un orbital menos estable o "estado excitado". Como este estado es inestable, el átomo inmediatamente y espontáneamente retornará a su configuración fundamental. El electrón por lo tanto retornará a su orbital inicial estable y emitirá energía radiante equivalente a la cantidad de energía inicialmente absorbida en el proceso de excitación (Perkin Elmer, 1980).

La longitud de onda de la energía radiante emitida está directamente relacionada a la transición electrónica que se ha producido, puesto que el elemento dado tiene una estructura electrónica única que lo caracteriza, la longitud de onda de la luz emitida es una propiedad específica y característica de cada elemento.

La espectrofotometría de absorción atómica es 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).

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOLOGIA

3.1 Generalidades

En la elaboración de esta investigación se obtuvieron muestras de 24 ranchos ganaderos en el estado de Nuevo León. En estos ranchos, el ganado no recibía suplementación mineral. En los ranchos en los que se obtuvieron muestras para este trabajo, se ubican en once municipios del estado de Nuevo León.

Los municipios considerados para este estudio fueron agrupados de acuerdo a su ubicación geográfica y al grado de similitud climatológica, dividiendo el estado en tres regiones (Figura 2): (1) Norte (Lampazos, Anáhuac, Sabinas y Vallecillo); (2) Centro (Apodaca, China, Pesquería y Bravo); (3) Sur: Montemorelos, Allende y Galeana.

El muestreo se efectuó en el año de 1992, durante dos épocas del año, la Húmeda (septiembre a noviembre) y la Seca (febrero a abril). Un total de 220 muestras de suelo, 680 de forraje y 220 de suero sanguíneo, se obtuvieron para análisis.

En cada rancho se colectaron cinco muestras de suelo y suero sanguíneo, respectivamente. En el caso de los forrajes, se obtuvieron muestras de las especies de zacates que mas consume el ganado en los agostaderos, obteniéndose 5 muestras para posteriormente mezclarlas en proporciones iguales (muestra compuesta). Además, se obtuvo información sobre la precipitación pluvial (promedio anual) de cada municipio (Figura 3), un año antes, el año del estudio, y un año después, además del promedio de

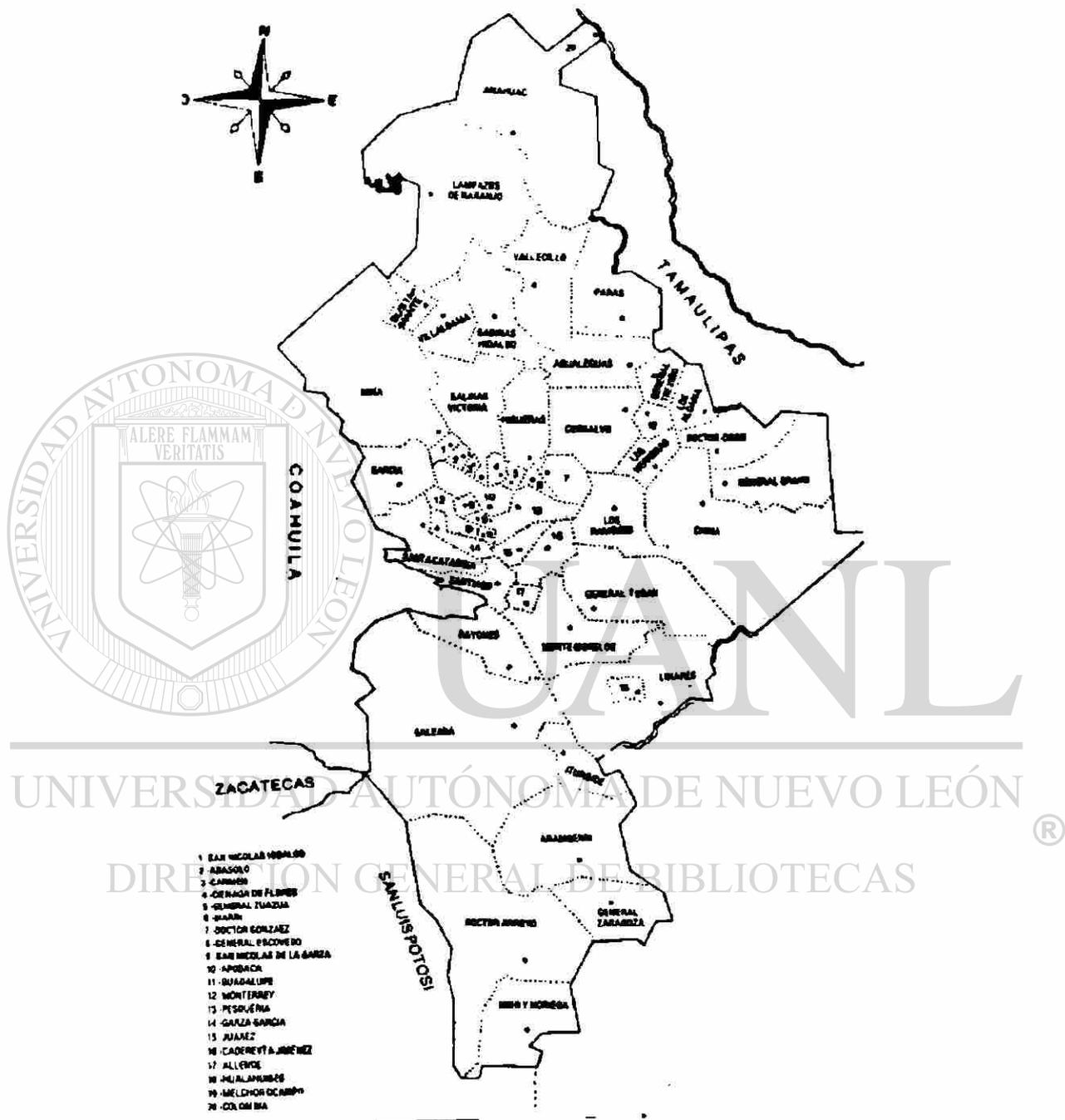
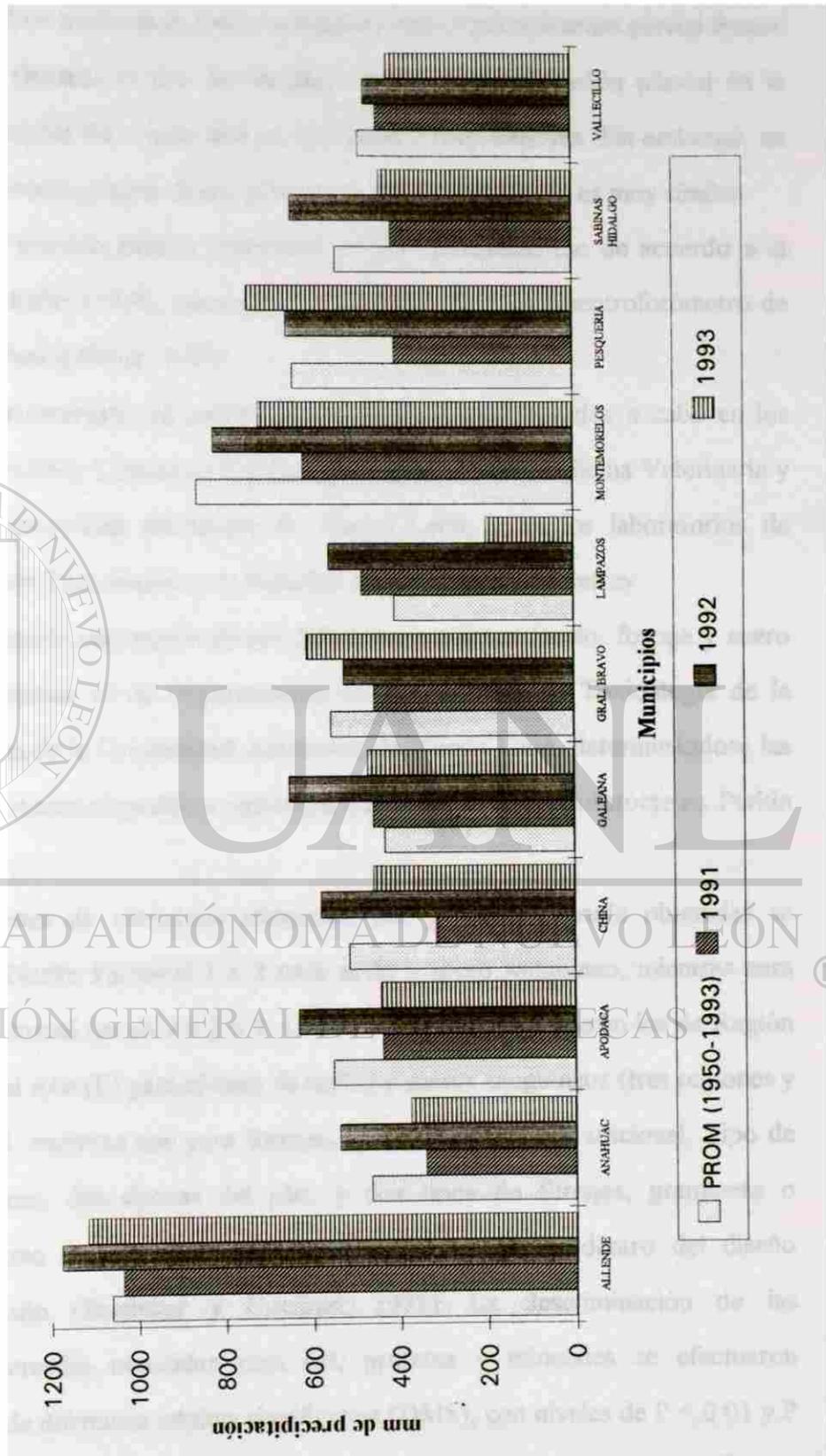


Figura 2. División Política del estado de Nuevo León

Figura 3. Comparación de la distribución anual promedio de las precipitaciones, en los municipios del estado de Nuevo León, muestreados en este estudio



los últimos 43 años. Los municipios donde se registró menos precipitación pluvial fueron de la región norte. Durante el año del estudio (1992), la precipitación pluvial en la mayoría de los municipios fue mayor que un año antes y otro después. Sin embargo, en comparación con la media general de los últimos 43 años, el promedio es muy similar.

El procedimiento seguido para la extracción de los elementos, fue de acuerdo a la técnica descrita por Bahía (1978), para su posterior lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer, 1980).

Los análisis de laboratorio y el análisis de los datos fueron llevados a cabo en los laboratorios de Nutrición y Control de Calidad, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y en los laboratorios de Zootecnia del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Las lecturas de espectrofotometría de los diferentes extractos (suelo, forraje y suero sanguíneo) fueron hechas en el Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León, determinándose las concentraciones de macrominerales y minerales traza en un espectrofotómetro Perkin Elmer.

Las concentraciones de elementos minerales, pH y proteína cruda obtenidas se analizaron bajo un Diseño Factorial 3 x 2 para suelo y suero sanguíneo, mientras para forraje el Diseño Factorial fue un 3 x 2 x 2. Los efectos estudiados fueron los de Región (R) y el de Época del Año (E) para el caso de suelos y sueros sanguíneos (tres regiones y dos épocas del año), mientras que para forrajes se estudio un factor adicional, Tipo de Forraje (tres regiones, dos épocas del año, y dos tipos de forrajes, gramíneas o arbustivas). Cada uno de los efectos fue considerado un factor dentro del diseño experimental utilizado (Snedecor y Cochran, 1973). La discriminación de las concentraciones promedio obtenidas para pH, proteína y minerales se efectuaron mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), con niveles de $P < 0.01$ y $P < 0.05$. Como apoyo a la realización de los análisis estadísticos requeridos se utilizaron

los paquetes estadísticos Stat View Graphic- 512 ⁺™ y SPSS™. Se realizaron estudios de correlación entre los constituyentes de cada tipo de muestras (suelo, forraje y suero sanguíneo), con la finalidad de establecer los grados de asociación entre las variables en estudio.

Las concentraciones promedio obtenidas fueron además comparadas con las indicadas como **Niveles Críticos (NC)**, entendiéndose por este concepto, aquellas concentraciones de elementos minerales inferiores a los requerimientos mínimos (NRC, 1984; McDowell et al., 1993) y superiores a los niveles tolerables (NRC, 1980; McDowell et al., 1993), para finalmente establecer el número de muestras menores al nivel crítico de deficiencia (NC_d) o mayores al nivel crítico de tolerancia (NC_t).

3.2 Muestreo y Análisis del Suelo, Forraje y Suero Sanguíneo.

3.2.1 Suelo

3.2.1.1 Obtención de Muestras de Suelo. La falta de precisión en los resultados de los análisis de suelo, se debe a errores en la obtención de muestras en el campo. El procedimiento seguido en este trabajo estuvo de acuerdo a lo recomendado por Bahía (1978). La obtención de muestras de suelo fue totalmente al azar en los agostaderos o potreros de los ranchos. En cada rancho se obtuvieron cinco muestras de 500 g de suelo, a una profundidad de aproximadamente de 10 a 20 cm (dependiendo del tipo de suelo y hábito de crecimiento de las especie(s) forrajera(s) del lugar), con una pala tipo espada de acero inoxidable. Las muestras fueron guardadas en bolsas de plástico previamente identificadas de acuerdo al número de muestra de cada rancho y a la región al que correspondía la ubicación del rancho. Las muestras fueron posteriormente congeladas y analizadas en el laboratorio.

3.2.1.2 Extracción de Minerales de Muestras de Suelo. La extracción de los elementos fue efectuada de acuerdo a la técnica descrita por Volkweiss y Rodríguez

(1978). Para la determinación de calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y selenio (Se) se puso en práctica el siguiente procedimiento:

1. Secada del suelo al sol.
2. Cribada en tamiz del No. 10.
3. Pesado de la muestra (5 g de suelo secado y cribado).
4. Adición de 20 ml de solución doble ácido (H_2SO_4 0.025N + HCl 0.05N).
5. Agitación por 5 minutos.
6. Filtración rápida con Whatman No. 40.
7. Almacenamiento de la muestra preparada en un congelador a $-25\text{ }^\circ\text{C}$.

✓ 3.2.1.4 Determinación de pH y la Concentración de Minerales en muestras

de Suelo. Las concentraciones de macrominerales y minerales traza fueron determinadas mediante la lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer. El pH del suelo se determinó mediante el un método sugerido por Volkweiss y Rodríguez (1978). El método sugiere el uso de un vaso de precipitados de 50 ml, donde

se colocan 10 g de suelo. Posteriormente se agregan 10 ml de agua destilada y la mezcla formada se deja reposar por un período 30 minutos. Después del filtrado, el pH del suelo obtenido se determina con un potenciómetro.

3.2.2 Forraje

3.2.2.1 Obtención de Muestras de Forraje. Para la selección de las Gramíneas o Arbustivas que deberían ser muestreadas, un día antes de efectuar el muestreo, se observó al ganado y se identificó las plantas que éste más consumía en los agostaderos. Se tomaron 5 muestras de cada especie de Gramíneas y/o Arbustivas (posteriormente se mezclaron en proporciones iguales para integrar una muestra compuesta), lo anterior de

acuerdo a los procedimientos descritos por Fick et al., (1979). Después de la identificación de las plantas en los agostaderos, 400 g de forraje fueron obtenidos cortando con unas tijeras de acero inoxidable y puestas en bolsas de plástico, identificándose de acuerdo al municipio y a la especie a la que pertenecía. Las muestras fueron congeladas a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, para la determinación posterior de análisis en el laboratorio.

3.2.2.2. 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 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Secado de las plantas por 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 se a criba través de una malla de 1 mm, las cribas deben necesariamente ser de acero inoxidable.
6. El material molido se guardó en bolsas de plástico perfectamente selladas, para después proceder hacer la dilución de los minerales.
7. Para la incineración y dilución se hace el siguiente procedimiento:
 - a. Tomar los crisoles y secarlos en estufa bacteriológica a 100°C por dos horas. retirar los y enfriarlos en desecador por dos horas.
 - b. Pesar los crisoles en balanza analítica.
 - c. Pesar 5 g de muestra de forraje secado al aire, sin retirar el crisol de la balanza.
 - d. Hacer duplicado de cada muestra.

- e. 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.
- f. 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.
- g. Manener esta temperatura por lo menos durante 8 horas.
- h. Retirar los crisoles después de que se hayan enfriado parcialmente y ponerlos en desecador por dos horas hasta que se enfríen.
- i. Pesar los crisoles con cenizas.
- j. Poner los crisoles en una plancha caliente para hidrólisis ácida.
- k. Humedecer las cenizas con una gotas de agua deionizada.
- l. Agregar aproximadamente 5 ml de HNO₃ al 50%.
- m. Evaporar la solución de HNO₃ hasta la mitad del volumen.
- n. Agregar HNO₃ al 10% hasta 2/3 partes del volumen del crisol, enjuagando las paredes del crisol con esta adición.
- o. Evaporar la solución hasta 10 ml. y no permitir que se seque.
- p. Agregar agua desionizada hasta 2/3 partes del crisol.
- q. Evaporar la solución hasta cerca de 5 ml.
- r. Remover el crisol de la plancha caliente.
- s. Enjuague el embudo que contiene el papel filtro con HNO₃ al 10% en un vaso.
- t. 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.
- u. Limpiar las paredes del crisol con la ayuda de una paleta.
- v. Agregar 5 ml. de agua deionizada y repetir la transferencia.
- w. Enjuagar el crisol, papel filtro y paleta con dos porciones de 3 ml. de agua deionizada, dejar escurrir el papel filtro entre cada lavado.
- x. Retirar el papel filtro y enjuagar el embudo y la punta cuando se retira.

- y. Ajustar el volumen a 50 ml mediante el lavado del cuello del frasco volumétrico.
- z. 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.

3.2.2.3 Proteína cruda. Esta determinación se basa en el hecho de que la mayoría del material nitrogenado presente en los ingredientes son proteínas, y que éstas poseen en promedio 16% de nitrógeno. El procedimiento seguido fué:

1. Pesar de 1-5g de la muestra preparada en un pedazo de papel filtro libre de nitrógeno.
2. Determinación de la cantidad de N amoniacal presente en la muestra, de acuerdo con el siguiente procedimiento:
 - a) Digestión en ácido sulfúrico concentrado en presencia de sulfato de sodio o potasio, además de un catalizador para convertir el nitrógeno amoniacal en sulfato de amonio, $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$.
 - b) Transformación del N amoniacal en Hidróxido de Amonio, mediante la adición de Hidróxido de Sodio concentrado en exceso, hasta lograr que la solución sea muy alcalina.
 - c) Adición de agua y destilado del amonio, en una cantidad conocida de una solución ácida y determinando, por titulación con una solución alcalina estándar, la cantidad de ácido neutralizado por el amonio formado por el nitrógeno presente en el ingrediente. Con esto, la cantidad de nitrógeno fue calculada.
3. Cálculo de la cantidad de proteína en la muestra, multiplicando la cantidad de nitrógeno por 6.25 (considerando que si 16% de nitrógeno está presente en una proteína, 6.25 veces la cantidad de nitrógeno presente en la muestra igualaría la cantidad total o el 100% de proteína en la muestra).

3.2.3 Sangre

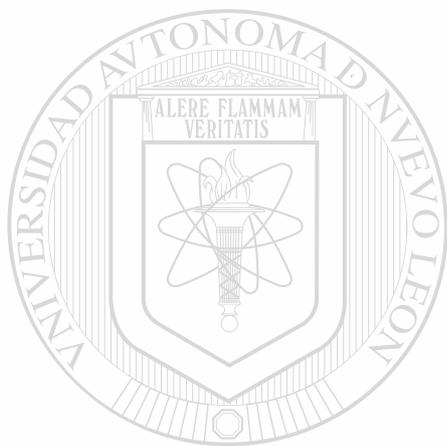
3.2.3.1 Recolección y procesado de la sangre. Se obtuvieron cinco muestras de sangre de 10 ml cada una de animales adultos elegidos completamente al azar. Toda la metodología, tanto de muestreo como de procesado se efectuó de acuerdo a lo descrito por Fick et al., (1979).

3.2.3.2 Toma de muestras. El método que se usó para obtener la sangre fue el de punción de la vena coccígea, en la base de la cola, con la ayuda de jeringas desechables. La sangre extraída se transfirió a tubos de ensayo, cuidando evitar la hemólisis de las muestras. Los tubos de ensayo se colocaron en una inclinación de 45°, con el propósito de que se formara el coágulo en el fondo del tubo, separándose el suero en la parte superior.

3.2.3.3 Procesado de la sangre. Una solución libre de proteínas fue utilizada para el análisis de fósforo y macrominerales. El suero sobrante se utilizó para el análisis de microminerales. El procedimiento que se empleó para la precipitación de las proteínas (desproteínización) fue el siguiente:

1. Dispensar 9 ml. de ácido tricloroacético (TCA) al 10% en un tubo de ensayo marcado.
2. Pipetar 1 ml de suero y añadir a los 9 ml de TCA (La muestra de suero debe mezclarse inmediatamente antes de tomar la muestra de un 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, de acuerdo a la técnica propuesta por Fiske (1925), y la modificada por Fick et al. (1979).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Suelos

4.1.1 pH en Suelo

El comportamiento del pH en suelos, por Región y Época, se ilustra en la Figura 4. Cuando el pH se ubica en valores superiores a 7.5, la constitución química de varios minerales del suelo llega a cambiar, alterando la disponibilidad de estos para las plantas. Los valores de pH mas elevados encontrados en este estudio fueron los de la Región Norte (8.0), donde predominan los suelos áridos y semiáridos, mismos que son ricos en Na (90 ppm) y Ca (5710 ppm). En el rango de pH obtenido (7.3 a 8.0), es de esperarse que el Al no sea causante de una reducción en la disponibilidad de P para la planta. Cuando el pH es mayor a 7.0, se observa una tendencia en la acumulación de Ca en suelo. Los excesos de Ca pueden formar compuestos insolubles tales como los fosfatos de Ca, lo que genera una inmovilización del P nativo del suelo como de todo aquel que se llegara a aplicar, bloqueándose la absorción y utilización del P (Gartenberg et al., 1989).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4.1.2 Macrominerales

4.1.2.1 Región. Las concentraciones de macrominerales obtenidas para las tres regiones del estado de Nuevo León se muestran en la TABLA 13. Los valores de Ca se ubicaron en un rango de 5710 a 11126 ppm, presentándose el mayor valor en la Región Norte, donde se tienen también las máximas concentraciones de Na y K (90 y 122 respectivamente). La Región Norte del estado de Nuevo León se caracteriza por tener suelos calcáreos, en los que la concentración de carbonatos de Ca en suelo alcanza valores hasta de un 10 al 20% (Velasco, 1992).



Figura 4. Valores promedio de pH de los suelos de las regiones Norte, Centro y Sur del estado de Nuevo León, así como su comportamiento durante las épocas Húmeda y Seca. a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre sí ($P < 0.05$).

TABLA 13

Concentraciones(%) de macrominerales, en suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante dos épocas del año¹.

Efecto	Clase	Ca	P	Mg	Na	K
Región	Norte	11126b	26b	158b	90a	122a
	Centro	15667a	37a	204a	62b	83b
	Sur	5710c	18c	75c	66b	100b
Época	Húmeda	13674a	29	158	78	112a
	Seca	8927b	26	147	69	92b

a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).
¹ Viets y Lindsay (1973) y Rhue y Kidder (1983) reportaron los niveles críticos en suelo de Ca (71 ppm), P (15 ppm), Mg (9.1 ppm), K (60 ppm).

En la Región Sur se observa que el Ca, P y Mg presentaron las menores concentraciones (5710, 18 y 75 ppm, respectivamente), y en esta misma Región, el Na y el K no presentan diferencias ($P > 0.05$) con respecto a la Región Centro. En estos municipios, el tipo de suelo que predomina es el arcilloso, que se caracteriza por el lento movimiento de agua y aire, lo que afecta de manera importante la disponibilidad de nutrientes para la planta (Buckman y Brady, 1982).

Se observa una tendencia entre la relación Ca:Mg:P, donde se detecta claramente que a mayores concentraciones de Ca, mayores concentraciones de Mg y P (Centro:15667:204:37; Norte:11126:158:26; y Sur 5710:75:18).

4.1.2.2 Época del Año. La Época del año tuvo un efecto sobre las concentraciones de macrominerales ($P < 0.05$), siendo mayores durante la Época Húmeda que durante la Época Seca (Ca, 13674 vs. 8927 ppm; Na, 112 vs. 92 ppm). Estos resultados son similares a los reportados por Prabowo et al. (1991) en Indonesia, para las épocas Húmeda y Seca (Ca, 1058 y 656 ppm; Na, 45 y 28 ppm, respectivamente). Además, en este mismo trabajo los autores observaron diferencias ($P < 0.01$) en el contenido de materia orgánica y sales solubles en suelo, que fueron atribuidas a la época del año.

Deficiencias minerales en suelo fueron observadas solamente para P y K. El porcentaje de muestras con concentraciones de P menores al NC_d durante las épocas Húmeda y Seca, respectivamente, fueron: Región Norte: 35 y 45%; Región Centro: 2.5 y 15%; y Región Sur: 0 y 23.3% (TABLA 14). El porcentaje de muestras con concentraciones de K menores al NC_d durante las Épocas Húmeda y Seca, respectivamente, fueron: Región Norte: 7.5 y 58.3%; Región Centro: 0 y 32.5%; y Región Sur: 0 y 10.0%. Prabowo et al. (1991) y Valdes et al. (1988) reportan resultados similares en suelos tropicales de Indonesia y Guatemala, respectivamente, observando una mayor cantidad de muestras de deficientes en P. Además, estos autores notaron que la concentración promedio de P fue

TABLA 15

Concentraciones (ppm) de minerales traza, en suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante dos épocas del año¹.

Efecto	Clase	Fe	Co	Cu	Zn	Mo	Se
Región	Norte	58.8ab	5.8a	2.6a	6.8a	0.60a	0.23b
	Centro	61.2a	2.0b	1.9b	4.0b	0.70a	0.18b
	Sur	48.0b	2.9b	2.8a	4.8b	0.33b	0.34a
Época	Húmeda	50.4b	3.9a	2.8a	4.2b	0.69a	0.31a
	Seca	63.1a	3.3b	2.0b	6.2a	0.42b	0.17b

a,b Valores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre sí ($P < 0.05$).
¹ Viets y Lindsay (1973) y Rhue y Kidder (1983) reportaron los niveles críticos en suelo de Fe (30 ppm), Cu (2 ppm), Zn (8 ppm).

mayor ($P < 0.01$) durante la Época Seca, situación que contrasta con lo encontrado en este estudio (Húmeda, 29 ppm; Seca, 26 ppm). Mengel y Kikby (1982) indicaron que en suelos vírgenes, el contenido de P orgánico depende de la edad del suelo; además, la presencia de carbonatos de Ca que adsorbe a los fosfatos, forman complejos de apatitas, lo que hace indisponible al P para la planta (Pastrana, et.al., 1991).

La disponibilidad de K en el suelo no es afectada por niveles elevados de pH. La relación de Na:K se mantuvo en un rango muy estrecho, entre 1.3:1 (Región Centro) y 1.6:1 (Región Sur).

4.1.3 Minerales Traza

4.1.3.1 Región. Las concentraciones obtenidas para minerales traza en el suelo se enlistan en la TABLA 15. Los valores para Fe fueron muy superiores (hasta 20 veces más): Norte, 58.8 ppm; Centro, 61.2 ppm; y Sur, 48.0 ppm. Sin embargo, el contenido de Fe soluble en suelos es extremadamente bajo en comparación con la concentración total de éste. La disponibilidad de Fe se ve aumentada en suelos alcalinos ($pH > 7.5$), mismos que favorecen la formación de hidróxidos de Fe, inmovilizando a este elemento, generando síntomas de deficiencia en la planta, aún en presencia de elevadas concentraciones totales de Fe.

Los niveles mas elevados de Co se obtuvieron en los suelos de la Región Norte (5.8 ppm), y los menores fueron en la Región Centro (2.0 ppm), no existiendo diferencia ($P > 0.05$) de ésta última con la Región Sur (2.9 ppm). Estos valores se ubican en la parte inferior del rango promedio reportado para la mayoría de los suelos (1 a 40 ppm). Las concentraciones de Co en suelos arenosos (< 10 ppm) son bajas (Minson, 1990), mientras que son más elevadas (> 30 ppm) en aquellos suelos de origen ígneo (Velasco, 1992).

Las concentraciones (ppm) de Cu por Región fueron las siguientes: Norte, 2.6 ppm; Centro, 1.9 ppm; y Sur: 2.8 ppm. El Cu es un mineral que en el suelo se encuentra fuertemente ligado al contenido de materia orgánica, lo anterior debido a su carga divalente. Autores como Mengel y Kirkby (1982) reportaron concentraciones de Cu de 5-50 ppm en suelos con vocación agrícola, siendo los suelos calcáreos los que regularmente presentan concentraciones particularmente bajas. Las concentraciones de Cu obtenidas para el estado de Nuevo León son similares a las encontradas por Prabowo et al. (1991), quien reportó un valor máximo de 3.3 ppm y un mínimo de 1.3 ppm.

Los grupos de suelos con bajos niveles de Cu total, han sido identificados por Minson (1990) como aquellos que poseen algunas de las siguientes características: (1) Suelos jóvenes con textura arenosa y baja cantidad de arcilla, (2) Suelos con una composición elevada de hidróxidos férricos y ferrosos o de aluminio, y (3) Suelos calcáreos con textura arenosa, estos últimos muy similares a algunos encontrados en el estado de Nuevo León. Además, de acuerdo a Viets y Landasy (1973), los niveles de Cu disponible en suelo disminuyen conforme se incrementa el pH, debido a la fuerte adsorción de éste a las partículas del suelo.

En lo que respecta al Zn, se observó una diferencia ($P < 0.05$) en las concentraciones de éste elemento entre las tres regiones de estado de Nuevo León. Las mayores concentraciones se presentaron en la Región Norte (6.8 ppm) en comparación con las regiones Centro (4.0 ppm) y Sur (4.8 ppm), donde no existió diferencia entre ellas ($P > 0.05$). Estos valores son similares a los encontrados por Sarker et al. (1990) en el Oeste de Bengal, en suelos con un rango de pH de 6.3 a 8.0 y una concentración de Zn de 1.56 a 8.15 ppm. La movilización de Zn hacia la planta, puede ser restringida conforme aumenta el pH, ya que la solubilidad alcanza valores muy bajos, especialmente en suelos ricos en Ca.

Las regiones Norte y Centro presentaron una concentración de Mo de 0.6 y 0.7 ppm, respectivamente, mientras que en la Región Sur fué de 0.3 ppm. Las concentraciones

totales de Mo en el suelo son muy variables y dependen en gran medida de la pedogénesis del suelo. Los valores promedio de Mo en suelo regularmente se ubican alrededor de 2.0 ppm.

El Mo al igual que otros minerales traza sufre un fuerte efecto del pH, donde se reporta que la capacidad de adsorción de éste, se reduce conforme se incrementa el pH. La máxima adsorción de Mo se logra a un pH de 4.0 (Mengel y Kirkby, 1982).

El último mineral traza que aparece en la TABLA 15 es el Se, donde se observa que la mayor concentración se obtuvo para la Región Sur (0.34 ppm), siendo esta diferente ($P < 0.05$), con respecto a las regiones Norte y Centro (0.23 ppm y 0.18 ppm, respectivamente). Estos valores son diez veces mayores a los encontrados por Pastrana et al. (1991) en Colombia, donde el promedio fue de 0.03 ppm y el total de muestras analizadas fueron deficientes en Se, de acuerdo a los NC_d reportados por Viets y Landsay (1973). En suelos cuyo pH es neutro o ácido, la disponibilidad de Se es baja, y comúnmente se le encuentra formando complejos férricos, en contraste con suelos ricos en Se (en forma de selenatos), que son encontrados principalmente en regiones áridas (Mengel y Kirkby, 1982).

4.1.3.2 Época del Año. En este estudio, un efecto debido a Época del año fue detectado ($P < 0.05$) para todos los minerales traza analizados, donde las mayores concentraciones (ppm) se obtuvieron durante la Época Húmeda para Co (3.9 vs. 3.3), Cu (2.8 vs. 2.0), Mo (0.69 vs. 0.42) y Se (0.31 vs. 0.17), mientras que las concentraciones (ppm) de Fe y Zn fueron mayores durante la Época Seca (63.1 vs. 50.4 y 6.2 vs. 4.2, respectivamente). Estas tendencias son similares a la reportadas por Prabowo et al. (1991) y Pastrana et al. (1991).

El Zn fue el mineral con mayor número de muestras deficientes (TABLA 16). Durante las épocas Húmeda y Seca el número de muestras deficientes fueron 100 y 96.6%. El Cu fue el segundo mineral traza con mayor número de muestra deficientes, alcanzando 82.5 y

TABLA 14

Porcentaje de muestras deficientes de suelo en macrominerales en tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca

Elemento	NC	Época	Región Norte			Región Centro			Región Sur		
			Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC
Ca	< 71	Húmeda	13049	9743	0	19778	6891	0	6368	3236	0
		Seca	9204	0	0	11556	5145	0	5052	4137	0
P	< 15	Húmeda	27.6	19.2	35	38	19.6	2.5	19	6.2	0
		Seca	24.1	16.3	45	35.14	21.8	15	17.2	7.0	23.3
Mg	< 9.1	Húmeda	158.6	95.9	0	219	106.8	0	73.2	21.2	3.3
		Seca	157.8	58.4	0	188.2	87.0	0	77.0	20.4	0
Na	-----	Húmeda	90.8	34.9	---	66.91	33.2	-----	74.6	18.3	---
	-----	Seca	88.4	26.0	---	57.27	25.9	-----	57.8	25.6	---
K	< 60	Húmeda	138.2	78.0	7.5	92.65	24.1	0	101.2	29.8	0
	< 60	Seca	106.2	30.0	58	72.83	23.2	32.5	98.5	29.6	10

TABLA 16

Porcentaje de muestras deficientes de suelo en minerales traza en tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca

Elemento	NC	Época	Región Norte			Región Centro			Región Sur		
			Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC
Cu	< 2	Húmeda	2.15	0.73	52.5	1.52	0.86	82.5	2.33	1.06	53.3
		Seca	3.04	1.25	20.0	2.31	1.17	47.5	3.22	1.90	30.0
Fe	< 30.	Húmeda	64.34	19.47	2.5	69.05	33.72	5.0	53.60	33.37	36.6
		Seca	53.22	28.17	37.5	53.36	27.53	20.0	42.51	25.3	33.0
Zn	< 8.0	Húmeda	8.36	2.9	42.5	4.98	2.6	85.0	4.90	2.04	96.6
		Seca	5.19	3.10	80.0	3.06	3.22	90.0	4.54	1.38	100
Co	-----	Húmeda	5.54	4.02	-----	1.60	0.78	-----	2.60	2.21	-----
		Seca	5.96	2.53	-----	2.44	0.92	-----	3.28	2.72	-----
Mo	-----	Húmeda	0.45	0.30	-----	0.59	0.22	-----	0.14	0.07	-----
		Seca	0.75	0.22	-----	0.78	0.29	-----	0.51	0.25	-----
Se	-----	Húmeda	0.17	0.23	-----	0.08	0.05	-----	0.30	0.05	-----
		Seca	0.28	0.32	-----	0.28	0.19	-----	0.38	0.17	-----

47.5% durante las épocas Húmeda y Seca, respectivamente. En estudios realizados por Knebusch et al. (1988) y Balbuena et al. (1989), se reportaron comportamientos similares con respecto al contenido de los minerales traza, que con mayor frecuencia se encuentran deficientes en las muestras analizadas (100% para ambos Cu y Zn).

Las correlaciones entre los minerales y pH del suelo se muestran en la Apéndice B. Las correlaciones más importantes encontradas fueron: K y Ca ($r = 0.48$, $P < 0.01$); pH y Mg ($r = 0.41$, $P < 0.01$); P y K ($r = -0.42$, $P < 0.01$); y la de K y Se ($r = 0.65$, $P < 0.01$).

4.2 Forrajes

El ganado en pastoreo comúnmente no recibe suplementación mineral, excepto sal común, por lo que depende exclusivamente del consumo de forraje para cubrir sus requerimientos, mismos que tan solo en contadas ocasiones pueden llegar a ser cubiertos por las especies forrajeras consumidas en los agostaderos. En un resumen efectuado por McDowell (1993), se reportan resultados de los análisis de 2615 muestras de forrajes que indican los porcentajes de muestras deficientes con respecto al NC_d (o deficiencias marginales): Co, 43%; Cu, 47%; Fe, 24%; Mn, 21; y Zn, 75%.

Los resultados obtenidos a partir de 136 muestras procedentes de diez especies forrajeras (Gramíneas y Arbustivas), se muestran en la TABLA 17 y las Figuras 5, 6 y 7.

4.2.1 Proteína Cruda

Los efectos que tiene la Región de muestreo en el estado de Nuevo León, la Época del año y el tipo de Forraje (Gramínea o Arbustiva), sobre las concentraciones (%) de PC, se presentan en la Figura 5. La Región donde se obtuvieron las muestras de forraje, no tuvo efecto ($P > 0.05$) sobre las concentraciones (%) de PC. El NC_d de PC en forrajes es menor a 7.0% (NRC, 1987). Las concentraciones de PC variaron ($P < 0.01$) entre las épocas Húmeda y Seca (6.77 y 5.28% respectivamente). Los cambios estacionales que



Figura 5. Concentraciones (%) de PC en forrajes (Gramíneas y Arbustivas), consumidas por el ganado en agostaderos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante dos épocas del año.

a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ($P < 0.05$).

favorecen el rebrote (mayor cantidad de biomasa, constituida principalmente por hojas), ocasionan que la cantidad de PC aumente. Por otro lado, los contenidos de PC variaron ($P < 0.01$) con tipo de forraje. Una interacción Época x Forraje se detectó para el contenido de PC de los forrajes.

El tipo de forraje afectó ($P < 0.05$) las concentraciones de PC: Gramíneas, 5.50% y Arbustivas, 6.94%. El contenido promedio de PC de los forrajes muestreados (Gramíneas y Arbustivas) en este estudio, fué por lo general inferior al 7% requerido para el mantenimiento. El contenido de PC de los forrajes en los agostaderos es importante para el crecimiento y la producción de leche de los bovinos. La digestibilidad, y consecuentemente la tasa de paso, son reducidas si el requerimiento de N de las bacterias en el rumen no se satisface (Van Soest, 1982). Para un máximo crecimiento de las bacterias del rumen, los requerimientos de N dependen principalmente del consumo de materia orgánica (Van Soest, 1982). La solubilidad y degradabilidad de la proteína afectan la disponibilidad de la proteína en la dieta, necesaria para satisfacer el requerimiento de N de los microorganismos del rumen. El nivel de N que se requiere en el rumen para mantener una máxima tasa de paso del alimento, debe variar con la digestibilidad ruminal de los carbohidratos. La mayoría de las dietas en el agostadero satisfacen este requerimiento cuando contienen 6 a 8% PC (NRC, 1987). Sin embargo, para becerros en crecimiento, de 9 a 11% PC puede requerirse en la dieta, especialmente con forrajes altamente digestibles. Minson (1990), reporta que los zacates que se desarrollan en climas templados poseen mayor cantidad de PC (12.9%) que aquellos que se encuentran en el trópico (10.0%). Solamente la mitad de los zacates tropicales logran superar el NC_d para el mantenimiento de los bovinos. Los bajos niveles de PC de estos zacates, se encuentran asociados con el patrón de fotosíntesis de plantas C₄, mientras que los zacates de clima templado y las leguminosas tropicales utilizan un mecanismo fotosintético C₃, lo que les permite tener concentraciones de PC de hasta 16.6 y 17.5% respectivamente (Tilley y Terry, 1963).

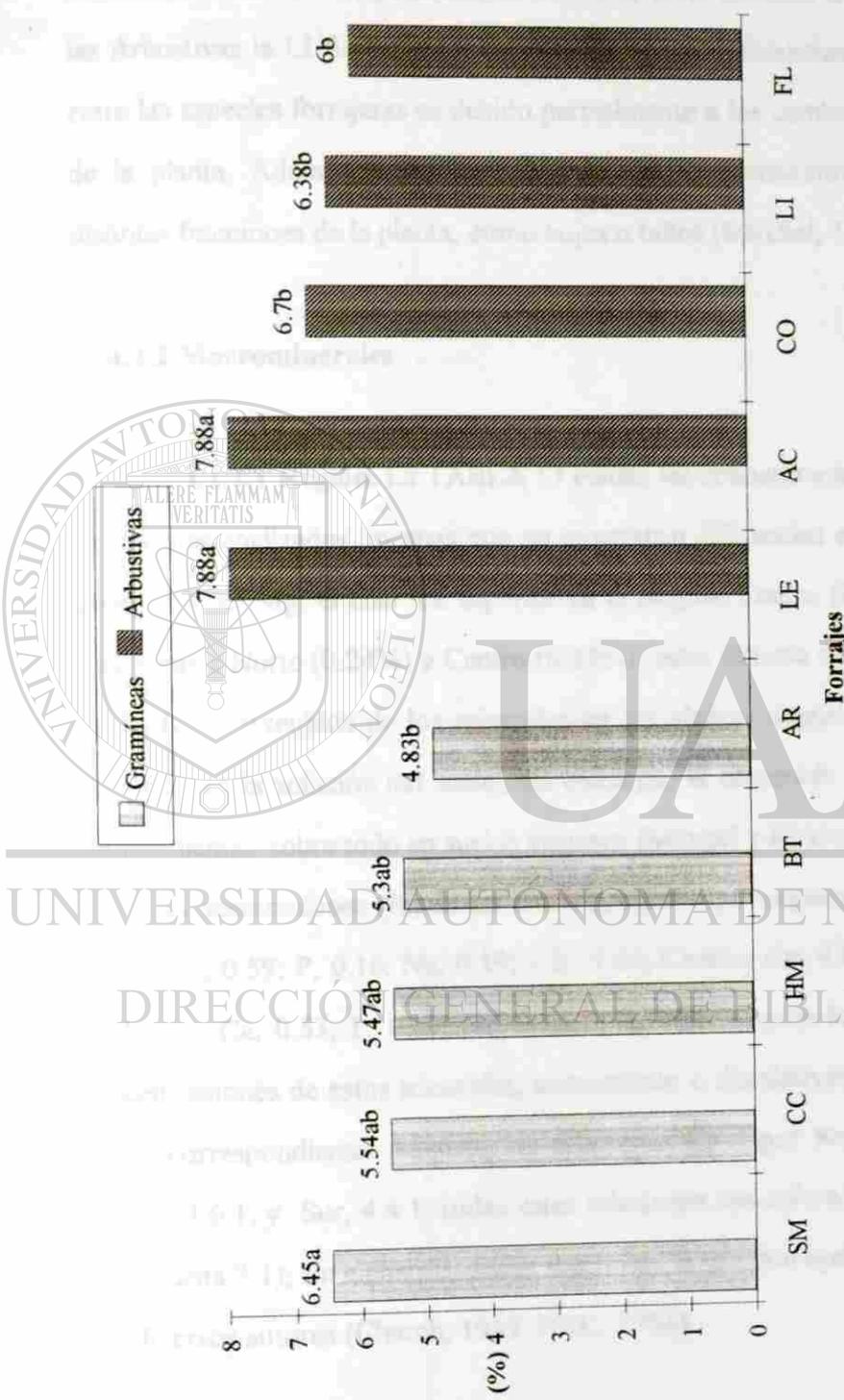


Figura 6. Concentraciones (%) de PC en Gramíneas y Arbustivas del estado de Nuevo León a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).

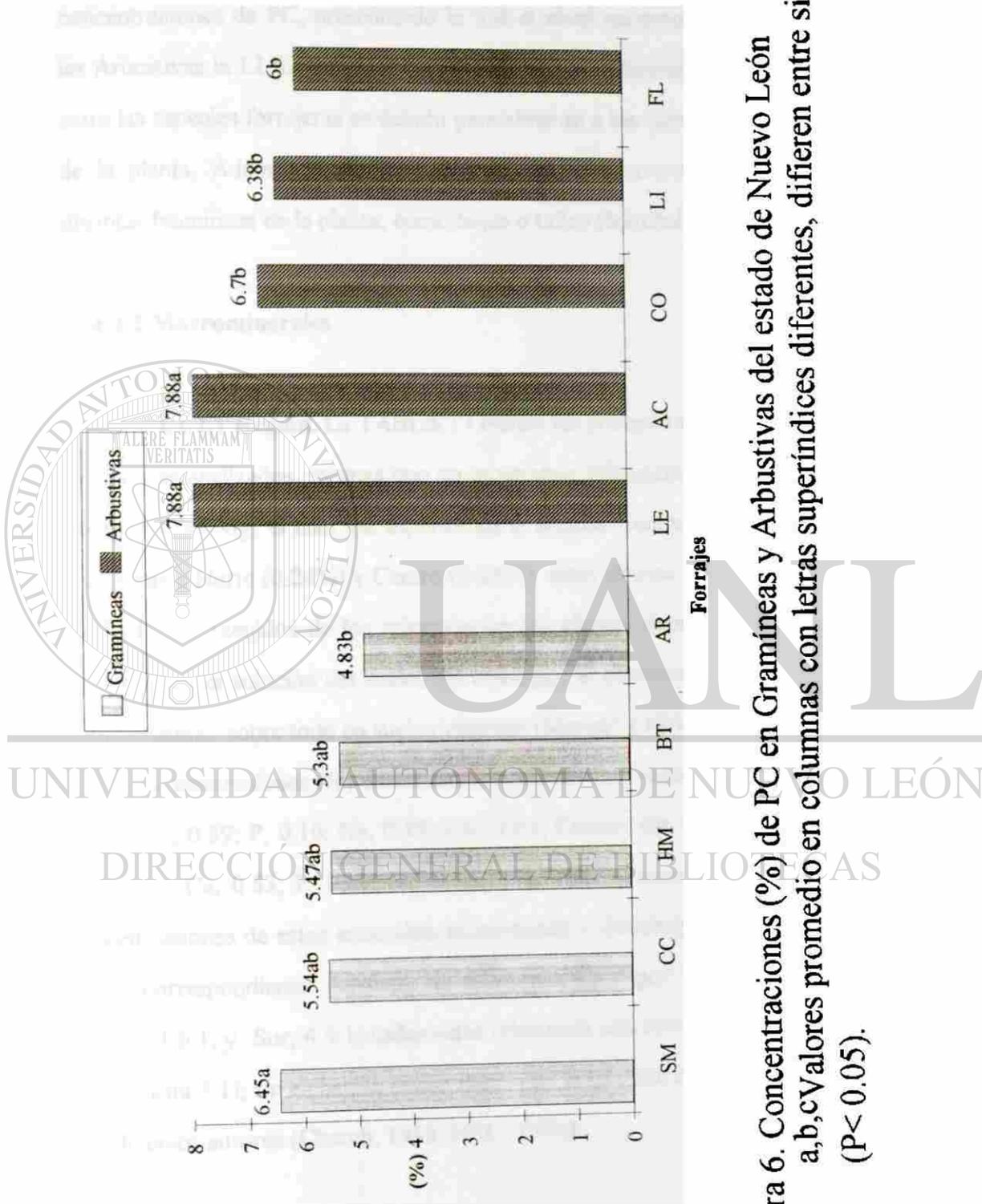


Figura 6. Concentraciones (%) de PC en Gramíneas y Arbustivas del estado de Nuevo León a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).

Dentro de las especies de Gramíneas, se detectó una diferencia ($P < 0.05$) en las concentraciones de PC, presentando la SM el nivel máximo de 6.45%, mientras que en las Arbustivas la LI fue la mayor con 13.75%. Las diferencias en los contenidos de PC entre las especies forrajeras es debido parcialmente a los cambios en el estado fenológico de la planta. Además, existen diferencias entre las concentraciones de PC entre las distintas fracciones de la planta, como hojas o tallos (Mitchel, 1957).

4.2.2 Macrominerales

4.2.2.1 Región. La TABLA 17 enlista las concentraciones de macrominerales en los forrajes analizados, mismas que no mostraron diferencias entre regiones ($P > 0.05$) a excepción del Mg, el cual fue superior en la Región Centro (0.31%), en comparación a las regiones Norte (0.24%) y Centro (0.23%), estas últimas siendo similares entre si ($P > 0.05$). Los contenidos de los minerales en las plantas dependen en gran medida de su presencia en la solución del suelo, sin embargo, el contenido de minerales de esta varía enormemente, sobre todo en suelos vírgenes (Mengel y Kirkby, 1982).

Las concentraciones (%) de los macrominerales por regiones fueron, respectivamente: Norte: Ca, 0.59; P, 0.16; Na, 0.19; y K, 1.61; Centro: Ca, 0.57; P, 0.16; Na, 0.17; y K, 1.58; Sur: Ca, 0.53; P, 0.12; Na, 0.16; y K, 1.48. Parece haber una relación entre las concentraciones de estos minerales, aumentando o disminuyendo sus concentraciones de forma correspondiente. Además, las relaciones Ca:P por Región fueron: Norte, 3.7:1; Centro, 3.6:1; y Sur, 4.4:1; todas estas relaciones son toleradas por los rumiantes en su dieta (hasta 7:1); sin embargo, distan mucho de la relación óptima (1:1 a 2:1) mencionada por diversos autores (Church, 1989; NRC, 1984).

4.2.2.2 Época del año. De los macrominerales estudiados, solo el Na y el K revelaron diferencias ($P < 0.05$) debido a la Época de año, siendo mayores las

TABLA 17

Efecto de la región, época del año y tipo de forraje, sobre las concentraciones (%) de macrominerales en forrajes consumidos por el ganado en agostaderos, del estado de Nuevo León

Efecto	Clase	Ca	P	Mg	Na	K
Región	Norte	0.59	0.16	0.24b	0.19	1.611
	Centro	0.57	0.16	0.31a	0.17	1.578
	Sur	0.53	0.12	0.23b	0.16	1.475
Época	Húmeda	0.58	0.14	0.29	0.22a	1.81a
	Seca	0.56	0.16	0.23	0.13b	1.32b
Forraje	Gramíneas	0.26b	0.17	0.27	0.19a	1.43b
	Arbustivas	1.10a	0.12	0.25	0.15b	1.78a

a,b valores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre sí ($P < 0.05$).

concentraciones de estos minerales durante la Época Húmeda con respecto a la Época Seca (Na, 0.22 vs. 0.13%; K, 1.81 vs. 1.32%). Resultados similares a las tendencias encontradas en este estudio fueron reportadas por Fonseca et al. (1988) en Costa Rica, quien indica que las concentraciones de los macrominerales detectados en zacataes como *Hyparrhenia rufa*, *Penisetum purpureum*, *Panicum maxicum*, *Axonopus scoparius* y *Bracharia spp.* fueron mayores durante la Época Húmeda. Existen una serie de factores que ocasionan cambios en las concentraciones de minerales en la planta como lo son, el tipo de suelo, estado de madurez de la planta, manejo del agostadero o pradera y condiciones climáticas (fotoperiodo y termoperiodo), entre otras (Spears, 1994).

4.2.2.3 Tipo de Forraje. La diversidad de especies forrajeras presentes en un agostadero típico del estado de Nuevo León es bastante grande (hasta más de 20 especies), según lo indica Huss y Aguirre (1981). Sin embargo, solamente algunas plantas forrajeras son consumidas por el ganado (especies claves de utilización) como lo menciona Holechek et al. (1989). En este estudio, las plantas muestreadas fueron agrupadas en Gramíneas y Arbustivas, encontrándose diferencias entre las concentraciones de Ca, Na y K ($P < 0.05$), no sucediendo lo mismo para P y Mg (TABLA 17).

Las concentraciones de Ca que se reportan en este estudio son, en promedio, superiores al NC_d (0.30%) para el caso de las Arbustivas (1.10%), no siendo así para las Gramíneas (0.26%). Las cantidades de Ca presentes en la mayoría de los forrajes varía ampliamente dependiendo de la especie, porción de la planta y estado fenológico de la misma (NRC, 1980). Aunque muchos forrajes son altos en Ca, la disponibilidad de este elemento puede ser baja si se encuentra en forma de oxalatos (Ward et al., 1979). El consumo voluntario de los rumiantes puede aumentar si el nivel de Ca en la dieta se incrementa, ya que este mineral es considerado como un nutriente limitante primario (Minson, 1990).

Los valores promedio de P no lograron cubrir el NC_d (0.25%) ya que para el caso de las Gramíneas la concentración fue de 0.17%, mientras que para las Arbustivas fue de 0.12%. Las deficiencias de P en suelo afectan directamente a los forrajes, produciendo deficiencias en estos, sobre todo en zonas áridas donde la velocidad de maduración del forraje es mayor (Spears, 1994). En ganado en pastoreo, una de las principales deficiencias es la de P (McDowell, 1993; Vallentine, 1990). Cantidades elevadas de Ca en la dieta aumentan el requerimiento de P cuando las dietas son bajas en P. Consecuentemente, altas cantidades de Ca en los suplementos puede exacerbar la deficiencia de P (Field et al., 1975).

La concentración de Mg de los forrajes analizados mostró un valor medio de 0.27% para la Época Húmeda y 0.25% para la Época Seca, ambos mayores al NC_d . La tetania como resultado de una hipomagnesemia, es rara vez reportada con ganado en los agostaderos, sin embargo, la incidencia a éste padecimiento puede estar asociado con altos niveles de K y bajas relaciones Na:K en el forraje (Minson, 1990). La suplementación con Mg incrementa el consumo en rumiantes (Reid y Jung, 1991) y la digestión de la fibra (Van Soest, 1982), cuando el ganado se encuentra consumiendo forrajes que poseen concentraciones mayores a 1g de Mg /kg.

La relación K:Na obtenidas para Gramíneas y Arbustivas fueron, respectivamente, 7.5:1 y 11.9:1. Los forrajes son, generalmente, una excelente fuente de K, pero las concentraciones de este se ven disminuidas conforme avanza el estado de madurez de la planta. Este fenómeno es común durante el invierno (Epinosa et al., 1991).

En las TABLAS 18 y 19 se presentan las concentraciones de macrominerales en Gramíneas (AR= *Aristida raemeriana*; BT= *Bouteloua trifida*; HM= *Hilaria mutica*; SM= *Setaria macrostachya*; y CC= *Cenchrus ciliare*) y Arbustivas (CO= *Cordia*; AC= *Acacia*; FL= *Flourenacia*; LE= *Leucophilum*; y LI= *Lippia*), obtenidas de los agostaderos del estado de Nuevo León. La única Gramínea que superó los NC_d para todos los macrominerales analizados fue HM, ya que presentó las siguientes concentraciones: Ca,

TABLA 18

Concentraciones (%) promedio de macrominerales de 5 gramíneas consumidas por el ganado en agostaderos del estado de Nuevo León

Gramínea	Ca	P	Mg	Na	K
AR	0.22b	0.12b	0.24bc	0.22	1.50
BT	0.21b	0.17b	0.26bc	0.18	1.32
HM	0.79a	0.40a	0.37ab	0.20	1.75
SM	0.21b	0.11b	0.54a	0.15	1.51
CC	0.13b	0.13b	0.22c	0.19	1.34

a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).

TABLA 19

Concentraciones (%) promedio de macrominerales de cinco arbustivas consumidas por el ganado en agostaderos del estado de Nuevo León

Arbustiva	Ca	P	Mg	Na	K
CO	1.41b	0.16a	0.09b	0.132abc	1.28b
AC	1.79a	0.10b	0.42a	0.131bc	1.81ab
FL	0.56c	0.12b	0.12b	0.196ab	2.35a
LE	0.65c	0.12b	0.17b	0.215a	1.60b
LI	0.37c	0.10b	0.44a	0.066c	1.78ab

a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).

0.79%; P, 0.40%; Mg, 0.37%; Na, 0.20%, y K, 1.75%. Estos resultados contrastan con los encontrados por Pérez (1993), quien trabajando en el Norte de Coahuila en suelos calcáreos, encontró para HM las siguientes concentraciones de macrominerales: Ca, 1.03%; P, 0.09%; Mg, 0.09; y Na, 0.07%.

La relación Ca:P para las diferentes especies de gramíneas se mantuvo en un rango muy estrecho con un máximo de 2:1 y un mínimo de 1:1. Estas proporciones se encuentran en una buena relación con respecto a las necesidades del ganado bovino (NRC, 1984).

La variabilidad que se presenta en las concentraciones de los macrominerales en las Arbustivas es mayor que en las Gramíneas. Las arbustivas, mostraron niveles adecuados de Ca y K. En el caso del P, el promedio fue inferior al NC_d. Con Mg y Na, solo una de las especies forrajeras, en cada caso, presentó concentraciones deficientes (CO con 0.09% Mg y LI con 0.07% Na).

Los resultados de las concentraciones de macrominerales que contienen los forrajes estudiados en esta investigación, se encuentran dentro de los rangos reportados por diversos autores que han analizado un gran número de especies forrajeras. Minson (1971) reportó menores concentraciones de Ca (menores a 0.3%) para varios forrajes en el Caribe, mientras que McDowell (1985) en un estudio similar donde analizó 1123 muestras de forraje, reportó que el 31% de las muestras tuvieron concentraciones menores al 0.3% (un rango de 0.1 a 4%).

Los valores de P reportados por Minson (1990) indica que en África del Sur, los forrajes presentaban concentraciones de tan solo 0.1%. Estas concentraciones son menores a las encontradas en este estudio (0.17% Gramíneas y 0.12% Arbustivas).

Por otro lado, el Mg esta involucrado en el metabolismo de los carbohidratos y lípidos, siendo requerido en la oxidación. Además, el Mg ejerce una influencia sobre la actividad oxidativa neurocelular, de tal modo que bajas concentraciones de este elemento inducen a tetania (McDowell, 1985). En las muestras de forrajes (Gramíneas y

Arbustivas) analizadas durante esta investigación, no se presentaron concentraciones promedio de Mg menores al NC_d (0.1%). Sin embargo, se debe considerar la interacción del Mg con el K, ya que se ha establecido (Minson, 1990) que en dietas altas en K y bajas en fibra, la absorción de Mg a nivel intestinal se reduce drásticamente. El forraje con mayor concentración de Mg fue SM (0.54%), mientras que aquella con menor concentración fue CO (0.09%). En un estudio de Minson (1990), la media de 930 muestras de forraje para Mg fue de 0.23%. Vacas lactando requieren aproximadamente 2g de Mg/kg en la dieta. La tetania ocurre generalmente al inicio de la primavera o en la Época Húmeda (del otoño en regiones templadas), debido a los patrones de crecimiento de los zacates, hierbas y forrajes ramoneables (Ven, 1990).

Las concentraciones de Na en los forrajes analizados, en todos los casos fueron superiores (el mayor siendo para AR con 0.22%) al NC_d (0.08%), siendo una excepción la LI (0.066%). El contenido de Na en las plantas que constituyen los agostaderos, es un factor importante en la nutrición animal. El requerimiento de Na para vacas en lactancia es de 0.20% (NRC, 1984). Considerando las concentraciones de Na, los forrajes se pueden clasificar como: (1) acumuladoras de Na (> 2g Na/kg), plantas que se desarrollan en suelos ricos en Na y en las cuales no existe exceso de K, y (2) las no acumuladoras de Na (< 2 g Na/kg), las cuales son forrajes que se desarrollan en suelos ricos en Na y su concentración es independiente del K presente en suelo (Vallentiene, 1990). En las zonas áridas y semiáridas algunos forrajes llegan a acumular concentraciones mayores a 82 g Na/kg de materia seca (MS), esto genera limitaciones en el consumo de alimento, y puede verse agravado, si se considera la alta concentración de Na en el agua que consumen los animales en dichas zonas, lo que repercute sobre la condición corporal del animal (Minson, 1990). El K en las plantas varía de acuerdo al sistema radicular de éstas y la disponibilidad de agua en el suelo (Ven, 1990). El valor máximo de K se encontró con FL (2.35%), mientras que la menor concentración se registró con CO (1.28%).

En todos los casos (Gramíneas y Arbustivas), las concentraciones fueron mayores al NC_d (0.70%).

La TABLA 20, enlista los porcentajes de muestras deficientes para los macrominerales de los forrajes de los agostaderos del estado de Nuevo León, donde se destacó que hasta el 87% de las muestras fueron deficientes para P.

4.2.3 Minerales Traza

Los Minerales Traza en forraje considerados para este trabajo fueron: Cu, Zn y Mo. Los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 7, 8 y 9.

4.2.3.1 Relación cobre:molibdeno. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) en las concentraciones de Cu entre regiones (3.7 a 5.4 ppm), mientras que la concentración de Mo si fue diferente ($P < 0.05$) entre regiones (Norte, 2.07 ppm; Centro, 1.56 ppm; y Sur, 1.49 ppm). Para el caso de la Región Norte, el valor promedio de Mo fue superior del NC_t (2 ppm). Las concentraciones de Mo estan relacionadas con los niveles de Cu y S, ya que existen importantes reacciones bioquímicas entre ellas (McDowell,1985). Excesos de Mo limitan la absorción y utilización de Cu. Los niveles de Cu en los forrajes estudiados mostraron concentraciones inferiores con respecto al NC_d (10 ppm). Estos niveles de deficiencia pueden ser agravados por los altos niveles de Mo encontrados (de 1.4 a 2.14 ppm), ya que estos se ubican en niveles marginales de toxicidad. En este estudio el Cu fue el elemento mineral con mayor número de muestras deficientes, tan solo superado por el P. Esto coincide con reportes que indican que las deficiencias de Cu son, a nivel mundial, una severa limitación para los rumiantes en pastoreo. En un total de 34 países de Latinoamérica, Africa y Asia se encontró que el Cu fue el mineral más deficiente después del P (McDowell, 1985). La relación Cu:Mo encontrada entre regiones se ubicó en un rango de 2.27:1 a 1.49:1. Ward (1979) categorizó las deficiencias

TABLA 20

Porcentaje de muestras de forraje deficientes en macrominerales en tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca

Elemento	NC	Región Norte			Región Centro			Región Sur		
		Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC
PC	7.0	6.50	1.21	84.6	6.90	0.08	52	7.0	0.82	23.5
		Húmeda								
Ca	0.30	0.62	0.64	46.2	0.56	0.58	60	0.56	0.65	64.7
		Húmeda								
P	0.25	0.15	0.07	80.8	0.14	0.04	100	0.15	0.07	88.2
		Húmeda								
Mg	0.10	0.27	0.20	19.2	0.35	0.26	0	0.24	0.16	0
		Húmeda								
Na	0.08	0.22	0.12	7.7	0.22	0.18	0	0.21	0.12	5.9
		Húmeda								
K	0.70	1.81	0.74	0	1.76	0.86	0	1.89	0.62	0
		Húmeda								
		1.41	0.50	7.7	1.40	0.62	8	1.10	0.69	29.4
		Seca								

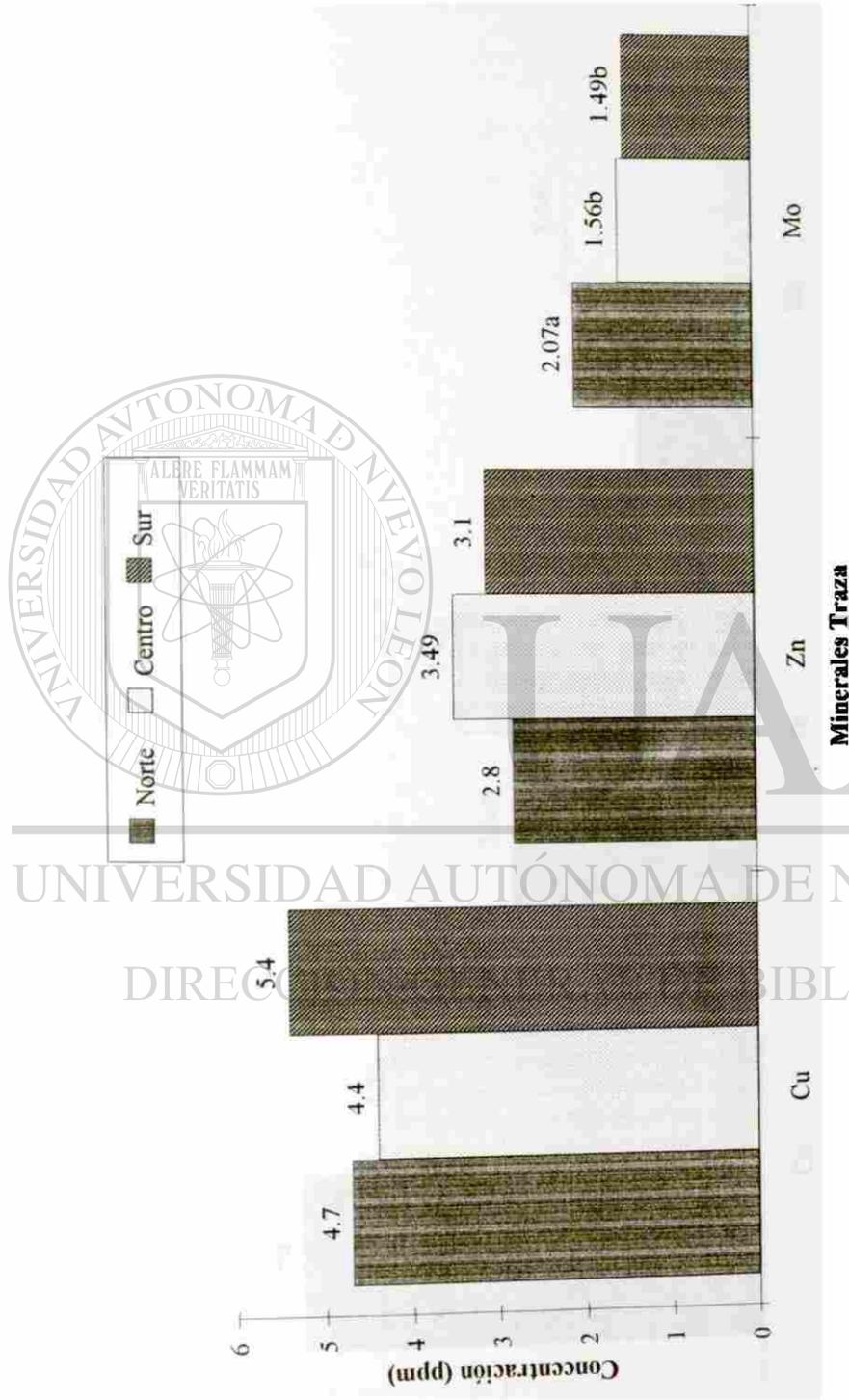


Figura 7. Concentraciones promedio (ppm) de minerales traza (Zn x 10) en forrajes de las regiones. Norte, Centro y Sur del estado de Nuevo León
 a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).



Figura 8. Concentraciones promedio (ppm) de minerales traza (Zn x 10) en forrajes durante las épocas Húmeda y Seca en el estado de Nuevo León. a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ($P < 0.05$).



Figura 9. Concentraciones promedio (ppm) de minerales traza (Zn x 10) en Gramíneas y Arbustivas del estado de Nuevo León a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ($P < 0.05$).

de Cu en cuatro grupos de acuerdo a las siguientes características del forraje consumido: (1) Altos niveles de Mo (> 20 ppm), (2) Bajos niveles de Cu pero niveles significativos de Mo (Cu:Mo $< 2:1$), (3) Deficientes en Cu (< 5 ppm), y (4) Cu normal y bajos niveles de Mo, acompañados de altos niveles de proteína soluble. El consumo de proteína soluble procedente de forraje fresco puede incrementar las cantidades de sulfitos generados en el rumen, lo que ocasionaría una indisponibilidad de Cu ante la formación de sulfitos de Cu (McDowell, 1985).

Minson (1990) reportó que las concentraciones de Cu en las Gramíneas fueron bajas con respecto a otro tipo de forrajes. Los resultados obtenidos en este estudio para las concentraciones de minerales traza en Gramíneas y Arbustivas se muestran en las Figuras 10 y 11, donde la mayor concentración de Cu fue en Gramíneas, especialmente en SM (5.22 ppm). En Arbustivas, el mayor contenido de Cu fue en LI (13.75 ppm). Con respecto a la relación Cu:Mo, se observó que los forrajes con mayor cantidad de Cu (SM, 5.22 ppm y LI, 13.75 ppm) poseían la menor concentración de Mo (SM, 0.87 ppm y LI, 0.75 ppm). La gran mayoría de los reportes de deficiencias indican que estas ocurren cuando el Mo del forraje excede las 3 ppm y los niveles de Cu son menores de 5 ppm (McDowell, 1985; NRC, 1984). El estado de madurez de la planta afecta directamente las concentraciones de Cu, aumentando la concentración con un incremento del estado fisiológico del forraje. Además, la distribución de Cu dentro de la planta varía, siendo mayor hasta en un 35% en las hojas que en los tallos.

4.2.3.2 Zinc. Las concentraciones de Zn no fueron diferentes entre regiones ($P > 0.05$), cuyas medias fueron: Norte, 28.1 ppm; Centro, 34.9 ppm; y Sur, 31.0 ppm. El Zn es necesario para la movilización de vitamina A del hígado. Aparentemente, niveles bajos de Zn en forraje (< 25 ppm) son inadecuados para la síntesis de la proteína transportadora del retinol, lo que puede generar una deficiencia de vitamina A (retinol), al no ser transportada desde el hígado al resto del cuerpo, vía sanguínea (Graham, 1991).



Figura 10. Concentraciones (ppm) promedio de minerales traza (Zn x 10) en 5 especies de Gramíneas del estado de Nuevo León. a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ($P < 0.05$).



Figura 11. Concentraciones (ppm) promedio de minerales traza (Zn x 10) en 5 especies de Arbustivas del estado de Nuevo León. a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ($P < 0.05$).

En esta investigación, los efectos de Época del Año y Tipo de Forraje afectaron las concentraciones de Zn ($P < 0.05$). Durante la Época Seca, la cantidad de Zn detectada fué mayor que durante la Época Húmeda (34.2 vs. 28.4 ppm). Por otro lado, las Arbustivas mostraron mayor concentración de Zn que las Gramíneas (34.6 vs. 29.3 ppm). Suelos con drenaje pobre permiten un incremento en las concentraciones de Zn en forrajes. En contraste, un aumento en el pH del suelo disminuye la disponibilidad de Zn para la planta (Mayland, 1975). McDowell (1985) reportó que la mayoría de los forrajes de Latinoamérica contienen menos de 30 ppm Zn. Esto coincide con lo encontrado en este trabajo (28.1 a 34.6 ppm Zn). Altos niveles de Ca en dietas pobres en Zn incrementan la incidencia de hiperqueratosis (Mills y Dalgarno, 1967). Las leguminosas forrajeras normalmente contienen altas cantidades de Ca, y esto hace posible que los requerimientos de Zn de rumiantes consumiendo este tipo de forrajes sea mayor que cuando consumen zacates (Minson, 1990). Los porcentajes de muestras deficientes en Zn reportadas en esta investigación, por regiones, fueron: Norte, 65.38%; Centro, 36%; y Sur, 64.71% (TABLA 21). Esto coincide con los trabajos realizados por otros investigadores en América Latina, donde el promedio de muestras deficientes en Zn (< 40 ppm) fue de 60% (Prabowo et al., 1991; Pastrana et al., 1991).

Las correlaciones entre los minerales y PC de los forrajes se muestran en la Apéndice B. Las correlaciones más importantes encontradas fueron: K y Ca ($r = 0.48$, $P < 0.01$); pH y Mg ($r = 0.41$, $P < 0.01$); P y K ($r = -0.42$, $P < 0.01$); y la de K y Se ($r = 0.65$, $P < 0.01$).

4.3 Suero Sanguíneo

4.3.1 Macrominerales

4.3.1.1 Región. En la TABLA 22 se enlistan las concentraciones (mg/dl) de macrominerales en suero sanguíneo de bovinos de los agostaderos del estado de Nuevo

TABLA 21

Porcentaje de muestras de forraje deficientes en minerales traza en tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca

Elemento	NC	Época	Región Norte			Región Centro			Región Sur		
			Media	% de muestras menores del NC	DE	Media	% de muestras menores del NC	DE	Media	% de muestras menores del NC	DE
Cu	10	Húmeda	5.4	92.3	3.7	4.8	96	2.7	6.0	88.2	4.7
		Seca	4.0	92.30	2.3	3.9	96	2.3	4.7	88.2	3.5
Zn	30	Húmeda	25.0	65.38	14.9	32.6	36	13.5	27.3	64.7	13.6
		Seca	31.1	38.46	18.5	37.2	32	14.0	34.6	29.4	15.1
Mo	> 2-3	Húmeda	1.6	38.46	1.0	1.1	8	0.7	1.2	7.7	0.7
		Seca	2.5	65.38	1.1	2.0	44	1.1	1.8	29.4	0.9

TABLA 22

Valores promedio de las concentraciones de macrominerales(%) y minerales traza (ppm), en suero sanguíneo de bovinos en condiciones de agostadero, en tres regiones del estado de Nuevo León durante dos épocas del año.

Efecto	Clase	Macrominerales (%)				Minerales Traza (ppm)			
		Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se		
Región	Norte	9.16a	6.78ab	2.40	0.70a	0.89a	0.013a		
	Centro	8.92b	7.24a	2.30	0.72a	0.75b	0.013a		
	Sur	9.20a	6.68b	2.42	0.61b	0.74b	0.008b		
Epoca	Húmeda	9.16	6.89	2.45a	0.73a	0.91a	0.014a		
	Seca	9.01	6.95	2.29b	0.68b	0.69b	0.009b		

a,b Valores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).

León, por Región y Época del Año. Las concentraciones de Ca, P y Mg estuvieron dentro de los rangos normales (Ca, 8-12 mg/dl; P, 4.5- 9.0 mg/dl; y Mg, 1-2 mg/dl). Los resultados anteriores son esperados debido al sistema homeostático que poseen los bovinos para regular las concentraciones de Ca y P a nivel sanguíneo, donde intervienen mecanismos hormonales que actúan sobre las actividades de algunos órganos como intestino delgado, hueso y riñón, modificando la absorción y movilización de estos elementos (Church, 1989).

Se detectó un efecto de Región sobre las concentraciones (mg/dl) de Ca y P, no siendo así para el Mg. Sin embargo, el promedio de las concentraciones (mg/dl) por Región fueron: Ca (Norte, 9.16; Centro, 8.92; y Sur, 9.20), P (Norte, 6.78; Centro, 7.24; y Sur, 6.68), y Mg (Norte, 2.40; Centro, 2.30; y Sur, 2.42). Estos valores fueron superiores al NCd (Ca, 8; P, 4.5; y Mg, 2).

El Ca, P y Mg se encuentran sumamente asociados en su metabolismo, y todos ellos forman parte del sistema esquelético. El Ca es absorbido desde el intestino delgado mediante un mecanismo de transporte activo, donde la forma hormonal de la vitamina D es necesaria. Existe evidencia que este mecanismo de transporte activo, es el sistema mediante el cual el cuerpo regula las necesidades de Ca, mostrando mayor regulación cuando el Ca en la dieta es más restringido o cuando el organismo tiene requerimientos más elevados, como durante la preñez o la lactancia (Klooster, 1976). Los niveles de Ca en suero sanguíneo se mantienen relativamente constantes alrededor de 10 mg/dl, lográndose esto mediante la acción de la hormona paratiroidea (PTH), la calcitonina y la vitamina D. Aproximadamente el 60% del Ca sérico se encuentra ionizado, en una forma fisiológicamente activa. El resto de Ca no está ionizado, un 35% estando unido a la proteína sérica y el 5% restante formando complejos con citratos, bicarbonatos y fosfatos (Underwood, 1981). Las cantidades de P absorbidas a nivel intestinal dependen de la fuente de P, de la relación Ca:P, del pH intestinal, y de los niveles de Ca, P, Fe, Al, Mn, K, Mg, lípidos y vitamina D en la dieta (Irving, 1964). Miller (1974) reporta que un nivel

de 4.4% de Ca en la dieta causa una depresión en la digestión protéica y energética de becerros en crecimiento. Los niveles de P sérico al igual que los de Ca son regulados por la PTH y la tirocalcitonina. Los niveles de P sérico son inversamente proporcionales a los niveles de Ca (Bartter, 1964). En este estudio se encontró una tendencia similar a lo anteriormente reportado. Las concentraciones (mg/dl) de Ca y P fueron: Región Norte, 9.16 y 6.78; Centro, 8.92 y 7.24; y Sur, 9.20 y 6.68. La determinación de P sérico es considerada como un criterio poco confiable por algunos autores para establecer los niveles presentes en el organismo del animal, esto debido a que existen un gran número de factores que pueden hacer variar el nivel de P en suero sanguíneo (Irving, 1964). Sin embargo, si los métodos de colección y de preparación de las muestras son controlados, este tipo de determinación es un buen indicador del nivel de P en el animal (McDowell, 1985).

4.3.1.2 Época del Año. Diferencias estacionales ($P < 0.05$) solo fueron encontradas para el Mg (2.45 y 2.29 mg/dl para las Épocas Húmeda y Seca, respectivamente). Estos resultados son semejantes a los reportados por Prabowo et al.

(1991). El número de muestras deficientes en Mg (solamente presentadas durante la Época Seca) se ubicó en un rango que osciló desde 6.6% para la Región Sur, hasta un 37.5% para la Región Centro. McDowell et al. (1984), en una revisión sobre el diagnóstico específico de deficiencias y toxicidades de minerales en el ganado, reportó que los niveles séricos de Mg de 1 a 2 mg/dl son considerados deficientes, mientras que niveles menores a 1 mg/dl indican una fuerte susceptibilidad a incidencia de tetania.

4.3.2 Minerales Traza

En la TABLA 22, se presentan las concentraciones de macrominerales y minerales traza (ppm) en suero sanguíneo de bovinos en los agostaderos del estado de Nuevo León.

Todas las concentraciones de minerales traza fueron afectadas por la Región y Época de Año ($P < 0.05$). La Región Sur fué la que presentó las concentraciones (ppm) más bajas de Cu, Zn y Se (0.61, 0.74 y 0.008, respectivamente). Normalmente, la disponibilidad de Cu en la dieta es menor al 10% y varios factores intervienen reduciendo sus niveles de absorción/retención. Los tiomolibdatos (CuMoOS_3 y CuMoS_4), son responsables del antagonismo que se presenta durante la absorción del Cu en rumiantes, siendo la concentración de S determinante de esta interacción. Las deficiencias de Cu han sido asociadas con inmunosupresión, ya que se ha detectado una reducción en la actividad de la citocromo oxidasa y de la dimutasa Cu-Zn superoxidasa, ambas asociadas con la capacidad fagocitaria del organismo para destruir a los microorganismos (Graham, 1991).

Las concentraciones (ppm) promedio de Zn encontradas en esta investigación, por Región, fueron: Norte, 0.89; Centro, 0.75; y Sur, 0.74. Todas estas concentraciones son mayores al NC_d (0.6 ppm).

Los requerimientos de Zn indicados por la NRC (1984) son de 30-40 mg/kg. La absorción de Zn puede ser alterada por niveles elevados de Ca en la dieta. La eficiencia de conversión alimenticia en rumiantes puede ser reducida hasta en un 9% cuando altas cantidades de Ca son suministradas en dietas bajas en Zn (Miller et al., 1964). Si el ganado consume forrajes con altos niveles de Ca, el requerimiento de Zn aumenta (Mills y Dalgarno, 1967). Agentes quelatantes como EDTA aumentan la absorción de Zn, al igual que la suplementación de vitamina D (McDowell, 1989).

Las concentraciones (ppm) de Se detectadas en esta investigación en las tres regiones del estado de Nuevo León fueron inferiores al NC_t (0.03): Norte, 0.013; Centro, 0.013; y Sur, 0.008. Existen múltiples factores que afectan la absorción del Se. Altos niveles de PC en la dieta tienden a incrementar la absorción de Se. Las formas orgánicas de Se son aparentemente mejor absorbidas que las formas inorgánicas. El rumen posee la propiedad de transformar tanto el Selenito de Na y de Ca en formas biológicamente disponibles de Se. El Se elemental y el Sulfato de Se no son bien absorbidos (Miller, 1985).

4.3.2.1 Época del Año. Por Época de Año, la tendencia fué a mostrar concentraciones (ppm) mas elevadas durante la Época Húmeda que durante la Seca: Cu, 0.73 y 0.68; Zn, 0.91 y 0.69; y Se, 0.014 y 0.009, respectivamente.

Los porcentajes de muestras deficientes en Cu sérico en este estudio fueron mayores durante la Época Seca que durante la Época Húmeda (Región Norte: 17.5 y 30%; Región Centro: 27.5 y 37.5%; y Región Sur: 60 y 66.6%; respectivamente). McDowell (1985) reportó proporciones similares de muestras deficientes en Cu sérico en diversos trabajos realizados en Latinoamérica.

Deficiencias de Zn han sido reportadas en muchas regiones del mundo, que se reflejan principalmente con problemas reproductivos y de crecimiento de los animales. Por esta razón, en muchas situaciones se le considera un nutriente limitante, aunque en la mayoría de los casos no muestra una sintomatología clara (Boyazoglu et al., 1972.). En este estudio, las concentraciones promedio de Zn, por Época del Año, fueron superiores al NC_d (0.6 ppm). En la Época Húmeda, la concentración promedio fue de 0.91 ppm y en la Época Seca fué de 0.69 ppm. Sin embargo, al comparar los porcentajes de muestras deficientes durante las épocas Húmeda y Seca (TABLA 23), se observa lo siguiente: Norte, 10 vs. 30%; Centro, 15 vs. 27.5%; y Sur 3.33 vs. 36.66%). Resultados con tendencias similares a éstas fueron reportadas por Gartenberg et al. (1991), con 6 a 30% de muestras de suero sanguíneo de bovinos deficientes en Zn, dependiendo de la Región. En contraste con este estudio, Knebush et al. (1988), en Guatemala, observaron un mayor número de muestras con deficiencias en Zn (hasta 25%).

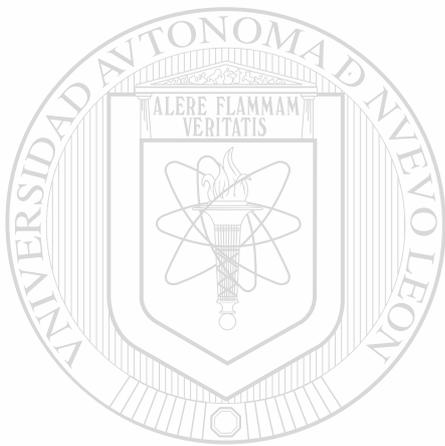
Las concentraciones de Se por Época del año fueron: 0.014 y 0.009 ppm para las épocas Húmeda y Seca, respectivamente. Una mayor incidencia de retenciones placentarias fueron reportadas en animales con valores séricos de Se menores a 0.03 ppm (McDowell, 1985).

TABLA 23

Porcentaje de muestras de suero sanguíneo deficientes para cada uno de los macrominerales y minerales traza en las regiones norte, centro y sur del estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca

Elemento	NC	Época	Región Norte			Región Centro			Región Sur		
			Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC
Ca	< 8	Húmeda	9.2	0.7	0	9.0	0.6	0	9.3	0.9	0
		Seca	9.0	0.7	0	8.9	0.5	2.5	9.1	0.6	3.3
P	< 4.5	Húmeda	6.8	1.9	20.0	7.2	1.8	5.0	6.6	1.3	6.6
		Seca	6.8	1.4	12.5	7.3	1.6	10.0	6.8	0.2	0
Mg	1-2	Húmeda	2.5	0.4	22.5	2.4	0.5	22.5	2.5	0.1	13.3
		Seca	2.3	0.5	30.0	2.2	0.6	37.5	2.3	0.3	6.7
Cu	< 0.65	Húmeda	0.8	0.2	17.5	0.8	0.2	27.5	0.7	0.1	60.0
		Seca	0.8	0.2	30.0	0.7	0.1	37.5	0.6	0.1	66.7
Zn	< 0.6	Húmeda	1.1	0.5	10.0	0.8	0.2	15.0	0.8	0.1	3.3
		Seca	0.7	0.1	30.0	0.7	0.2	27.5	0.7	0.1	36.7
Se	> 0.03	Húmeda	0.2	0.4	0	0.2	0.1	2.5	0.1	0.03	0
		Seca	0.1	0.03	0	0.1	0.1	0	0.1	0.04	0

Las correlaciones entre los minerales del suero sanguíneo se muestran en la Apéndice B. Las correlaciones más importantes encontradas fueron: K y Ca ($r = 0.48$, $P < 0.01$); pH y Mg ($r = 0.41$, $P < 0.01$); P y K ($r = -0.42$, $P < 0.01$); y la de K y Se ($r = 0.65$, $P < 0.01$).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los suplementos minerales son ofrecidos para corregir las deficiencias de elementos minerales en la dieta del ganado de cría en praderas y agostaderos. La información generada en este estudio, podrá ser utilizada para efectuar recomendaciones mas precisas sobre la suplementación de minerales para mejorar la salud, la reproducción, y otros parámetros de producción del ganado. La utilización de suplementos específicos que consideren las concentraciones de los macrominerales y minerales traza en forrajes y agua consumida por el ganado de las diferentes zonas ecológico-geográficas del país, es indispensable para maximizar la producción del ganado en pastoreo. Los perfiles de

minerales en suelo y tejidos del ganado (sangre, hígado, hueso y pelo) ayudan solamente a avalar los resultados obtenidos cuando se detectan deficiencias o intoxicaciones en los

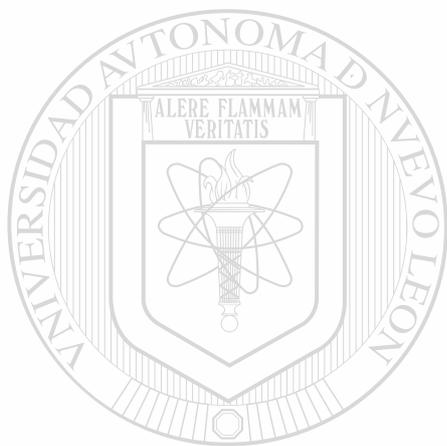
resultados de análisis de forrajes y agua que consume el ganado, los cuales son los mejores indicadores de deficiencias minerales del ganado en pastoreo. En el estado de Nuevo León, los suelos son principalmente de tipo calcáreo y con pH alcalino, especialmente en las regiones Centro y Norte. Aunque la concentración de Ca fué mayor en suelos de la Región Centro, la concentración de Na fue significativamente mayor en suelos de la Región Norte, razón por la cual posiblemente el pH de estos suelos fue mayor. En terrenos alcalinos, la disponibilidad de P y Zn para la planta se reduce conforme aumenta el pH del suelo, como se observó en este estudio. Los minerales mas deficientes en Gramíneas y Arbustivas consumidas por el ganado en agostaderos del

estado de Nuevo León fueron P, Cu y Zn. Además, una deficiencia de Cu puede ser agravada cuando la concentración de Mo en forrajes es alta, ya que el Mo forma complejos con el Cu, reduciendo su disponibilidad, especialmente si las concentraciones son mayores al nivel crítico de tolerancia de 2 ppm. Los altos niveles de Mo en los forrajes pueden ser debidos a un aumento en la disponibilidad de Mo para la planta en los suelos alcalinos del estado de Nuevo León. Sin embargo, solamente en la Región Sur del estado fué donde se observó una deficiencia de Cu en plasma sanguíneo. En la zona sur, en muchos de los ranchos muestreados el agua que tomaba el ganado era azufrosa, sin embargo, no se analizó en este estudio. El alto nivel de S en el agua puede ser la causa de una aparente deficiencia de Cu, ya que el S forma complejos con el Cu en el tracto digestivo, reduciendo su utilización.

5.2 Recomendaciones

Algunas recomendaciones que se sugieren, considerando los resultados obtenidos en este estudio, son: (1) Algunos suplementos deben aportar proteína (incluyendo fuentes de nitrógeno no-proteico como úrea), especialmente durante la Época Seca, cuando las concentraciones de proteína cruda son menores al nivel crítico de deficiencia (< 6-7%); (2) En estos suplementos se debe considerar la relación calcio:fósforo, las interacciones entre elementos minerales, y la presencia de cantidades tóxicas de algunos minerales, como Mo, Se, y S, en los forrajes y agua que consume el ganado. Por ejemplo, en regiones del estado de Nuevo León donde la concentración promedio de Mo en los forrajes es aceptable (<2-3 ppm), se recomienda la inclusión de aproximadamente 0.5% de sulfato de cobre en el suplemento mineral. Cuando la concentración de Mo es mayor de 2 a 3 ppm o la relación Cu:Mo es menor de 2:1 a 3:1 (considerados niveles superiores al nivel crítico de tolerancia), se recomienda aumentar la suplementación con sulfato de cobre de 1 a 5% del suplemento mineral (consumo promedio de aproximadamente 100

g/animal/día). dependiendo de la deficiencia de Cu y excesos de Mo y S en forraje y agua. Se recomienda que en futuras investigaciones también se determine en muestras de agua, el contenido de sólidos totales disueltos, S, y posiblemente Mo; (3) Incluir las concentraciones adecuadas de otros elementos minerales en el suplemento, especialmente P y Zn, además de minerales traza como Fe, Mn, I, Co, y Se. Estas concentraciones deben tomar en cuenta las cantidades que aportan los forrajes (Gramíneas y Arbustivas) y el agua que consume el ganado.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LITERATURA CITADA

- Ammerman, C.B. and R.D. Goodrich. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. *J. Anim. Sci.* 57(suppl.2): 519-533.
- Bahia, V.G. 1978. Techniques of Soil Sampling and Analysis. p. 27-29. In Conrad and L.R. McDowell (Ed). *Latin American Symposium on Mineral Nutrition research with grazing ruminants*. Belo Horizonte, Brazil.
- Balbuena, O., L.R. McDowell, H.O. Toledo, J.H. Conrad, N. Wilkinson y F.G. Martin. 1989. Estudios de la Nutrición Mineral de los Bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). *Vet.Arg.* 6(59): 584-594.
- Barter, F.C. 1964. Disturbances of phosphorus metabolism, pp. 315-339. In C.L. Comar and F. Bronner, eds. *Mineral Metabolism*, vol. 2, part A. Academic Press. New York.
- Bidwell, R.G. 1983. *Fisiología Vegetal*. AGT. Mexico.
- Bondi, A. 1989. *Nutrición Animal*. Acribia. España.
- Boyazoglu, P.A., E. Young and H. Ebedes. 1972. Liver mineral analysis as indicator of nutritional adequacy. Second World Congress of animal feeding. Comandata Zorita, España.
- Buckman R. and T. Brady, N.C. 1982. *The Nature and Properties of Soils*. 8th ed. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.
- Church, D.C. 1989. *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice-Hall. New York.
- Davies, G.K., P.A. Calvet and M.H. Frensh. 1987. Trace elements in mineral nutrition of cattle. *Vet. Med. Assoc.* 119:450-451.
- Espinosa J.E., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson, J.H. Conrad and F.G. Martin. 1991. Monthly variation of forage and soil minerals in central Florida. I. Macrominerals. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22:1123-1136.
- Fick, K.R., L.R. McDowell, P.H. Miles, N.S. Wilkinson and J.H. Conrad. 1979. *Methods of Mineral Analysis for Plant and Animal Tissues*. 2nd. ed. Animal Science Department, University of Florida, Gainesville, Florida.

Fiske, C. H. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66:375-386.

Fonseca, H., E. Vargas, C. Campabadal y J.M. Sánchez. 1988. *Agronomía Costarricense.* 12:155-165.

Fuentes, R. 1989. *Fundamentos en el Manejo de Suelos.* Editorial Acribia. España.

Gartenberg, P.K., D. Rodriguez, L.R. McDowell, N.S. Wilkinson and F.G. Martin. 1989. Evaluation of the mineral status of cattle in Northeast Mexico. I. **Macrominerals.** Florida Agric. Exp. Station. Scientific paper No. 9601.

Gartenberg, P.K., D. Rodriguez, L.R. McDowell, N.S. Wilkinson and F.G. Martin. 1989. Evaluation of the mineral status of cattle in Northeast Mexico. II. **Microminerals.** Florida Agric. Exp. Station. Scientific paper No. 9601.

Goodrich, J. and C.B. Ammerman. 1983. Cobalt Deficiencies and Subdeficiencies in Ruminants. Center D' Information Du Cobalt, Brussels.

Graham, T.W. 1991. Trace element deficiencies in cattle. *Vet. Clin. North Am: Food Animal.* 7: 153-209.

Grunes, D.L. 1989. Plants contents of magnesium, calcium and potassium in relation to ruminant nutrition. *J. Anim. Sci.* 67:3485-3434.

Guevara, J. A. 1982. **Resúmen de información sobre la deficiencias y toxicidades de minerales en el área de Nuevo León y recomendaciones para su uso y divulgación.** Tesis sin publicar. ITESM. Monterrey, N.L.

Hafez, E. y R. Deyer. 1980. *Nutrición Animal.* Ed. Acribia. España.

Hartmans, J. 1970. The detection of copper deficiency and other trace element deficiencies under field conditions. In: C.F. Mills (Ed) *Trace Element Metabolism in Animals.* E & S Livingstone, Edinburgh.

Holechek, J.L., R.D. Pieper and C.H. Herbel. 1989. *Range Management.* Prentice Hall. New Jersey.

Huss D. y E. Aguirre. 1981. *Fundamentos de Manejo de Pastizales.* I.T.E.S.M. Monterrey, Mexico.

Irving, J.T. 1964. Dynamics and functions of phosphorus. In C.L. Comar and F. Bronner. *Minerals Metabolism.* Vol. 2. Academic Press, New York.

Kawas, J.R. and J.E. Houston. 1990. Nutrient Requirement of hair sheep in tropical and subtropical environments. Small Ruminant in: Hair sheep production in Tropical and Subtropical environments. Chapter 4. Collaborative Research Program, University of California-Davis/US-AID.

Kiatoko, M., L.R. McDowell, J.E. Bertrand, H.L. Champan, F.M. Pate, F.G. Martin and J.H. Conrad. 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from our soil order regions of Florida. I. Macroelements, protein, carotene, vitamin A and E, Hemoglobin and Hematocrit. *J. Anim. Sci.* 55:28-37.

Kincaid, R.L. and J.D. Cronrath. 1983. Amounts and distribution of minerals in Washington forages. *J. Dairy Sci.* 66:821-824.

Klooster, A. 1976. Adaptation of calcium absorption from the small intestine of dairy cows to changes in the dietary calcium intake and at the onset of lactation. *Tierphysiol.* 37: 169-175.

Knebusch, C., J. Valdes and L.R. McDowell. 1988. Seasonal effect of mineral supplementation on microelement status and performance of grazing steers. *Nutrition Reports International.* 38:399-412.

Lebdoesoekojo, S., C.B. Ammerman, N.S. Raun, J. Gómez and R.C. Litell. 1982. Mineral nutrition of beef grazing native pastures on eastern plains of Colombia. *J. Anim. Sci.* 51: 1249-1260.

Loosli, J. K. and J. Beltran. 1976. Latin American Symposium on Mineral Nutrition research with grazing ruminants. Belo Horizonte, Brazil. p- 27-29.

Marschner H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Boston, U.S.A.

Mayland, H.F. 1975. Zinc increases range cattle weight gains. *J. Anim. Sci.* 41:337 (Abstr.).

McDowell, L.R. 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. *Animal Feeding and Nutrition: A Series of Monographs.* Academic Press, Inc. New York.

McDowell, L.R. 1989. Vitamins in Animal Nutrition, comparative aspects to human nutrition. *A Series of Monographs.* Academic Press, Inc. New York.

McDowell, L.R. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 1993. Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville, Florida.

McDowell, L.R. B. Bauer, E. Galdo, M. Koger, J.K. Loosli and J.H. Conrad. 1982. Mineral supplementation of beef cattle in the Bolivian tropics. *J. Anim. Sci.* 55:964-970.

- McDowell, L.R., J.H. Conrad and G.L. Ellis. 1984. Mineral deficiencies and imbalances and their diagnosis. Paper presented at Symposium on Herbivore Nutrition in Sub Tropics and Tropics: Problems and Prospects. Chapter 3. Pretoria, South Africa.
- Meir N. 1979. Structure and function of dessert ecosystems. *Isr. Jour. Bot.* 28: 1-19.
- Mengel K. and E. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3rd. Edition. International Potash Institute Bern, Switzerland.
- Miller, E.R. 1985. Mineral x disease Interactions. *J. Anim. Sci.* 60:1500-1507.
- Miller, W.J. 1974. New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy cattle. A review . *J. Dairy Sci.* 58:1549-1559.
- Miller, W.J., W.J. Pitts, C.M. Clifton and Schmittle, S.C. 1964. Experimentally produced zinc deficiency in the goat. *J. Dairy Sci.* 47: 556-559.
- Mills, C. F. and A.C. Dalgarno. 1967. Zinc deficiency and the zinc requirements of calves and lambs. *Br. J. Nutr.* 21: 751-755.
- Minson, D.J. 1971. The nutritive value of tropical pastures. *J. Austl. Inst. Agric. Sci.* 37:255.
- Minson, D.J. 1990. Forages and Nutrition in Ruminant. Academic Press. New York.
- Mitchel, R.L. 1957. Trace element uptake in relation to soil content. *J. Sci.Food Agr.* (Suppl. 1):55-59.
- NRC. 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th ed. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
- NRC. 1987. Predeicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
- O'Dell, B.L. 1972. Bioavailability of trace elements. *Nutr. Rev.* 42:301-308.
- Olivares E. 1993. Notas y Paquete Computacional de Diseños Experimentales con Aplicación a la Experimentación Agrícola y Pecuaria. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L.

Pastrana R., L.R. McDowell, J.H. Conrad and N.S. Wilkinson. 1991. Macromineral status in the Paramo region of Colombia. *Small Ruminant Research*. 5:9-21

Peeler, H.T. 1972. Biological availability of nutrients in feeds: Availability of nutrients in feeds. *J. Anim.Sci.* 35:695-712

Perkin-Elmer. 1980. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer. Norwalk, Connecticut.

Pérez V. 1993. Evaluación de los perfiles minerales del suelo, forraje y tejido del ganado en el norte de Coahuila, México. U.A.N.L. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis sin Publicar. Monterrey, N.L. México.

Pfander, W.H. 1971. Animal nutrition in the Tropics-problems and solutions. *J. Anim.Sci.* 33:843-849.

Pope, A.L. 1971. A review of the practice of feeding mineral research with sheep. *J. Anim. Sci.* 33:1332-1343.

Prabowo, A., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson, C.J. Wilcox and J.H. Conrad. 1991. Mineral status of grazing cattle in south Sulawesi, Indonesia: 1. Macrominerals. *A.J.A.S.* 4:111-120.

Prabowo, A., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson, C.J. Wilcox and J.H. Conrad. 1991. Mineral status of grazing cattle in south Sulawesi, Indonesia: 1. Microminerals. *A.J.A.S.* 4:121-130.

Reid, R.L. and G.A. Jung. 1991. Plant/soil interaction in nutrition of grazing animal. p 48-63. In Proc. 2nd Grazing Livestock Nutrition Conf., Aug. 2-3, 1991, Steamboat Springs, CO.

Rojas, M. y M. Rovalo. 1986. *Fisiología Vegetal*. Ed. McGrawHill. Mexico.

Rhue, R.D. and G. Kidder G., 1983. Analytical procedures used by the Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) extension soil testing laboratory and the interpretation of results. Mimeograph. Soil Science Department, University of Florida, Gainesville.

Salisbury, F.B. and R. Ross. 1985. *Plant Physiology*. Ed. Wadsworth. California.

Sarker, S., D.N. Basak and M.K. Bhowmik. 1990. Micromineral status of soil and plantas of grazing fields in Hooghly district of West Bengal. *J.V.A.S.* 21:19-23.

Spears, J.W. 1994. Mineral in Forages. Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of agronomy, Inc. Crop Science Society of America Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

StatView SE+ Graphics. 1990. Abacus Concepts, Inc. Berkeley, CA.

Tejada, R., L.R. McDowell, F.G. Martin and J.H. Conrad. 1987. Evaluation of cattle trace mineral status in specific regions of Guatemala. *Trop. Agr.* 64:55-60.

Tilley, J.M. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. British Grassland Soc.* 18:104-111.

Underwood, E.J. 1981. The Mineral Nutrition of Livestock. London:Commonwealth Agricultural Bureau.

Valdes, J.L., L.R. McDowell and M. Koger. 1988. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala. I. Macroelements and Animal Performance. *J. Prod. Agric.* 1:351-355.

Valdes, J.L., L.R. McDowell and M. Koger. 1988. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala. II. Microelements and Animal Performance. *J. Prod. Agric.* 1:356-361.

Vallentien, J.F. 1990. *Grazing Management*. Academic Press. New York.

Van Soest P. 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Ed. O&B Books Inc. Oregon, U.S.A.

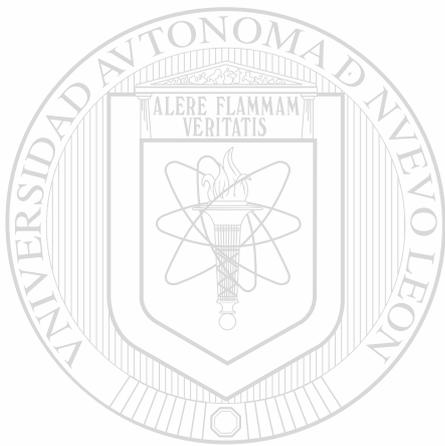
Velasco, H. A. 1992. *Zonas Áridas y Semiáridas del Semidesierto Mexicano*. LIMUSA, Mexico.

Ven, G. 1990. The potassium cycle in grasslands. *Agrobiologish.* 123: 60-63.

Viets, F.G. and Lindsay, W.L. 1973. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. In: L.M. Walsh and J.D. Beaton (Editors), *Soil testing and plant analysis*. Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin, pp. 153-172.

Volkweiss, S.J. and N.M. Rodriguez. 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, Brazil. (Ed.) Universidad de Florida. pp. 22-27.

Ward, G., L.H. Harbers and J.J. Blaha. 1979. Calcium-containing crystals in alfalfa: Their fate in cattle. *J. Dairy Sci.* 62:715-722



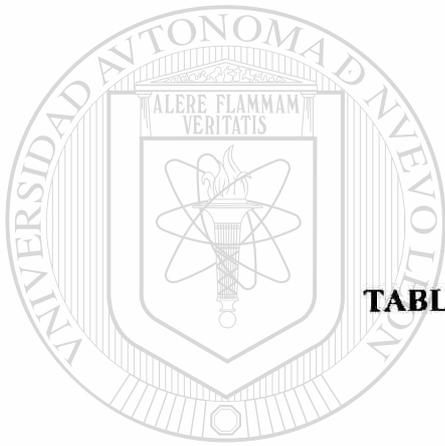
APENDICES

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



APENDICE A

TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA 24

Análisis de varianza para el pH y macrominerales de suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas húmeda y seca.

		Cuadrados Medios						
Fuente de Variación	GL	pH	Ca (x 10 ⁶)	P	Mg	Na	K	
Región(R)	2	7.0**	17010	6172**	286779**	17208**	31258**	
Época (E)	1	0.2	1075	336	4858	4980	17799**	
R x E	2	0.2**	217	21	6786	896	3670	
Error	214	0.4	475	285	5876	803	2173	

* P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 25

Análisis de varianza para minerales traza de suelos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas húmeda y seca.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrados Medios						
		Fe	Co	Cu	Zn	Mo	Se	
Región (R)	2	3234.4*	299.1**	15.3**	161.2**	2.283**	0.437**	
Época (E)	1	8598.8**	22.5*	39.6**	184.1**	4.378**	0.941**	
R x E	2	134.4	0.9	0.06	31.8**	0.151	0.067	
Error	214	796.8	6.0	1.4	7.2	0.059	0.048	

*P < 0.05; **P < 0.01.

TABLA 26

Análisis de varianza de las concentraciones de macrominerales en diferentes tipos de forrajes del estado de Nuevo León, durante las épocas húmeda y seca.

		Cuadrados Medios						
Fuentes de Variación	GL	PC	Ca	P	Mg	Na	K	
Región (R)	2	1.62	0.24	0.009	0.143*	0.004	0.32	
Epoca (E)	1	58.91**	0.02	0.001	0.098	0.213**	10.24**	
Forraje (F)	1	65.41**	20.98**	0.055	0.004	0.053	4.77**	
R X E	2	0.20	0.03	0.011	0.007	0.007	0.34	
R X F	1	1.50	0.01	0.020	0.078	0.020	0.64	
E X F	1	10.31**	0.01	0.040	0.012	0.002	0.17	
R X E X F	2	0.10	0.02	0.019	0.004	0.004	1.32*	
Error	124	0.64	0.24	0.019	0.039	0.013	0.43	

* P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 27

Análisis de varianza de las concentraciones de minerales traza en diferentes tipos de forrajes del estado de Nuevo León, durante las épocas húmeda y seca

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios			
		Cu	Zn	Mo	
Región (R)	2	9.6	479.2	4.06*	
Época (E)	1	61.1**	1192.4*	20.53**	
Forraje (F)	1	262.8**	872.2*	0.27	
R X E	2	0.5	20.2	0.27	
R X F	1	33.2*	212.1	2.00	
E X F	1	24.5	57.1	0.31	
R X E X F	2	2.6	15.5	0.07	
Error	124	7.9	227.8	0.94	

*P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 28

Análisis de varianza de las concentraciones(%) de macrominerales de cinco gramíneas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.

Fuente de Variación	GL	PC	Cuadrados Medios				
			Ca	P	Mg	Na	K
Gramíneas	4	2.79*	1.03**	0.20**	0.17**	0.01	0.47
Error	79	1.71	0.52	0.02	0.03	0.02	0.41

* P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 29

Análisis de varianza de las concentraciones(ppm) de minerales traza de cinco diferentes gramíneas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios		
		Cu	Zn	Mo
Gramíneas	1	14.3**	3324.2**	10.53**
Error	79	1.54	84.0	0.63

* P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 30

Análisis de varianza de las concentraciones(%) de macrominerales de cinco arbustivas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios						
		PC	Ca	P	Mg	Na	K	
Arbustivas	4	7.87**	4.19**	0.007*	0.31*	0.029**	1.76**	
Error	47	0.79	0.13	0.003	0.20	0.007	0.54	

*P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 31

Análisis de varianza de las concentraciones(ppm) de minerales traza de cinco arbustivas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios			
		Cu	Zn	Mo	
Arbustivas	4	166.25**	1626.5**	7.62**	
Error	47	6.11	103.2	0.64	

* P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 31

Análisis de varianza de las concentraciones(ppm) de minerales traza de cinco arbustivas muestreadas en el estado de Nuevo León, durante las épocas Húmeda y Seca.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios		
		Cu	Zn	Mo
Arbustivas	4	166.25**	1626.5**	7.62**
Error	47	6.11	103.2	0.64

*P < 0.05; **P < 0.01

TABLA 32

Análisis de varianza para macrominerales y minerales traza en suero sanguíneo de bovinos en agostaderos de tres regiones del estado de Nuevo León, durante las épocas húmeda y seca.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios							
		Macrominerales				Minerales Traza			
		Ca	P	Mg	Cu	Zn	Zn	Se	Se
Región (R)	2	1.619*	6.672	0.331	0.44**	0.586**	1.0**	1.0**	1.0**
Época (E)	1	1.244	0.277	1.398**	0.168**	2.456**	1.0**	1.0**	1.0**
R x E	2	0.006	0.097	0.003	0.011	0.565**	0.0016	0.0016	0.0016
Error	214	0.441	2.442	0.215	0.024	0.070	0.0021	0.0021	0.0021

* P < 0.05 ; **P < 0.01



APENDICE B

**COEFICIENTES DE CORRELACION DE LOS MINERALES DE SUELO,
FORRAJE Y SUERO SANGUINEO DE BOVINOS**

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA 33

Coefficientes de correlación entre el pH, los macrominerales y minerales traza de suelos del estado de Nuevo León

	pH	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Cu	Co	Zn	Mo	Se
pH	1	0.21**	0.30**	0.41**	0.33**	0.19**	0.23**	-0.02	0.28**	0.15*	0.36**	0.02
Ca		1	-0.22**	0.30**	0.14*	0.035	0.12	0.05	-0.11	-0.21**	0.31**	0.22**
P			1	0.34**	0.18**	-0.41**	0.018	-0.16**	-0.08	0.23**	0.26**	-0.18**
Mg				1	0.01	-0.21**	0.19**	-0.10	-0.02	-0.19**	0.30**	-0.17**
Na					1	0.14*	-0.03	0.15*	0.28**	0.24**	0.07	0.03
K						1	-0.01	-0.17**	0.02	-0.01	0.04	0.64**
Fe							1	-0.17**	0.25**	0.02	0.09	0.06
Cu								1	-0.05	-0.02	0	0.29**
Co									1	0.19**	-0.03	-0.03
Zn										1	-0.08	0.12
Mo											1	0.02
Se												1

* P < 0.05

** P < 0.01

TABLA 34

Coefficientes de correlación entre la PC, los macrominerales y minerales traza de forrajes de agostaderos, del estado de Nuevo León

	PC	Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Zn	Mo
PC	1	0.11	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.11	0.12	0
Ca		1	0.06	0.12	-0.10	0.14	0.06	0.34**	0.24**
P			1	0.06	0.09	0.04	-0.05	0.15	-0.10
Mg				1	-0.051	0.08	0.10	0.19*	-0.10
Na					1	0.11	-0.13	-0.21**	-0.02
K						1	0.10	-0.04	-0.24**
Cu							1	0.14	-0.05
Zn								1	0.05
Mo									1

* P < 0.05

** P < 0.01

TABLA 35

Coefficientes de correlación entre macrominerales y minerales traza de sueros sanguíneos de bovinos, en agostaderos del estado de Nuevo León

	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se
Ca	1	-0.02	-0.02	-0.05	0.09	-0.11
P		1	-0.09	-0.04	-0.05	0
Mg			1	-0.03	0	0.17**
Cu				1	0.17**	0.28**
Zn					1	0.25**
Se						1

* P < 0.05

** P < 0.01

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Gilberto T. Armienta Trejo

Candidato para el grado de

Doctor en Ciencias con Especialidad en Producción Animal

Tesis: **PERFIL MINERAL DEL SUELO, FORRAJE Y TEJIDOS DEL GANADO EN AGOSTADEROS DEL ESTADO DE NUEVO LEON**

Campo de Estudio: Nutrición Animal.

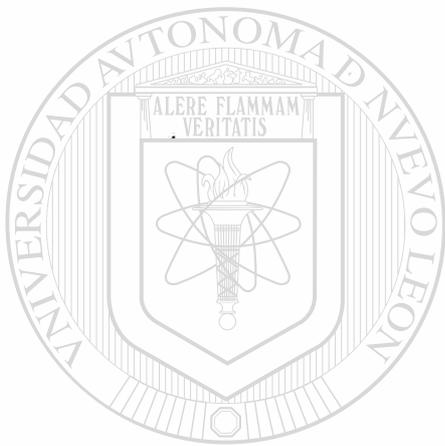
Biografía:

Datos Personales: Nacido en Monterrey, N.L. el 7 de Marzo de 1961, hijo de Gilberto Armienta Calderón y María Concepción Trejo Sánchez.

Educación: Estudios a nivel Licenciatura: Egresado del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, grado obtenido Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1983; y del Centro de Estudios Universitarios, grado obtenido Médico Veterinario Zootecnista en 1986.

Estudios de Posgrado: Maestro en Ciencias con especialidad en Productividad Agropecuaria, grado otorgado por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en 1989, y Especialista en Bovinos Productores de Carne, grado otorgado por la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en 1991.

Experiencia Profesional: Profesor Asociado e Investigador de tiempo completo de la División de Agricultura y Tecnología de Alimentos, del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey (1987 a la fecha). Director de las Carreras de Agronomía del ITESM en el Campus Monterrey (1992 a la fecha).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



