

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
Y ZOOTECNIA**



**DETERMINACION DEL PERFIL MINERAL DE  
ESPECIES FORRAJERAS DE CUATRO ZONAS  
GEOGRAFICAS DEL LITORAL DEL  
GOLFO DE MEXICO**

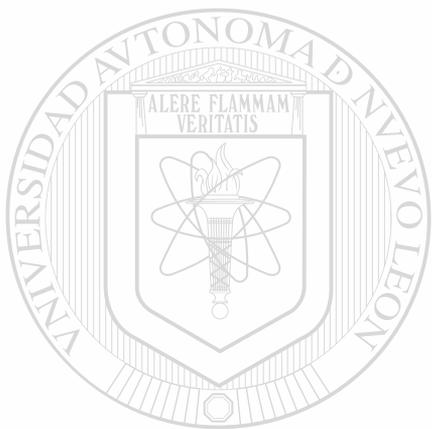
**POR**

**JOSE JESUS KAWAS GARZA**

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

**NOVIEMBRE 1996**

J. K. G.  
4



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**DETERMINACION DEL PERFIL MINERAL DE ESPECIES  
FORRAJERAS DE CUATRO ZONAS GEOGRAFICAS  
DEL LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO**

ANL

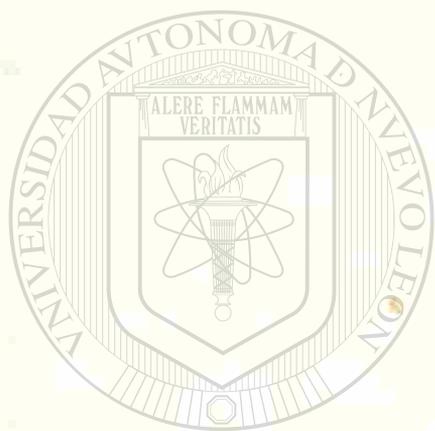
DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECAS

TD  
SB193  
3  
.M6  
K3  
1996  
e.1

19



1080125917



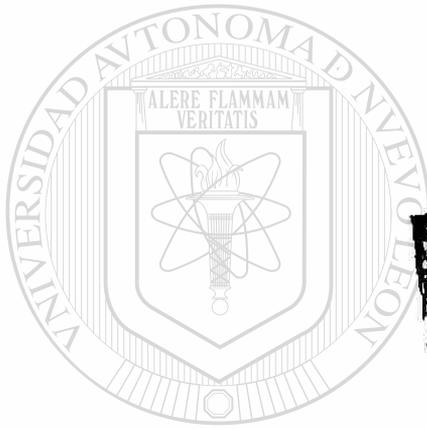
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

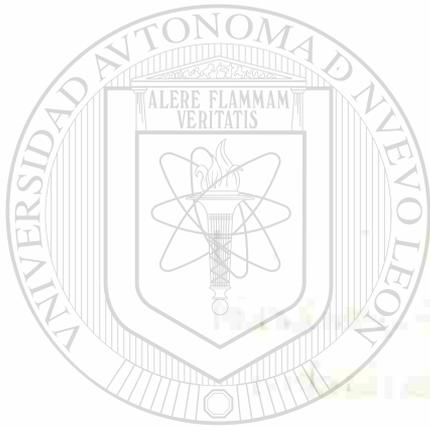
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FACULTAD DE VETERINARIA  
SECRETARÍA DE ADMINISTRACIÓN

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA MEDICINA VETERINARIA  
Y ZOOLOGÍA



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

JOSE JESUS KAYAS GARZA

JOSE JESUS KAYAS GARZA

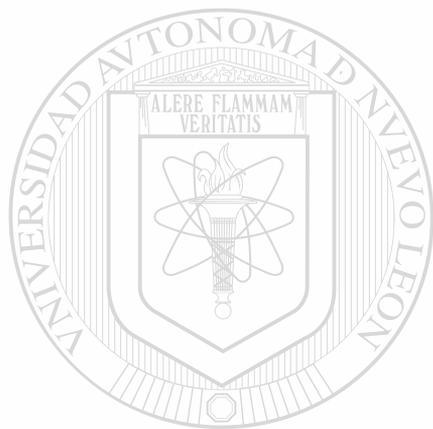
Como requisito para obtener el Grado de  
**DOCTOR EN CIENCIAS**  
con Especialidad en Zootecnia Animal

No. de expediente: 1999

NO. DE EXPEDIENTE TESIS



T0  
SB193  
.3  
.M6  
K3  
1996



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**DETERMINACION DEL PERFIL MINERAL DE ESPECIES  
FORRAJERAS DE CUATRO ZONAS GEOGRAFICAS  
DEL LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**POR**

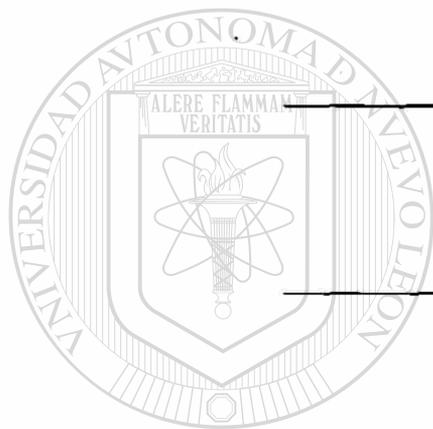
**JOSE JESUS KAWAS GARZA**

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

**Noviembre 1996**

**DETERMINACION DEL PERFIL MINERAL DE ESPECIES  
FORRAJERAS DE CUATRO ZONAS GEOGRAFICAS  
DEL LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO**

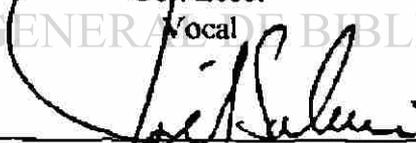
Aprobación de la Tesis:

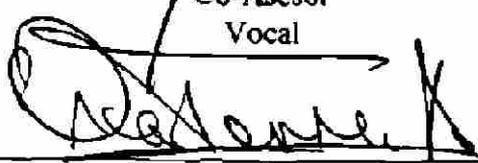


  
\_\_\_\_\_  
Dr. Roque Ramírez Lozano  
Asesor Principal

\_\_\_\_\_  
Dr. Emilio Olivares Sáenz  
Co-Asesor  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Víctor Riojas Valdez  
Co-Asesor  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Salinas Meléndez  
Co-Asesor  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Torres Alanís  
Co-Asesor  
Vocal

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor principal, el Dr Roque Ramírez y al Dr. Emilio Olivares por la orientación que ofrecieron en la elaboración de este estudio.

Al Dr. Víctor Riojas Valdez, al Dr. José Antonio Salinas Meléndez y al Dr. Oscar Torres Alanís por sus valiosas sugerencias en la revisión de esta Tesis.

Al Dr. Jorge R. Kawas, Jefe del Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, al personal que labora en el mismo, y al Dr. Oscar Torres del Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la UANL, por apoyar con equipo y asesoría.

A las siguientes instituciones y empresas por su participación económica y en los muestreos de las zonas geográficas:

Dr. Gilberto T. Armienta T. Director de las Carreras de Agronomía del Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey.

Ing. Jorge García. Planalto, S.P.R. Palizada, Campeche.

Unión Ganadera Regional del Norte de Veracruz (UGNV).

Dr. Víctor Azuara. Tuxpan, Veracruz. UGNV.

Dr. Genaro Ruiz. Naranjos, Veracruz. UGNV.

Unión Ganadera del estado de Tabasco (UGT).

Sr. Cesar Fernandez. Presidente de la UGT.

Ing. Víctor Munguía. Gerente de la planta de alimentos de la UGT.

Unión Ganadera del Estado de Campeche.

Micronutrientes y Aditivos, S. de R. L. de C. V.

A todas las Asociaciones Ganaderas del estado de Tabasco, Campeche y Norte de Veracruz.

Lic. Alberto Barnette D., Rancho Tenacitas y los Planes. Tampico, Tamps.

Lic. Juan Carlos Delgado. Ganadería Vallesco. Soto La Marina, Tamps.

Biologo Jesús Jaime Hernandez E. FMVZ UANL.

A todos los ganaderos de Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Campeche que participaron en este estudio.

Un muy especial agradecimiento a todos aquellos que aportaron de más, su tiempo y recursos, para la realización de esta Tesis.

**Dedicatoria**

**A MI DIOS**



**A MI GRAN AMOR Y APOYO, LAURA.**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**A MIS HIJAS, PARA QUE MI ESFUERZO SEA EJEMPLO EN EL FUTURO.**

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. RESUMEN .....	1
2. INTRODUCCION .....	5
2.1 Objetivos .....	7
2.2 Hipótesis .....	7
3. LITERATURA REVISADA .....	8
3.1 Funciones y signos de deficiencias de los minerales en los rumiantes. ..	8
3.1.1 Generalidades sobre la nutrición de minerales en los rumiantes. ....	8
3.1.2 Los minerales en la fermentación ruminal, la síntesis de la proteína microbiana y la actividad celulolítica. ....	14
3.1.3 La función de los minerales en metabolismo energético. ....	17
3.1.4 La función de los minerales en la formación de tejidos y el desarrollo corporal del rumiante. ....	18
3.1.5 El papel de los minerales en la síntesis de las hormonas y el proceso reproductivo del rumiante en pastoreo. ....	19
3.2 Características de los suelos que afectan la concentración de minerales en las plantas. ....	22
3.3 Concentración de minerales en los forrajes y su disponibilidad biológica. ....	24
3.3.1 Factores que afectan la concentración de minerales en las plantas. ....	24
3.3.2 Factores que afectan la disponibilidad biológica de los minerales. ....	27
3.3.3 Toxicidad de elementos minerales y procedimientos para contrarestar la toxicidad o la interacción negativa entre estos. ....	35
3.3.3.1 Calcio (Ca) .....	35
3.3.3.2 Fósforo (P) .....	35
3.3.3.3 Potasio (K) .....	35
3.3.3.4 Sodio (Na) .....	35

3.3.3.5	Magnesio (Mg) .....	36
3.3.3.6	Hierro (Fe) .....	36
3.3.3.7	Manganeso (Mn). .....	36
3.3.3.8	Zinc (Zn) .....	36
3.3.3.9	Cobre (Cu), Molibdeno (Mo) y Azufre (S) .....	37
3.3.3.10	Cobalto (Co) .....	38
3.3.3.11	Selenio (Se) .....	39
3.3.3.12	Iodo (I) .....	39
3.3.4	Requerimiento de minerales y suplementación mineral .....	39
3.4	Procedimientos de laboratorio para la cuantificación de minerales en plantas, suelo y tejido animal. ....	42
3.4.1	Métodos utilizados para determinar el perfil mineral de tejido vegetal. ....	42
3.4.2	Técnicas de muestreos de suelos y determinación del perfil mineral de suelo. ....	42
3.4.3	Métodos utilizados para determinar el perfil mineral de tejidos de origen animal. ....	43
3.4.4	Determinación de fósforo por métodos colorimétricos .....	45
3.4.5	Evaluación cuantitativa de minerales por espectrofotometría de absorción atómica de flama. ....	45
3.4.6	Evaluación cuantitativa de minerales por espectrofotometría de absorción atómica con horno grafito. ....	47
3.4.7	Evaluación cuantitativa de minerales por emisión plasma .....	47
3.4.8	Espectrometría de masas por plasma de inducción acoplada (ICP-MS) .....	49

---

**4. MATERIALES Y METODOLOGIA ..... 50**

4.1	Estrategia general de muestreo de las diferentes zonas geograficas y/o sitios. ....	50
4.2	Metodología de muestreo de forraje .....	53
4.3	Metodología de recuperación o dilución de minerales de los forrajes ..	56
4.3.1	Preparación de las muestras antes de proceder a recuperar los minerales. ....	56
4.3.2	La secuencia del método para diluir o recuperar los minerales de las muestras de forrajes descrito por Fick et. al. (1979) .....	57
4.3.3	La secuencia del método para diluir o recuperar los minerales de las muestras de forrajes por el método descrito por AOAC (1990) .....	58
4.4	Equipo utilizado para determinar el perfil mineral de los forrajes.....	59
4.5	Determinación de pH de suelos de las cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México. ....	60
4.6	Organización de la información obtenida en el laboratorio. ....	60
4.7	Diseño experimental y análisis estadístico utilizados para evaluar	

la información obtenida en el laboratorio. ....	61
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	<b>63</b>
5.1 pH de suelos de cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995. ....	63
5.2 Perfil mineral de forrajes del estado de Tabasco durante el período de lluvias de 1995. ....	65
5.3 Perfil mineral de forrajes del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995 .....	76
5.4 Perfil mineral de forrajes del norte del estado de Veracruz durante el período de lluvias de 1995. ....	86
5.5 Perfil mineral de forrajes del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993. ....	95
5.6 Perfil mineral de forrajes de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995. ....	103
5.7 Estudio comparativo del perfil mineral de forrajes del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993 y el período de sequía de 1994. ....	113
5.8 Evaluación del perfil mineral de diferentes especies forrajeras nativas e introducidas de cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995. ....	123
5.9 Coeficientes de correlación. ....	142
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>146</b>
<b>7. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>151</b>
<hr/>	
<b>APENDICES</b>	
Apéndice A. Cuadros de Análisis de Varianza .....	164
Apéndice B. Cuadros de coeficientes de correlación de perfiles minerales de especies forrajeras. ....	177
<b>RESUMEN AUTOBIOGRAFICO</b> .....	<b>183</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Nivel crítico de deficiencia y el requerimiento de minerales de ruminantes en pastoreo. ....	41
2. Estados o regiones, número de muestras por estado o región y número de municipios. ....	51
3. Municipios de los estados o zonas geográficas involucradas en el estudio ....	51
4. Especies forrajeras introducidas y nativas más comunes de Tabasco, Campeche, norte de Veracruz y zona litoral de Tamaulipas. ....	52
5. Procedencia geográfica de las muestras de las especies forrajeras más abundantes del litoral del Golfo de México. ....	53
6. Registro para las muestras de las cuatro regiones o zonas geográficas del periodo de lluvias de 1993 y 1995. ....	60
7. Registro para las muestras del litoral del estado de Tamaulipas del periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994. ....	61
8. pH de suelos de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias. ....	65
9. Perfil de macrominerales de especies forrajeras de varios municipios del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995 ....	67
10. Perfil de minerales traza de especies forrajeras de varios municipios del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995. ....	70
11. Muestras deficientes (%) en macrominerales de varios municipios del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995. ....	72
12. Muestras deficientes (%) en minerales traza de varios municipios del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995. ....	75
13. Perfil de macrominerales de especies forrajeras de varios municipios del estado de Campeche durante el periodo de lluvias de 1995. ....	78

14. Perfil de minerales traza de especies forrajeras de varios municipios del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995. ....	80
15. Muestras deficientes (%) en macrominerales de varios municipios del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995. ....	83
16. Muestras deficientes (%) en minerales traza de varios municipios del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995. ....	85
17. Perfil de macrominerales de especies forrajeras de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el período de lluvias de 1995. ....	88
18. Perfil de minerales traza de especies forrajeras de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el período de lluvias de 1995. ....	90
19. Muestras deficientes (%) en macrominerales de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el período de lluvias de 1995. ....	92
20. Muestras deficientes (%) en minerales traza de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el período de lluvias de 1995. ....	94
21. Perfil de macrominerales de especies forrajeras de dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias 1993. ....	97
22. Perfil de minerales traza de especies forrajeras de dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993. ....	98
23. Muestras deficientes (%) en macrominerales de dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993. ....	100
24. Muestras deficientes (%) en minerales traza de dos municipios del litoral del Golfo de México, durante el período de lluvias. ....	102
25. Perfil de macrominerales de especies forrajeras de cuatro zonas del litoral del Golfo de México, durante el período de lluvias. ....	104
26. Perfil de minerales traza de especies forrajeras de cuatro zonas del litoral del Golfo de México, durante el período de lluvias. ....	107
27. Por ciento de muestras deficientes en macrominerales de forrajes de cuatro zonas del litoral del Golfo de México, durante el período de lluvias .....	109
28. Por ciento de muestras deficientes en minerales traza de forrajes de	

cuatro zonas del litoral del Golfo de México, durante el periodo de lluvias. ....	112
29. Perfil mineral de zacates de la zona litoral centro y sur de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994. ....	118
30. Muestras deficientes (%) en macrominerales de especies forrajeras del litoral centro y sur del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994. ....	120
31. Muestras deficientes (%) en minerales traza de especies forrajeras del litoral centro y sur del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994. ....	122
32. Perfil de macrominerales (%) de diferentes especies forrajeras procedentes del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995. ....	125
33. Perfil de minerales traza (ppm) de diferentes especies forrajeras procedentes del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995. ....	127
34. Error estandar de los promedios de perfiles minerales de diferentes especie forrajeras procedentes del litoral del Golfo de México. ....	128
35. Muestras obtenidas de cinco especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995. ....	130
36. Perfil de macrominerales y minerales traza del zacate Insurgente en cuatro estados del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias. ....	132
37. Perfil de macrominerales y minerales traza del zacate Señal en cuatro estados del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias. ....	133
38. Perfil de macrominerales y minerales traza del zacate Estrella en cuatro estados del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias. ....	135
39. Perfil de macrominerales y minerales traza del zacate Guinea en cuatro estados del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias. ....	137
40. Perfil de Macrominerales y Minerales Traza del zacate Pangola en	

cuatro estados de litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias. ....	140
41. Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995 .....	165
42. Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del estado de Campeche durante el periodo de lluvias de 1995. ....	166
43. Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995. ....	167
44. Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993. ....	168
45. Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994 .....	169
46. Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995. ....	170
47. Análisis de varianza de perfiles minerales de diferentes especies forrajeras introducidas y nativas de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995. ....	171
48. Análisis de varianza para minerales del zacate Insurgente ( <i>Braquiaria brizantha</i> ) de dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995. ....	172
49. Análisis de varianza para minerales del zacate Señal o Chontalpo ( <i>Braquiaria decumbens</i> ) de dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995. ....	173
50. Análisis de varianza para minerales del zacate Guinea o Zacatón ( <i>Panicum maximum</i> ) de dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995. ....	174
51. Análisis de varianza para minerales del zacate Pangola ( <i>Digitaria decumbens</i> ) de dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995. ....	175

52. Análisis de varianza para minerales del zacate Estrella ( <i>Cynodon plectostachyus</i> ) de dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995. ....	176
53. Coeficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995. ....	178
54. Coeficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995. ....	179
55. Coeficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras del estado de Campeche durante el periodo de lluvias de 1995.....	180
56. Coeficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza del norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995 .....	181
57. Coeficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1995.....	182

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

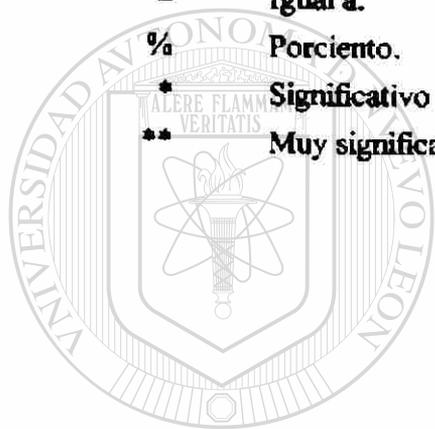
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## NOMENCLATURA

%	Porcentaje.
°C	Grados centígrados
Ca	Calcio
Co	Cobalto
Cu	Cobre
EE	Error Estandar
Fe	Hierro
ha	Hectárea
kg	Kilogramo
K	Potasio
Mg	Magnesio
Mo	Molibdeno
MO	Materia Orgánica
Mn	Manganeso
MS	Materia Seca
n	Número de observaciones
Na	Sodio
NC	Nivel Crítico
Ncd	Nivel Crítico de deficiencia
Nct	Nivel Crítico de toxicidad
Nte	Norte
P	Fósforo
P<	Probabilidad menor a.
PC	Proteína Cruda
pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
Se	Selenio
Zn	Zinc

## LISTA DE SIMBOLOS

<	Menor que.
>	Mayor que.
=	Igual a.
%	Por ciento.
*	Significativo
**	Muy significativo



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPITULO 1

### RESUMEN

El trópico Mexicano es extenso y enormemente rico en un recurso forrajero mal utilizado. Los forrajes son una importante fuente de muchos nutrientes para los rumiantes en pastoreo, pero son deficientes en otros. En muchas circunstancias, los forrajes son deficientes en minerales esenciales, lo que limita la productividad y daña la salud de los animales. Los problemas de deficiencia o excesos de minerales se encuentran íntimamente asociados con zonas geográficas y generalmente, por falta de información, no es posible diseñar suplementos minerales que cubran las deficiencias. Pocos estudios se han realizado en México, en especial, en las regiones tropicales, para detectar deficiencias o excesos de minerales en los forrajes. Este estudio se realizó con el propósito de determinar el perfil mineral de las especies forrajeras más comunes en las praderas de cuatro regiones ganaderas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias y comparar el perfil mineral de especies forrajeras de una de las regiones geográficas en dos períodos del año (lluvias y sequía). Las regiones muestreadas en el período de lluvias son: el litoral del estado de Tamaulipas constituido por los municipios de Aldama y Soto La Marina, la zona norte del estado de Veracruz constituido por once municipios, el estado de Tabasco donde muestrearon once municipios, y el estado de Campeche, en el cual se tomaron muestras de cinco municipios. Docientas diez y siete muestras fueron colectadas durante el período de lluvias de 1993 y 1995, noventa y cinco de 54 ranchos del estado de Tabasco, cuarenta y siete de 27 ranchos del estado de Campeche, cuarenta y dos de 33 ranchos de la región norte del estado de Veracruz, y treinta y tres, de 4 ranchos del litoral del estado de Tamaulipas. La comparación del perfil mineral en dos períodos del año se realizó en el litoral de Tamaulipas y 34 muestras se colectaron en el período de sequía. Además de las muestras de forraje, se obtuvieron noventa y tres muestras de suelo a las que se les determinó el pH. De estas, 14 fueron del litoral de Tamaulipas, 31 del norte de Veracruz y 24 del estado de Tabasco y 24

del estado de Campeche. Los pH de los suelos de estas regiones se pueden considerar, generalmente, de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos. Los resultados de los pH de suelos fueron los siguientes: en el litoral de Tamaulipas la media fué de 6.9 con un rango de 6.7 a 7.0, el norte del estado de Veracruz tuvo una media de 7.6 con un rango de 7.0 a 8.0, en el estado de Tabasco se obtuvo una media de 7.4 con un rango de 7.4 a 8.8, y en el estado de Campeche, la media fué de 6.2 con un rango de 5.2 a 8.4.

El perfil mineral promedio de las especies forrajeras del estado de Tabasco durante el período de lluvias fué el siguiente: Ca (0.32%), P (0.20%), Mg (0.1%), K(0.59%) y Na (0.12%). Considerando  $N_{c_d}$  de 0.25% para P, 0.2% para Mg y 0.7% para K, el 73.2, 93.7 y 76.3% de las muestras fueron deficientes, respectivamente. Los minerales traza deficientes fueron: el Cu (5.6 ppm), Mn (19.9 ppm) y Fe (15.4 ppm). Estos niveles comparados con los  $N_{c_d}$  de Cu (10 ppm), Mn (40 ppm) y Fe (50 ppm) se pueden considerar como muy limitantes. El porcentaje de muestras deficientes fué de 89.5 % para Cu, 89.5 % para Mn y 96.8 % para Fe. La concentración promedio de Zn del estado de Tabasco fué de 38.9 ppm y comparado con el  $N_{c_d}$  (30 ppm), no se consideró deficiente el promedio, sin embargo, el 54.7% de las muestras fué deficiente.

El perfil mineral promedio de las especies forrajeras del estado de Campeche durante el período de lluvias fué el siguiente: Ca (0.33%), P (0.17%), Mg (0.1%), K(0.92%) y Na (0.11%). Comparando con el  $N_{c_d}$  de 0.25% para P y 0.2% para Mg, el 80.9% y 91.5% de las muestras fueron deficientes, respectivamente. Los minerales traza deficientes fueron: el Cu (4.8 ppm) y Mn (20.1 ppm). Estos niveles comparados con los  $N_{c_d}$  de Cu (10 ppm) y Mn (40 ppm) se pueden considerar como muy limitantes. El porcentaje de muestras deficientes fué de 100.0 % para Cu y 87.2% para Mn. La concentración promedio de Zn del estado de Campeche fué de 32.3 ppm y comparado con el  $N_{c_d}$  (30 ppm), no se considera deficiente, sin embargo, el 68.1% de las muestras fué deficiente. La concentración promedio de Fe (35.9 ppm) en el estado de Campeche fué inferior al  $N_{c_d}$  (50 ppm) y el 85.1% de las muestras fueron deficientes.

El perfil mineral promedio de las especies forrajeras del Norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias fué el siguiente: Ca (0.39%), P (0.16%), Mg (0.09%), K(0.57%) y Na (0.18%). Considerando  $Nc_d$  de 0.25% para P, 0.2% para Mg y 0.7% para K, el 78.6, 95.2 y 73.8% de las muestras fueron deficientes, respectivamente. Los promedios generales de la región norte de Veracruz no fueron deficientes en Ca y Na, sin embargo, el 35.7 y 33.3 % de las muestras del estado fueron deficientes. Los minerales traza deficientes fueron: el Cu (4.8 ppm), Zn (17.5 ppm), Mn (12.4 ppm) y Fe (29.1 ppm). Estos niveles comparados con los  $Nc_d$  de Cu (10 ppm), Zn (30 ppm), Mn (40 ppm) y Fe (50 ppm) se pueden considerar como extremadamente deficientes. El porcentaje de muestras deficientes fué de 95.2% para Cu, 90.5% para Zn, 92.9 % para Mn y 81.0 % para Fe. Estos resultados hacen de la región norte de Veracruz, la zona más deficiente en minerales en los forrajes del litoral del Golfo de México.

El perfil de macrominerales promedio de las especies forrajeras del litoral de Tamaulipas durante dos periodos del año fué: 1) Periodo de lluvias: Ca (0.44%), P (0.22%), Mg (0.14%), K(1.8%) y Na (0.06%) y 2) Periodo de sequía: Ca (0.41%), P (0.14%), Mg (0.11%), K(0.91%) y Na (0.13%). Los resultados más relevantes la alta concentración de K durante el periodo de lluvias que podría reducir la disponibilidad de Mg presente en los forrajes y la concentración de P disminuye considerablemente durante el periodo de sequía. El perfil de minerales traza fué el siguiente: 1) Periodo de lluvias: Cu (9.4 ppm), Zn (30.7 ppm), Mn (51.5 ppm), Fe (74.8 ppm) y Co (0.08 ppm) y 2) Periodo de sequía: Cu (1.4 ppm), Zn (16.4 ppm), Mn (31.7 ppm), Fe (64.4 ppm) y Co (0.04 ppm). No se detecto Se en las muestras de forraje en ninguna de las dos épocas del año y el nivel de Mo fué superior al  $Nc_t$  (2 ppm) en la época de lluvias promoviendo una deficiencia secundaria de Cu, aunado a la ya existente deficiencia primaria, debida al nivel de concentración de Cu menor al  $Nc_d$  (10 ppm). En el periodo de sequía, el nivel de Mo fué menor al  $Nc_t$  y el de Cu fué menor al  $Nc_d$  promoviendo una deficiencia primaria de Cu, exclusivamente.

El perfil mineral promedio de las diferentes especies forrajeras en las cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias fué el siguiente: Ca (0.35%), P (0.19%), Mg (0.1%), K(0.85%) y Na (0.12%). La concentración de los minerales traza fué: Cu (5.9 ppm), Zn (32.1 ppm), Mn (23.2 ppm) y Fe (31.9 ppm). Estos resultados hacen al P, Mg, Cu y Mn los minerales más deficientes de las especies forrajeras muestreadas en los cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995. Aunado a estos resultados, se determinó una concentraciones promedio alta de P (0.26 %) en el zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) a partir de las cuatro regiones geográficas del litoral del Golfo de México y el zacate pangola (*Digitaria decumbens*) tuvo concentraciones altas de Na, promediando 0.28 % en las cuatro regiones involucradas en el estudio y considerándose una planta almacenadora de este mineral. El promedio de la concentración de Cu de ninguna especie forrajera fué superior al  $Nc_d$  (10 ppm) lo que hace a este, el mineral más deficiente en las especies forrajeras durante el período de lluvias de 1993 y 1995. El Ca fué el mineral más abundante en el zacate Guinea (*Panicum maximum*) en todo el litoral del Golfo de México y las Braquiarias fueron consistentemente bajas en P en las cuatro regiones. El zacate Insurgente (*Braquiaria brizantha*) tuvo una concentración en las cuatro regiones de 0.15 % de P, el zacate señal (*Braquiaria decumbens*) de 0.13 % y el zacate Humidicola (*Braquiaria humidicola*) de 0.13 %.

Se determinaron coeficiente de correlación entre concentraciones de nueve minerales muestreados en el período de lluvias de 1993 y 1995 e indicaron que las correlaciones más altas se obtuvieron entre K-Mg y Zn-Cu. Otras altas correlaciones resultaron analizando K-Cu y K-Fe.

## CAPITULO 2

### INTRODUCCIÓN

Por su orografía, el trópico mexicano se puede considerar inminentemente forrajero, actividad más segura que la producción de granos de cereal, que al estar sujeta a cambios climáticos constantes, especialmente con relación a la precipitación pluvial, es más susceptible al fracaso desde el punto de vista económico. Además, financieramente en la actualidad, resulta poco atractivo considerando el riesgo en la inversión y las altas tasas de intereses. La abundancia de forrajes que se obtienen con éxito y poco riesgo, de especies forrajeras nativas y de zacates tropicales introducidos, hacen del trópico mexicano una zona productora de rumiantes.

Las áreas de mayor capacidad de carga animal se encuentran en las zona tropicales; alrededor de 35'250,661 hectáreas pueden sostener 15'953,539 unidades animal. Estas áreas tienen coeficientes de agostaderos entre 0.8 y 5.0 ha/U.A. Las áreas de mayor capacidad de carga, a pesar de ser 19.25% del total nacional, puede sostener el 61.12% de la población animal (Jaramillo, 1991).

Buller et al. (1960) publicaron un artículo relacionado con las regiones de pastizales y con aquéllas de mayor concentración de ganado en México. Mencionan que aproximadamente una tercera parte del país (165 millones de acres) es de forrajes nativos y pastizales que soportaban cerca de 22 millones de rumiantes. Sólo un 10 % del territorio nacional es arable y de ésta, el 80% se encuentra en regiones semi-áridas del país. La falta o incertidumbre de precipitación pluvial, limita la producción de granos de cereal y se requiere sustentar la economía rural en la producción de forrajes. El cultivo de forrajes ocupa un importante lugar en la agricultura de las regiones más húmedas y distritos de riego.

Los forrajes son una importante fuente de minerales para los ruminantes. En muchas circunstancias éstos son deficientes en minerales esenciales y una suplementación es requerida para un óptimo desempeño productivo y salud animal (Spears, 1994).

Deficiencias y excesos de minerales se han encontrado y reportado en casi todos los países de América Latina y el Caribe. Los problemas de minerales se encuentran íntimamente asociados con zonas geográficas y generalmente, debido a la falta de información, no se sabe la extensión de las áreas afectadas (Fick et al., 1978). En regiones tropicales y subtropicales, la mayoría de los rumiantes dependen principalmente del forraje para satisfacer sus requerimientos de minerales. Esto es debido a que generalmente, el ganado no recibe suplementación mineral, excepto por sal común (McDowell et al., 1993). Un consumo bajo o desbalance de los elementos minerales en el forraje pueden afectar adversamente la fertilidad, ganancia de peso, producción de leche y en general la salud de los animales. En pocas ocasiones, los forrajes de América Latina pueden proveer los requerimientos de minerales del ganado en pastoreo. Por lo tanto, es importante determinar la composición química de los forrajes y suplementar minerales para proveer a los animales de los niveles requeridos (Fick et al., 1978).

Varias investigaciones hechas en regiones tropicales han señalado que la suplementación mineral puede resultar en aumentos de 20 a 100% en las tasas de parición, y de 10 a 25% en las tasas de crecimiento, además de una reducción significativa de la mortalidad (McDowell y Conrad, 1991).

Debido a que los forrajes tropicales contienen menos minerales durante la época seca, es lógico suponer que el ganado sufriría más deficiencias minerales durante esta temporada. Sin embargo, hay muchos reportes de lo contrario, incluso se han hecho notar algunas deficiencias de minerales específicas que son más prevalentes durante la época lluviosa. Esto, debido a que el ganado en pastoreo en época de lluvias aumenta de peso más rápidamente por la abundancia de proteína y energía, lo que aumenta los requerimientos de minerales (McDowell y Conrad, 1991). Las áreas donde existen

deficiencias o excesos de minerales están asociados geográficamente con los niveles correspondientes de minerales en el suelo. Por lo tanto, la absorción de estos elementos por las plantas están altamente correlacionada con su contenido y disponibilidad en el suelo (McDowell et al., 1993).

**Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivos los siguientes:**

1) Determinar el pH de los suelos de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México, 2) determinar posibles deficiencias o excesos de minerales en ganado bovino que consume diversas especies forrajeras nativas o establecidas de cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias, 3) contribuir a la formulación correcta de suplementos minerales que puedan ofrecerse, a voluntad, al ganado en condiciones de pastoreo en praderas del litoral del Golfo de México, previniéndose deficiencias o toxicidades durante el período de lluvias y 4) determinar la influencia del período del año sobre la concentración de minerales en los forrajes para establecer los requerimientos de rumiantes en pastoreo durante el período de sequía y de lluvias en el litoral de Tamaulipas.

**Las hipótesis que fundamentan el estudio en estas regiones tropicales son:**

1) La mayoría de los suelos de estas regiones no son ácidos, 2) el Fósforo (P) y el Cobre (Cu) son los minerales más deficientes en los forrajes durante cualquier período del año, 3) la suplementación de Sodio (Na) no es tan importante como sugieren las prácticas comunes y otros minerales como el Potasio (K) y el Hierro (Fe), se encuentran frecuentemente limitantes en los forrajes tropicales considerando los requerimientos de rumiantes en pastoreo, 4) cada zona geográfica, requiere una suplementación distinta, 5) la concentración de todos los minerales en los forrajes, es mayor durante el período de lluvias, que durante el período de sequía y 6) debe diferenciarse la formulación de suplementos durante los períodos de lluvias y sequía.

## CAPITULO 3

### LITERATURA REVISADA

#### **3.1. Funciones y signos de deficiencia de los minerales en los rumiantes.**

##### **3.1.1. Generalidades sobre la nutrición de minerales de rumiantes en pastoreo.**

El término "Elemento mineral esencial" se limita a un elemento que ha probado tener un papel metabólico en el cuerpo. Antes de que un elemento pueda ser clasificado como esencial, es necesario considerar el probar qué dietas, que carecen del elemento, promueven signos de deficiencia en animales, y que estos signos pueden ser erradicados o prevenidos al adicionar el elemento a una dieta experimental. Ha sido sugerido que aproximadamente 40 ó más elementos trazas tienen funciones metabólicas en los tejidos de los mamíferos. Afortunadamente, muchos de estos elementos trazas son requeridos en muy pequeñas cantidades y están tan ampliamente distribuidos que es raro que se presenten deficiencias bajo condiciones normales (McDonald et al., 1988).

Las deficiencias de minerales pueden involucrar a varios minerales así como a otros factores predisponentes. Esta deficiencia puede afectar el desempeño del rumiante. El efecto de la ausencia de un solo elemento mineral puede provocar una falla reproductiva, alterar cualquier otro proceso productivo (Hidiroglou, 1979) y reducir significativamente la capacidad del animal a enfrentarse a enfermedades (Spears, 1994)).

Cuando menos 15 elementos minerales son nutricionalmente esenciales para el ganado (NRC,1980). 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: Iodo (I), Hierro (Fe), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Selenio (Se).

El P es el mineral más comúnmente deficiente en los forrajes consumidos por el ganado en pastoreo (McDowell et al., 1983). Esto es especialmente cierto en regiones tropicales y subtropicales. En condiciones de pastoreo, ya sea en agostaderos o praderas sin fertilización, los niveles de P de las gramíneas se encuentra muy por debajo de los requerimientos del animal. Los forrajes maduros por lo general contienen menos del 0.15% P, mientras que los requerimientos de los rumiantes es por lo general superior a 0.20% (NRC, 1984). Los signos de deficiencia de P no son reconocidos fácilmente, excepto en casos severos por la presencia de huesos frágiles, debilidad general, pérdida de peso, emaciación, rigidez, disminución en la producción de leche y masticación de madera, piedras, huesos y otros objetos (McDowell et al., 1993). Sin embargo, la masticación anormal de objetos 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 deficiencia de P produce un becerro, ésta puede permanecer sin presentar estro hasta que los niveles de P del cuerpo se recuperen nuevamente (McDowell et al., 1983). Una manifestación clásica en la deficiencia de P involucra la alteración del estro, una disminución en la concepción, estro irregular, anestro, disminución en la actividad ovárica, aumento en la incidencia de folículos císticos y una depresión en la fertilidad (Hurley and Doane, 1989). Un crecimiento anormal en animales jóvenes y bajos incrementos de peso en animales maduros son característicos en una deficiencia de P (McDonald et al., 1988). Un estado hipofosfatémico afecta a la mayoría de las células ya que el P es un componente integral de ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfolípidos y algunas proteínas. Además, es requerido para la transferencia y utilización de energía, el metabolismo de fosfolípidos normal y es una parte integral de un gran número de coenzimas. Una manifestación clásica en la deficiencia de P involucra la alteración del estro, una disminución en la concepción, estro irregular, anestro, disminución en la actividad ovárica, aumento en la incidencia de folículos císticos y una depresión en la fertilidad (Hurley and Doane, 1989).

Desde el punto de vista metabólico, el P es el más versátil de los nutrientes minerales; además, de sus importantes contribuciones en la formación del tejido esquelético, el P ocupa un papel muy importante en varios aspectos de la absorción y metabolismo energético. Los carbohidratos como la glucosa son absorbidos a través de tejido de la mucosa intestinal en la forma de compuestos fosforados. Se cree que los fosfolípidos son la forma más importante en que los ácidos grasos son transportados en el cuerpo. Compuestos fosforados como la glucosa-6-fosfato y las triosas de fosfato son los intermediarios vitales en el proceso de la glicólisis en el metabolismo de la energía. El traspaso de la energía ocurre por medio de enlaces de fosfatos altos en energía que se encuentran en compuestos tales como el trifosfato de adenosina y el fosfato de creatinina. El fosfato también se encuentra en los ácidos nucleicos existentes en las células (Ammerman C. B. and R. D. Goodrich, 1983).

El Ca es el mineral más abundante del cuerpo, siendo necesario para la formación de los huesos, el desarrollo de los dientes, la transmisión de los impulsos nerviosos, el mantenimiento de la excitabilidad normal de los músculos (junto con el Na y el K), la regulación de la sangre y en la activación y estabilización de enzimas como en la amilasa pancreática (NRC, 1984). Un bajo nivel de Ca en la sangre puede retrasar la involución uterina y aumentar la incidencia de distocias, retención de placenta y prolapso del útero (Risco et al., 1984). Además, mecanismos dependientes de Ca están involucrados en la biosíntesis de esteroides en los testículos, glándulas adrenales y ovarios (Janzen et al., 1976).

De acuerdo a McDowell et al.(1983) las concentraciones de Mg en los forrajes son generalmente suficientes para satisfacer los requerimientos (0.05 a 0.25%) el ganado en condiciones de pastoreo (McDowell et al., 1983). Deficiencias de Mg pueden estar relacionados a infertilidad, anemia y una depresión de la respuesta inmune (Ingraham et al., 1987).

En regiones tropicales y subtropicales, una deficiencia de K es más prevalente durante los periodos de sequía, debido a una reducción en la concentración de este mineral conforme avanza la madurez de los forrajes. Este es el tercer elemento mineral de mayor abundancia en el cuerpo animal y el principal catión de los fluidos intracelulares. La información actual indica que los pastos maduros de invierno que han sido expuestos a la interperie, o el heno que ha sido expuesto a la lluvia y al sol, o que estaba demasiado maduro al momento de la cosecha, puede tener niveles de K menores a los adecuados para una buena nutrición (McDowell et al., 1993).

Los forrajes generalmente contienen cantidades inadecuadas de Na y Cl para satisfacer los requerimientos de los ruminantes (McDowell et al., 1983). La sal (cloruro de Na) es el suplemento mineral más comúnmente proporcionado a los animales en pastoreo. Los signos más pronunciados de deficiencia de sal es el lamer madera, tierra, el sudor de otros animales, incoordinación, temblor corporal, debilidad y pérdida del ritmo cardiaco.

El requerimiento de Mo del ganado en pastoreo se estima en menos de 0.1 ppm, no habiéndose reportado o identificado deficiencias en los ruminantes en pastoreo (McDowell et al., 1983). La deficiencia de Cu se considera la segunda limitante más severa, en cuanto a minerales, para los ruminantes en pastoreo de las regiones tropicales y subtropicales (McDowell et al., 1993). Los requerimientos de Cu son poderosamente influenciados por las interacciones con otros minerales, especialmente, Mo y S mediante la formación de complejos insolubles (NRC, 1980; Ward, 1978). Los síntomas de toxicidad de Mo en ganado pueden ser corregidas al adicionar Cu a la ración ya que hay resultados que indican que el Mo puede unirse en forma biológicamente indisponible a través de un proceso en el rumen (Müller et al., 1972). El Cu tiene gran importancia en el metabolismo del Fe durante la hematopoesis y es parte integral de enzimas como la tirosinasa, uricasa, ácido ascórbico oxidasa, lisil oxidasa y citocromo oxidasa (Sanders, 1983). La toxicidad y metabolismo del Mo es dependiente, no sólo de los niveles de Mo en la dieta, sino además, de los niveles de otros componentes. A mayor nivel de Mo,

mayor la cantidad de Cu requerido en la dieta para prevenir los síntomas de molibdenosis. Un prolongado consumo de elevados de Mo promueven una hipercupremia (Underwood, 1977). Las manifestaciones de deficiencias de Co varían con la edad, sexo, especies de animal y con la severidad y duración de la deficiencia. Algunas de estas manifestaciones son: anemia, malformaciones óseas, ataxia neonatal, despigmentación del pelo y lana, mala queratinización, infertilidad, baja concepción, abortos, desórdenes cardíacos, diarrea e inmunosupresión (Sanders, 1983).

El requerimiento de Co por el rumiante es único entre especies animales debido a que este elemento es usado y requerido por los microorganismos 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). Los animales que consumen forrajes deficientes en Co gradualmente pierden el apetito y tienen un crecimiento lento o pérdida de peso. Esto es seguido por una pérdida extrema del apetito, una rápida degradación muscular, apetito depravado, anemia severa y muerte. Los signos varían de acuerdo a la magnitud de la deficiencia (McDowell et al., 1993).

Mientras el I no tienen ninguna función conocida en las plantas, la habilidad de varios forrajes de obtener I varía considerablemente y está aparentemente relacionado a la genética de la planta. La suplementación de I es requerida en regiones donde los animales presentan bocio debido a una deficiencia en este elemento y es más común en praderas de una sola especie forrajera (McDowell et al., 1983).

La deficiencia de Zn ha sido reportada en la mayoría de los países latinoamericanos (McDowell et al., 1983). Está bien establecido que el Zn juega un papel muy importante en numerosas reacciones y procesos bioquímicos. Estos incluyen síntesis de proteínas, síntesis de ácido nucleicos, crecimiento de tejidos y metabolismo energético. Además, se ha determinado que ejerce un papel importante en los procesos inmunogénicos, coagulación de la sangre, recuperación de las heridas, control hormonal y un proceso normal en la fertilidad, concepción y preñez (Ammerman and Goodrich, 1983).

Lee y Marston (1969) determinaron el requerimiento de Co en ovinos en crecimiento que pastoreaban praderas deficientes. El nivel recomendado para asegurar un crecimiento óptimo y concentración de hemoglobina fue de 0.08 mg por/ animal/ día suplementando tres veces por día.

El Se es un componente integral de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) y funciona evitando un daño oxidativo a las membranas y tejidos (Hoekstra, 1974). Los signos de una deficiencia de Se 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 Se también reduce la incidencia de retenciones de placenta (McDowell et al., 1983; NRC, 1984). En abril de 1987, la administración de drogas de Estados Unidos de Norteamérica, ha aprobado hasta 0.3 mg/kg de Se en base a la materia seca consumida, lo que aumenta 3 veces la recomendación hecha por esta institución en 1979 (Gerloff, 1992).

La suplementación de Fe y Mn es menos importante en regiones tropicales donde la mayoría de los suelos son ácidos (McDowell et al., 1983). Muchos de los signos clínicos en una deficiencia de Mn se pueden explicar en términos del efecto del Mn en la síntesis de mucopolisacáridos, además, la deficiencia de este mineral afecta la síntesis de metaloenzimas que incluyen hidrolasas, kinasa, descarboxilasas y transferasas. El Mn juega un papel importante en los procesos redox, respiración celular, formación ósea, crecimiento, reproducción, formación de la sangre y función normal de varios órganos endócrinos (Hurley y Doane, 1989). Los signos de deficiencia son raros en ruminantes pero pueden incluir principalmente depresión de procesos reproductivos y retraso en alcanzar la pubertad. Además, el requerimiento de Mn aumenta considerablemente durante la gestación.

La deficiencia de algunos nutrientes tienen un efecto negativo en la eficiencia de la producción energética y protéica. Una deficiencia de S puede reducir la utilización de

nitrógeno por los microorganismos ruminales (Owens and Bergen, 1983). Cuando la relación de N:S en el medio ruminal excede 10:9 en ovinos, la producción de proteína cruda microbiana disminuye (Hume and Bird, 1970).

### 3.1.2. Los minerales en la fermentación ruminal, la síntesis de proteína microbiana y la actividad celulolítica.

El principal factor nutricional que controla la producción, es la cantidad de alimento (materia seca; MS) que el animal consume cada día cuando éste se ofrece en exceso. Este factor nutricional se llama consumo voluntario de alimento o consumo *ad libitum* (Minson and Wilson, 1994). A su vez, éste se regula por la demanda fisiológica debido al requerimiento para mantenimiento, potencial de producción y a la restricción física de la capacidad del tracto digestivo (NRC, 1987).

El contenido de la pared celular de las plantas es considerado el factor más importante que afecta la utilización del forraje, porque constituye la mayor fracción de la materia seca y está correlacionado con el consumo de forraje y su digestibilidad. Un incremento en la concentración de la materia seca indigestible, ocasiona una reducción en la tasa de pasaje y una restricción física que limita el consumo de ésta. Por lo tanto, la digestibilidad del forraje determinará la tasa de pasaje por el rumen y el consumo de la materia seca. El incremento en el consumo de forraje proporcionará una cantidad adicional de nutrientes e influirá en la producción de leche y en el crecimiento de los rumiantes (Paterson et al., 1994).

La pared celular, compuesta principalmente de carbohidratos estructurales, tal como la celulosa y hemicelulosa, se degradan en el rumen por microorganismos (principalmente bacterias). La habilidad de los microorganismos ruminales de degradar y fermentar estos polisacáridos estructurales determinará la energía digestible obtenida del forraje (Paterson et al., 1994).

Minson y Wilson (1994) elaboraron un resumen de las investigaciones pioneras que dilucidaron la importancia de los minerales en la digestión de la materia orgánica consumida por rumiantes en pastoreo. Estos investigadores mencionan a siete minerales, que cuando son deficientes, reducen el consumo voluntario del forraje al inhibir la digestión de la materia orgánica. Estos son N, S, P, Mg, Na, Co y Se. Además, mencionan que no hay evidencia de que las deficiencias de Cu, I, Ca, Fe, Zn y Mn puedan afectar el consumo voluntario en rumiantes. En contradicción con este resumen bibliográfico, Durand y Kawashima (1980), citan varias investigaciones que sugieren que el Ca, K, Fe, Zn y Mn son de gran importancia en el crecimiento de las bacterias ruminales y por lo tanto, en la digestión de la materia orgánica ingerida por rumiantes en pastoreo.

El P en los rumiantes es un elemento de máxima importancia para el metabolismo adecuado y la salud de la microflora ruminal. Por lo tanto, en los rumiantes, dos tipos de requerimientos de P deben ser actualmente considerados: uno para el animal y el otro, para los microorganismos del rumen (Thompson y Campabaldal, 1978).

Se han realizado numerosos estudios utilizando técnicas microbiológicas basándose en el concepto de que las bacterias del rumen con bajos niveles de fosfato, digieren la celulosa, sólo cuando ésta se administra con niveles adecuados de P disponible (Thompson y Carrión, 1978).

El P es parte de los ácidos nucleicos DNA y RNA que se encuentra en todas las células bacterianas. En las células bacterianas del rumen, 10.03% del DNA y el 9.64% del RNA esta constituido por este mineral. La mayor parte del RNA celular se encuentran en el ribosoma y el contenido ribosomal en las bacterias se relaciona directamente al crecimiento bacteriano y por lo tanto a la actividad celulolítica (Durand and Kawashima, 1980).

El Zn es esencial para todos los sistemas biológicos vivientes. La falta de disponibilidad de Zn para las bacterias inhibe la multiplicación de éstas, además de

afectar la capacidad de las bacterias celulolíticas de adherirse a la pared celular del tejido vegetal y ejercer activamente su capacidad celulolítica (Durand y Kawashima, 1980). Esta disminución en la adherencia de las bacterias a la pared celular vegetal también se suscita con una depresión moderada del pH ruminal de 6.8 a 6.0 (Hoover, 1986).

Kennedy et al. (1993) obtuvieron resultados que indicaron una rápida desaparición del Zn de la fracción soluble y una alta concentración de Zn en la materia seca de la fracción microbiana del contenido ruminal. Una suplementación de Zn aumentó la producción de la materia seca microbiana, especialmente con Zn secuestrado a un polisacárido comparado a la suplementación con óxido de zinc. Además, la concentración de amoníaco en el rumen disminuyó al incrementarse el nivel de Zn en la dieta, obteniéndose una mayor producción de ácidos grasos volátiles y proteína cruda total, con 125 mg de Zn por kg de materia seca. Se concluyó que el Zn favorecía a las enzimas que deaminan a los aminoácidos, la glicólisis y la síntesis proteica. Por lo tanto, consideraron que la suplementación con Zn, probablemente estimuló el crecimiento microbiano.

Chirase et al. (1991) estudiaron el efecto de la suplementación con metionina de Zn y óxido de Zn sobre el consumo de alimento y temperatura rectal de bovinos en corral de engorda desafiados con el virus de la rinotraqueítis bovina infecciosa. Un día después del desafío, los novillos suplementados con metionina de Zn consumieron 65.6% más materia seca que los animales testigos y fué mucho mayor que con óxido de Zn. Estos autores llegaron a la conclusión de que el Zn promovió la recuperación del ganado al desafío y la metionina de Zn se utilizó más eficientemente que el óxido de Zn.

Kandyliis (1984) resume literatura que indica que la digestión de la celulosa por los microorganismos se deprimía con niveles altos de S en el medio ruminal. Además, esta depresión en la digestión de la celulosa no se observa con la digestión de los almidones con un exceso de S a partir de sulfato de Na. Esto sugiere que los microorganismos amilolíticos son más tolerantes a una variación de la concentración de S que los microorganismos celulolíticos. La composición del medio puede influenciar en gran

medida la repuesta celulolítica a una excesiva cantidad de elementos minerales traza. La incorporación de una gran cantidad de aceite de maíz o de ácidos grasos insaturados, tal como ácido oleico o linoleico, aumenta la depresión de la actividad celulolítica ocasionada por una excesiva cantidad de Co, Cu, Se, Zn, F o Mo. Esto es debido a que los ácidos grasos forman compuestos con minerales traza que podrían ser tóxicos a la actividad celulolítica (Church, 1989).

El Mn es requerido para el crecimiento de la mayoría de las células y ejercen una función importante en las reacciones de descarboxilación del ciclo del ácido tricarbóxico o de Krebs. Además, se ha demostrado que estimula la fijación de CO<sub>2</sub> en la producción de ácido succínico por bacterias ruminales (Durand and Kawashima, 1980). Estos autores, además, mencionan que otros minerales también están involucrados en funciones microbiales tal como el Mo en la reducción de nitratos y fijación de N<sub>2</sub>, Se en la producción de seleno-enzimas y Ni en la actividad ureásica.

### **3.1.3. La función de los minerales en el metabolismo energético.**

La importancia de los rumiantes en la cadena biológica alimenticia está fundamentada en la habilidad de éstos, de convertir una gran cantidad de materia vegetal, alta en celulosa, en alimentos de origen animal para consumo humano. Esto se inicia a través de un proceso fermentativo en el rumen y debido a que las dietas de los rumiantes contienen altas proporciones de celulosa, la eficiencia y productividad de estos, dependerá en gran medida de la digestibilidad de este carbohidrato estructural.

En este proceso fermentativo que ocurre en el rumen se involucran bacterias, protozoarios y hongos. La diversidad de la población microbiana, su actividad y habilidad de colonizar la fibra vegetal afectará el grado y extensión de la digestión de la materia orgánica y por lo tanto, la energía digestible obtenida del forraje (Williams, 1987). Aquellos factores relacionados con el medio ambiente ruminal y la estructura del forraje,

interactúan con la población microbiana que digiere la celulosa, y por lo tanto, influyen en la digestibilidad y la utilización total de los forrajes por los rumiantes. El procesamiento del material vegetativo, alterando su estructura y composición química antes de su consumo, afectará la digestión microbiana, así como la interacción entre el rumiante y los microorganismos del rumen. Finalmente, los productos terminales de la digestión microbiana que son absorbidos en el tracto digestivo del animal y la utilización de éstos, determinará la eficiencia total del material ingerido (Williams, 1987).

Un mineral importante en el metabolismo energético del rumiante es el Co. Este mineral es requerido para la síntesis de vitamina B12 por bacterias en el rumen. En mamíferos, dos enzimas requieren la vitamina B12 para su síntesis. La más relevante es la mutasa metilmalonil-CoA, paso metabólico esencial para transformar el ácido propiónico en glucosa en el hígado de los rumiantes. La falta de esta transformación inhibe los procesos bioenergéticos de los rumiantes (Elliot, 1980).

El Zn es esencial para todos los animales. Actualmente, el Zn ha sido identificado como un componente estructural, catalítico o regulatorio de más de 200 enzimas. Es componente de toda clase de enzimas (oxidoreductasas, transferasas, hidrogenasas, liasas, isomerasas y ligasas), de otras proteínas y hormonas (Spears, 1994). También, está involucrado en el metabolismo de los ácidos nucleicos y de los carbohidratos (McDowell et al., 1984).

#### **3.1.4. La función de los minerales en la formación de tejidos y el desarrollo corporal del rumiante.**

Una de las funciones más importantes de los minerales es de proveer una estructura de soporte para el cuerpo. La estructura ósea es formada por la deposición de Ca y P junto con una matriz proteica. Pequeñas cantidades de otros minerales traza tal como Zn, Mo y Mn se almacenan en el tejido óseo (Church, 1989).

El Mg es el cuarto elemento mineral más abundante de cuerpo animal. Aproximadamente el 60% del Mg se encuentra en el esqueleto. El Mg en los tejidos blandos es segundo en abundancia después del K. El Mg es esencial en los tejidos blandos como regulador neuromuscular y es requerido para la activación de muchos sistemas enzimáticos incluyendo a aquéllos involucrados en las reacciones de transferencia de fosfatos y reacciones de decarboxilación que involucran a la tiamina pirofosfato (Ammerman y Goodrich, 1983).

El S es requerido por los rumiantes debido a múltiples e importantes funciones bioquímicas en el metabolismo. Los aminoácidos, metionina, cisteína, cistina y taurina, y las vitaminas, tiamina y biotina contienen S. Los aminoácidos que contienen S tienen importantes funciones en la síntesis de algunas proteínas, enzimas y hormonas. Las uniones hidrogenadas, formación de uniones disulfido y uniones sulfidrilo son funciones importantes que influyen en estructuras proteicas, actividades hormonales y enzimáticas, y la unión de sustratos a sitios activos de enzimas. El S es parte estructural de la colágena, condroitin sulfato, hemoglobina, ácido lipoico, glutatión, los citocromos, fibrinógeno y coenzima A (Ammerman y Goodrich, 1983).

### **3.1.5. El papel de los minerales en la síntesis de las hormonas y el proceso reproductivo del rumiante en pastoreo.**

Muchos factores influyen sobre el desempeño reproductivo de los bovinos en pastoreo. La evolución ha producido una serie de adaptaciones que garantizan el éxito reproductivo en los mamíferos. Estas adaptaciones incluyen estrategias para responder a una variedad de señales externas, como el fotoperíodo, disponibilidad de alimento, temperatura ambiental, interacciones del comportamiento social y estimulación táctil (Williams, 1990). En los bovinos en pastoreo, otros factores como nutrición (condición corporal), nivel de estrés, producción de leche y amamantamiento son algunos de los

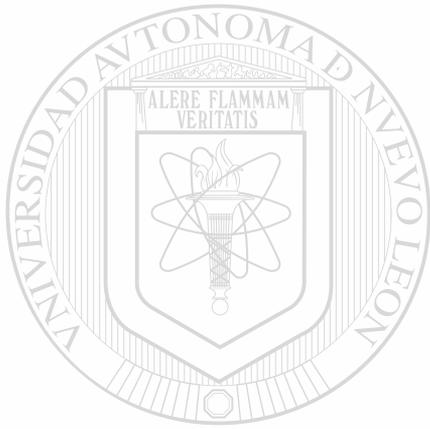
factores que mayor efecto tienen sobre la reproducción. Sin embargo, debido a su manipulación, la nutrición es el factor más relevante que deberá ser atendido para aumentar la eficiencia reproductiva en el post-parto (Dunn y Moss, 1992; Williams, 1990). La energía requerida para los procesos reproductivos del ganado bovino en pastoreo debe ser obtenida del forraje con el propósito de mantener las reservas corporales de grasa, que son un indicativo de la condición corporal y una garantía de abasto de energía para que se suscite un parto normal, la vaca amamante al becerro y pueda preñarse de nuevo en el menor tiempo posible.

Varios minerales tal como el Ca, P, Mg, Cu, Se, Mn, I, Zn, Fe y Co pueden causar problemas en la reproducción cuando están deficientes o en exceso. La mayoría de estos minerales están involucrados en el metabolismo energético del rumiante y de las bacterias del rumen. El crecimiento microbiano y varios procesos fermentativos en el rumen requieren de un adecuado aporte de minerales. El P es uno de éstos y se ha indicado que tiene más funciones que cualquier otro elemento mineral en el cuerpo. Además de las funciones que ejerce al formar junto con el Ca parte de la estructura ósea y dentadura del animal, se encuentra en todas las células del cuerpo y está involucrado en casi todos los aspectos del metabolismo. El catabolismo de los carbohidratos requiere de una fosforilación para liberar energía que es capturada y transportada a las células en forma de enlaces fosforilados altos en energía por conducto del ATP (Ammerman y Goodrich, 1983). El papel del P en la síntesis de fosfolípidos y de cAMP puede ser la clave del papel de este mineral en la reproducción (Hurley y Doane, 1989).

El ATP es un nucleótido que consiste en una adenosina, una ribosa y una unidad de trifosfato. La forma activa de ATP es un complejo de ATP con Mg o Mn. Este es el principal donador de energía en los sistemas biológicos. El cAMP (AMP cíclico) se forma a partir del ATP por la acción de la enzima adenilatociclase y actúa como el segundo mensajero en la actividad de muchas hormonas (Stryer, 1988).



FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOT.  
SECRETARIA DE POSTGRADO  
E INVESTIGACIÓN



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La hormona luteinizante (LH) es la principal hormona luteotrópica. Las evidencias señalan que la LH ejerce un efecto esteroidogénico sobre el tejido lúteo al incrementar la adenilatociclasa y el cAMP. La secuencia mediante la cual LH ejerce este efecto es como sigue: 1) La LH se une a su receptor en la membrana plasmática; 2) la adenilatociclasa es activada y la producción de cAMP se inicia; 3) se suscita la fosforilación de las enzimas esteroidogénicas incrementándose la síntesis protéica (Hansel y Convey, 1983).

Un mecanismo importante por el cual la restricción de energía inhibe las actividades reproductivas parece ser la supresión en el incremento en la frecuencia de liberación pulsátil de la hormona luteinizante (LH), que es necesaria para llevar a cabo la ovulación y la fase lútea. Un bajo plano nutricional inhibe la secreción pulsátil de la LH al reducir la secreción de la hormona liberadora de la LH (LHRH) por el hipotálamo. La habilidad de un animal de sostener una alta frecuencia en la liberación pulsátil de la LH está relacionado con su estado metabólico. La liberación de la LH en ganado bovino es cíclica y puede suprimirse ante niveles bajos de energía en la dieta (Schillo, 1992).

Call et al. (1978) evaluaron el desarrollo corporal y la fertilidad de vaquillas suplementadas con dos diferentes niveles de P a partir de fosfato monosódico. Los niveles eran de aproximadamente el 66% y el 174% del nivel de fósforo recomendado por el NRC (1980). Concluyeron que no hubo diferencia significativa en el desarrollo corporal, fertilidad, gestación, concepción y lactancia en la prueba que duró 2 años. El exceso de P en uno de los tratamientos no tuvo efectos negativos en los parámetros productivos.

Ingraham et al. (1987) demostraron un incremento en la fertilidad con una suplementación de Cu y Mg con vacas Holstein pastoreando praderas deficientes en estos minerales. La suplementación individual de cualquiera de estos minerales no promovió una mejora en los parámetros productivos. Hidiroglou (1979) concluye que es difícil asegurar que una disfunción reproductiva por una deficiencia de Cu se suscite por la falta del mineral o por una disfunción general producida por ésta.

El Zn está involucrado como componente o activador de enzimas involucradas en la espermatogénesis, en el control de la motilidad espermática, con ATP, en la contracción y regulación de las reservas de energía en forma de fosfolípidos (Hidiroglou et al.,1984; Hurley and Doane, 1989). Además, es esencial para la biosíntesis de testosterona e influencia la actividad de las hormonas foliculo estimulante (FSH) y (LH). Una deficiencia de Mn puede resultar en una inhibición del ciclo estral y concepción debido a una infertilidad (Ammerman and Goodrich,1983). Una mayor incidencia de abortos y menor peso de los becerros al nacimiento son otras de las manifestaciones de una deficiencia de Mn en la dieta de rumiantes (Hidiroglou, 1979). El mecanismo por el cual el Mn afecta a la reproducción parece estar relacionado con la síntesis de hormonas esteroides (Hurley and Doane,1989).

### **3.2. Características de los suelos que afectan la concentración de minerales en las plantas.**

Los rumiantes en pastoreo están en estrecho contacto con los suelos sobre los cuales las plantas crecen. Los suelos frecuentemente contienen mayor cantidad que el nivel de minerales encontrado en las plantas que crecen en éstos. Muchos estudios confirman que apreciables cantidades de suelos pueden ser consumidos involuntariamente por los rumiantes (Conrad y Avila, 1978).

La composición del suelo es fuente y un factor determinante del nivel de elementos minerales en las plantas. La capacidad del suelo para aportar elementos minerales a las plantas depende de algunos factores tales como: el origen de la materia del suelo, la reacción del suelo (pH), la textura y el estado de crecimiento. Aunque los suelos arcillosos y los orgánicos son ricos en K, los suelos arenosos son frecuentemente deficientes en este mineral.

Otro factor que afecta la concentración de minerales en la planta es el pH del suelo. Cuando se incrementa, la disponibilidad y la absorción del Fe, Mn, Zn, Cu y Co del forraje decrece mientras que el Mo y Se se incrementan (McDowell et al., 1984).

Los suelos muy ácidos o muy básicos son pobres en P disponible; aunque éstos en forma total contienen grandes cantidades de P y fosfato tricálcico, respectivamente (Gomide y Zometa, 1978). De acuerdo a Sánchez (1981), la mayoría de los suelos de los trópicos son ácidos y que se puede generalizar con seguridad que una gran proporción de los trópicos ésta ocupada por suelos con valores de pH menor de 6.0. Además, menciona que América como región tiene más suelos ácidos que Asia o África tropical. Algunas publicaciones desmienten esta aceveración estando entre estas las siguientes: Sarkar et al. (1994) que determinaron pH de 7.5 a 7.6 la provincia de Bengala oeste, India; Oegebe et al. (1995) determinando un rango de pH de 6.4 a 8.7 en el estado de Benue de Nigeria; Knebusch et al. (1988b) que obtuvieron un pH de 7.3 en una región ganadera de Guatemala y Valdes et al. (1988b) obtuvieron un promedio general de 7.0 en el departamento de Escuintla, en la costa sur del litoral de Guatemala.

Las formaciones geológicas jóvenes y alcalinas contienen mayor abundancia de elementos traza que las formaciones más viejas, más ácidas, con mayor formaciones de arena gruesa. Existe lixiviación marcada y un desgaste del suelo en regiones tropicales bajo condiciones de alta precipitación pluvial y temperatura, haciendo deficiente en minerales a la planta. Las condiciones de drenaje pobre a menudo incrementan la concentración de algunos minerales traza tal como el Mn y Co.

Los informes sobre deficiencias de Cu, Fe y Mn en cultivos en zonas tropicales húmedas son menos comunes que las de Zn y Mo. La deficiencia de Cu se asocia más comúnmente con suelos de la turba de los trópicos, tal como las zonas templadas, y ocasionalmente existe en suelos muy arenosos. Por lo general, las deficiencias de Fe y Mn se asocian con suelos entre neutros y alcalinos, especialmente los que contienen carbonato de Ca libre en su perfil. En los suelos ácidos con alto contenido de Mn

soluble, pueden producirse deficiencias de Fe o toxicidad por Mn. Una cantidad de estudios han indicado que el Mo puede ser deficiente para muchos cultivos en los suelos ácidos lavados e intensamente meteorizados de las regiones tropicales húmedas. La mayoría de los estudios indican que es necesario un pH aproximadamente de 6.5 para obtener una máxima asimilación de Mo. Sin embargo, con un pH de 6.5, la disponibilidad de otros oligoelementos nutritivos puede verse notablemente reducida (Dorsdoff et al. 1975).

En un suelo determinado, la absorción de los elementos por las plantas será proporcional a su concentración en la solución del suelo, cuando ésta no sea excesiva en relación a la capacidad de absorción de las plantas o cuando no les causen disturbios fisiológicos. La deficiencia o toxicidad de un elemento provoca desequilibrios en la absorción de otros elementos (Volkweiss y Rodríguez, 1978).

### **3.3. Concentración de minerales en los forrajes y su disponibilidad biológica.**

#### **3.3.1. Factores que afectan la concentración de los minerales en las plantas.**

Las plantas proveen los principales nutrientes minerales para los rumiantes en pastoreo. Las concentraciones de minerales en las plantas dependen de al menos cuatro factores básicos inter-relacionados. Estos son : (1) diferencia genética que depende del género, especie o variedad de la planta; (2) el tipo de suelo en el cual la planta ha crecido; (3) el clima o condición estacional durante su crecimiento y; (4) el estado de madurez de la planta (Conrad y Avila, 1978).

McDowell et al. (1983) mencionan que las concentraciones de los elementos minerales en forrajes dependen de las interacciones entre factores como suelo, especie forrajera, estado de madurez, cobertura vegetal, manejo de la pradera y clima. Las áreas donde existen deficiencias o excesos de minerales están asociados geográficamente con los

niveles correspondientes de minerales en el suelo. Por lo tanto, la absorción de estos elementos por las plantas está altamente correlacionada con su contenido y disponibilidad en el suelo (McDowell et al., 1993). Ogebe et al. (1995a) determinaron el perfil de macrominerales de suelos y forrajes del estado de Benue, en Nigeria, y concluyeron que la concentración de minerales en el suelo no es de gran importancia en la evaluación de requerimiento de minerales para rumiantes en pastoreo. Además, Ogebe et al. (1995b) obtuvieron resultados que indicaron una baja correlación entre minerales del suelo y especies forrajera en el estado de Benue, Nigeria. Pastrana et al. (1990) también obtuvieron una baja correlación entre macrominerales o minerales traza y suelos en el paramo Colombiano. Sin embargo, Arvy y Lamand (1983) analizaron la concentración de Se en 500 especies forrajeras, granos de cereal y suelos de 69 regiones de Francia, determinando una variabilidad entre especies y correlaciones entre concentraciones de minerales en tejido vegetal y suelos. El contenido de un elemento mineral podría parecer el factor más importante en la determinación de la concentración de minerales en los suelos, sin embargo, el pH, la textura, el contenido de humedad y el contenido de materia orgánica son probablemente los factores más limitantes. A medida que el pH se incrementa, la disponibilidad de Fe, Mn, Zn, Cu y Co disminuye y la concentración de Se y Mo aumenta (McDowell et al. 1977).

Gomide y Zometa, (1978) mencionan que la composición mineral de los forrajes varía de acuerdo a muchos factores y entre éstos están: la edad de la planta, el suelo y su fertilización, las diferencias entre especies y variedades, las estaciones del año y los intervalos entre cortes. La concentración de minerales traza en la planta entera puede aumentar, disminuir o no mostrar cambio consistente con el estado de crecimiento, la especie de planta, el suelo, o la condición estacional. Estos cambios en las concentraciones de los minerales traza de los forrajes relacionados a la estación y estado de crecimiento son de gran significancia para el animal en las áreas donde los niveles

marginales están presentes. La marcada disminución de P y K cuando la planta madura no es paralela con la declinación en minerales traza (Conrad y Avila, 1978).

Un análisis del contenido mineral de las plantas consumidas por los animales en pastoreo puede ser de gran ayuda en predecir el estado mineral de estos ruminantes. Sin embargo, gran variación ocurre en el contenido mineral de estas plantas. La mayoría de los animales consumen muchas especies diferentes de plantas en diferentes estados de madurez, las cuales están creciendo en diferentes tipos de suelos. El Consumo, digestibilidad, absorción y secreción de elementos minerales son complejos y controlados por muchos factores (Conrad y Avila, 1978).

Las concentraciones de minerales en forrajes dependen de la interacción de varios factores, entre los cuales se incluye el suelo, la especie de la planta, el estado de madurez, el rendimiento, el manejo del forraje y el clima. La presencia de deficiencias en herbívoros está asociada con regiones específicas y está directamente relacionada con las características del suelo (McDowell et al., 1984).

Se han observado grandes variaciones de minerales en las plantas que crecen en un mismo suelo. Las herbáceas y leguminosas son más ricas en varios minerales que las gramíneas. El contenido mineral disminuye con la madurez de la planta debido a un proceso natural de dilución, y al traslado de nutrientes a la raíz. En la mayoría de las circunstancias, el P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn, y Mo disminuyen con la madurez de la planta. El clima, el manejo de forrajes y el rendimiento afecta la composición mineral de la planta. La presión de pastoreo influenciará radicalmente sobre la especie forrajera predominante y cambiará la relación hoja / tallo, teniendo como resultado que el contenido mineral de la planta también sería afectado. Incrementando los rendimientos de los cultivos se extraen más rápido los minerales del suelo. La sobre fertilización con N y K, incrementa la incidencia de tetania de los pastos y a veces el K reduce rápidamente el nivel de Na de los forrajes (McDowell et al., 1984).

El contenido de Mo en las plantas es variable y depende del contenido del mineral en el suelo donde crece la planta. Las sales de Mo no se absorben a partir de suelos ácidos aun que el Mo se encuentre en altas concentraciones en este. Los suelos alcalinos o los suelos alcalinizados con piedra caliza incrementan la disponibilidad para las plantas. Las plantas que pueden almacenar grandes cantidades de Mo son las legumbres y los granos de cereales (Penumathy and Oehme, 1978).

### 3.3.2. Factores que afectan la disponibilidad biológica de los minerales.

El contenido total de un elemento mineral en un compuesto particular o en una ración completa tiene muy poco significado, al menos que sea calificado con un factor indicando la disponibilidad biológica de dicho elemento para los animales. Los análisis químicos indican en qué cantidad un determinado nutriente está presente, pero no indican en qué grado, el nutriente es utilizado al ser consumido por el animal. Ningún elemento puede ser completamente absorbido y utilizado, siempre existirá una pérdida parcial en los procesos normales metabólicos y nutricionales. Antes de que un nutriente necesario pueda tener algún valor nutricional, se debe hallar en una forma tal que pueda ser digerido, absorbido y transportado a aquellas partes del cuerpo donde deba ser utilizado para su función esencial (Thompson y Carrion, 1978).

La disponibilidad biológica relativa del elemento deseado en un compuesto o suplemento, es una de las mayores consideraciones en la selección de una fuente adecuada del referido elemento. Fuentes de muchos de los minerales utilizado en suplementación son minerales naturales o subproductos industriales que generalmente contienen muchos elementos minerales. Algunos de éstos son potencialmente tóxicos y los niveles a los cuales pueden ser perjudiciales deben ser considerados. Otros factores de importancia en la selección de una fuente adecuada incluyen facilidades en su manejo,

capacidad de mezclarse, seguridad y uniformidad del abastecimiento y el costo relativo por unidad del elemento biológicamente disponible (Ammerman y Miller, 1978).

Las diferencias importantes en el metabolismo mineral pueden ser atribuidas a la raza y al tipo de adaptación. Se ha observado el efecto de diferentes razas sobre los requerimientos minerales en los rumiantes. Algunos de los factores que tienen influencia en la utilización del P para las diferentes especies animales son el tipo de alimento en la ración, sexo, niveles de grasa y energía, forma química del elemento, nivel nutricional, medio ambiente, hormonas, enfermedades y parásitos, niveles proteicos y de los elementos traza, interacciones con otros nutrientes y minerales, agentes kelógenos, la naturaleza física de las fuentes de P y otros ingredientes de la dieta (especialmente tamaño de las partículas), procesamiento de alimento, la relación Ca-P, edad del animal, y muchos otros (Thompson y Carrión, 1978).

Los rumiantes, bajo casi toda circunstancia, requieren de una suplementación de minerales para lograr un óptimo desempeño reproductivo. Por lo tanto, existe la necesidad de una suplementación mineral de alta biodisponibilidad. Las pruebas actuales de biodisponibilidad son frecuentemente prolongadas y costosas. La investigación en el futuro deberá proveer de técnicas dinámicas y precisas en la determinación de la biodisponibilidad biológica de los elementos minerales (Ammerman y Miller, 1978).

McDowell et al. (1984) enlista las fuentes de elementos minerales, su concentración y la disponibilidad biológica de estos para el ganado. Un entendimiento del nivel de interrelación entre los diferentes minerales se ha demostrado que es importante en proveer una nutrición óptima para los rumiantes. Un ejemplo de una interacción importante se encuentra entre el Cu, Mo y S. Otras son las interacciones entre Ca, P y Mg, y Ca y Zn. A medida que mejore el entendimiento sobre las interacciones entre minerales y su influencia sobre el sistema metabólico, un mejoramiento en el desempeño se logrará. Además, se requiere más información sobre la interrelación que ocurren entre minerales y otros nutrientes o aditivos en la dieta. Muchas de esas interrelaciones serán

de importancia práctica con relación a la eficiencia en la producción de bovinos en pastoreo (Ammerman and Goodrich, 1983).

Una deficiencia de Cu en rumiantes puede ocurrir como una deficiencia primaria, donde el consumo de Cu es inadecuada, o como una deficiencia secundaria, donde otros factores en la dieta interfieren con la absorción o metabolismo del Cu. De primordial importancia como antagonistas de Cu están el Fe, Mo y S. Mo y S están involucrados en la formación de thiomolibdatos que se unen al Cu y se hacen indisponibles al animal (Suttle, 1991).

El mecanismo exacto por el cual el Fe interfiere con la utilización de Cu no se conoce con exactitud, pero parece que está involucrado en la formación de complejos de sulfito ferroso en el rumen que se vuelven solubles en el abomaso, donde el sulfito se disocia y forma complejos insolubles con Cu (Suttle et al., 1984).

Un consumo elevado de Mo deprime la disponibilidad de Cu y podría además ocasionar una deficiencia fisiológica de Cu en rumiantes. La cantidad de S total o sulfato en la ración generalmente potencializa el efecto de Mo. La relación entre Cu y Mo en el alimento es importante, independientemente de la presencia de cada uno de ellos. Por esta razón, y debido a la importancia del contenido de S en la dieta, es imposible definir límites seguros de Cu y Mo. Un análisis de la concentración de Cu y Mo se requiere para predecir el requerimiento de Cu de bovinos en pastoreo (Suttle et al., 1984).

Gengelbach et al. (1994) determinaron que el sulfato de cobre y el lisinato de cobre son similares en biodisponibilidad. Alimentando óxido de Cu no mejoró la deficiencia presente en becerros o previno la disminución de cobre plasmático en becerros alimentados con 5 mg de molibdeno/kg de dieta. Con este resultado, concluyeron que no es recomendable elaborar suplementos minerales con óxido de Cu debido a que esta fuente es utilizada deficientemente por el ganado.

De acuerdo a Miltimore y Mason (1971), la relación crítica entre Cu y Mo se puede considerar como 2.0 de Cu a 1.0 de Mo. Valores menores de Cu en esta relación se

espera que ocasionen una condición de deficiencia. Estos autores determinaron que el 19% de las muestras de forrajes de Colombia Británica, Canada, tenían una relación menor de 2.0-1.0 y por lo tanto, se consideraron promotoras de una deficiencia de Cu. Una deficiencia fisiológica de Cu es producida por cuatro clases de alimentos: 1) alimentos con más de 100 ppm de Mo, 2) una relación baja Cu:Mo, 2:1 o menos, 3) deficiencia de Cu, abajo de 5 ppm y 4) alto nivel de proteína, 20 a 30 % de proteína en forraje fresco. Esta última situación, probablemente sea el resultado de altos niveles de sulfitos producidos a partir de aminoácidos azufrados durante la fermentación ruminal. El sulfito de Cu es muy poco biodisponible (Ward, 1978).

Emanuele y Staples (1990) determinaron la liberación de ciertos minerales de seis especies forrajeras utilizando una técnica *in situ*. La liberación de minerales tal como Mg, K, P y Cu probablemente sea dependiente del contenido de la pared celular vegetal. Los forrajes con una alta concentración de fibra detergente neutra (FDN) tuvieron altos coeficientes de liberación del contenido mineral.

Emanuele y Staples (1991) realizaron un estudio para medir la extensión en la desaparición de la materia seca y la liberación de minerales procedentes de seis especies forrajeras dentro del rumen, abomaso e intestino de bovinos adultos. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 1) La liberación de Ca de todos los forrajes fue mayor de 65%, con la mayoría teniendo más de un 70% y casi todo el Ca se libero en el rumen, 2) el P liberado tuvo un rango de 84 a 98 % con un promedio de 7.5 puntos porcentuales después del abomaso, 3) los zacates liberaron más P en el intestino que las leguminosas, 4) 88 a 98 % del Mg fue liberado en el rumen, 5) la liberación de K fue total en el intestino, 6) categorizando a los minerales de acuerdo al grado de liberación o disponibilidad en el tracto digestivo el orden fue el siguiente: K, Mg, P y Ca y, 7) con la excepción de K, las leguminosas liberaron una mayor proporción de sus minerales que los zacates.

Una deficiencia fisiológica de Mg provoca una tetania hipofosfatémica. Por lo general, solo las hembras ruminantes son afectadas y se presenta en las etapas iniciales de la lactancia. El Mg funciona a tres niveles bioquímicos: 1) como un cofactor a nivel enzimático, 2) a un nivel estructural en la formación de ribosomas y 3) en todas las membranas celulares como fuerza estabilizadora.

La hormona paratiroidea puede afectar el metabolismo del Mg al disminuir la excreción urinaria y estimular la reabsorción en el tejido óseo. La excreción renal de Mg y la absorción a nivel intestinal se incrementa con la disponibilidad de vitamina D3.

Un número considerable de factores deprimen la absorción de Mg en los rumiantes. De estos el nivel de K en la dieta tiene el mayor y más consistente efecto. Al alimentar una considerable cantidad de carbohidratos altamente digestibles, se incrementa la absorción de Mg, pero el mecanismo de este es desconocido. Una alta concentración de Al en el forraje se ha asociado con tetania de los pastos, pero no se ha relacionado a esta directamente. Una interrelación entre el Al con Mg, Ca, P, y Hormona Paratiroidea puede estar implicada (Fontenot et al., 1989).

Greene et al. (1983), previamente, habían determinado que la concentración de Mg era menor con altos niveles de K en la dieta. Cuando la incorporación de K era de 0.6% en la dieta total, el principal sitio de absorción de este mineral era a nivel del intestino delgado, pero al incorporar más K, la parte pre-intestinal del tracto digestivo participaba significativamente.

Los resultados obtenidos por Allen et al. (1986) con bovinos productores de carne, indicaron que la ingestión de Al puede alterar el metabolismo del Mg, Ca y P en la vaca lactante, pero el grado de interferencia depende de la fuente de Al.

La química de coordinación juega un papel importante en la disponibilidad y metabolismo de elementos de transición esenciales. En general, los elementos de transición tal como Fe, Cu, Mn, Co, y Zn forman complejos orgánicos e inorgánicos a un pH fisiológico. Los complejos coordinados organometálicos son los más biodisponibles

para el animal. Otras estructuras que son más covalentes en la naturaleza pueden ser formados en el tracto digestivo, pero no son tan importantes para el animal como los complejos coordinados. El cobre tiene el valor más alto de desplazamiento de importancia nutricional entre todos los elementos de transición y puede tener importantes implicaciones nutricionales particularmente con manganeso. Productos de la digestión protéica así como otros compuestos orgánicos en la dieta son capaces de formar complejos con elementos de transición. Estos elementos orgánicos de transición probablemente juegan un papel importante en la absorción y utilización de elementos esenciales de transición. Elementos de transición que forman complejos con moléculas orgánicas pueden influenciar la expresión genética y la síntesis protéica. Existen varias situaciones en la alimentación práctica en las que se ha demostrado que elementos de transición esenciales asociados con complejos orgánicos pueden ayudar a mejorar el desempeño animal (Madsen, 1988).

Un gran problema en la nutrición de minerales que requiere de ser dilucidado se centra en la dinámica de la absorción, transporte, almacenamiento dentro de tejidos, biotransformación, reexcreción endógena, excreción urinaria y mecanismos homeostáticos de elementos esenciales y no esenciales. Un ejemplo es aquél en el que el promedio de 28% del Cu de la dieta se absorbe, pero la retención neta es del 5%. El resto presumiblemente es reexcretado hacia el tracto digestivo a través de la bilis. Es aquí donde se suscita la pregunta: de qué forma es reexcretado el Cu? Cuál es el mecanismo de la absorción del Cu? Cuál es la proporción de la excreción fecal de cualquier elemento procedente de la dieta y cuál es la proporción de origen endógeno? Cuál es el periodo biológico de vida media de los elementos minerales y cuáles son sus constantes paramétricos o, es que acaso cambian bajo diferentes estados nutricionales? (Matrone, 1973).

Es concebible que en todos los casos de balance mineral negativo, una reducción de la pérdida endógena puede ser tan eficiente en resolver un problema como el incremento en

la absorción. En general, existen mecanismos homeostáticos que tienen la función de mantener cantidades determinadas de éstos. En la mayoría de los casos, con una dieta adecuada los rumiantes podrán disponer de suficiente cantidad de minerales del tracto digestivo para mantener este almacenamiento. Sin embargo, en el caso de Mg y Ca puede existir una deficiencia aguda en ganado ovino y bovino, que no pueda ser corregido complementando con Mg y Ca en la dieta. Un ejemplo es aquél en el cual un balance negativo del calcio existe en la mayor proporción de la lactancia de la vaca alta productora. En este caso y en circunstancias similares, es concebible que al reducirse las pérdidas endógenas se pueden obtener altos beneficios económicos en la producción animal (Cragle, 1973).

Parton (1990) definió los diferentes minerales quelatados con el propósito de diferenciar a éstos de acuerdo a su composición química. El adjetivo quelato, deriva de chela que significa tenaza de una langosta. El término quelato sugiere eventos químicos y no simples mezclas físicas entre minerales y compuestos orgánicos. Los diferentes grupos de quelatos disponibles en el mercado internacional y formalmente reconocidos por la Asociación Americana de Oficiales de Control de Alimentos son: 1) Complejo metal-aminoácido, 2) Quelato amino-metal, 3) Proteinato-metal, 4) Complejo metal-polisacárido y 5) Complejo metionina de zinc.

Los quelatos tienen una característica muy particular debido a la estructura en forma de anillo que establece sobre el metal y en los enlaces coordinados covalentes que tiene con este. Estos enlaces son compartidos entre el metal y el N (del grupo amino) o el oxígeno (del grupo hidroxilo) como grupos donadores. A un pH específico, algunos aminoácidos quelatados y proteinatos metálicos tienen un equilibrio en compartir enlaces entre metal y N u oxígeno teniendo por lo tanto una carga neutra. No existe método cuantitativo para verificar el porcentaje de quelación en un producto excepto por métodos con los cuales puede ser determinado cualitativamente la presencia de un complejo quelatado al determinar ionización a un determinado pH. Es por esto que las etiquetas de garantía con

el porcentaje del elemento inorgánico y la concentración de proteína indican poca o ninguna relación con el desempeño del quelato. Hasta que se desarrollen métodos que verifiquen cualitativa y cuantitativamente la superioridad de un producto sobre otro, es necesario que el nutriólogo fundamente los criterios apoyados en pruebas biológicas que indiquen la viabilidad económica de los productos disponibles en el mercado (Sherman and Rowland, 1990).

Una variabilidad en la concentración de minerales en los forrajes y en los granos ha promovido la necesidad en el uso de fuentes complementarias para reunir las demandas nutricionales del ganado de alta producción. La biodisponibilidad de minerales inorgánicos puede ser menor del 20% debido a diferentes factores que incluyen reacciones con lípidos, proteínas, fibra, óxidos y vitaminas, así como interacciones con otros minerales como fosfatos y fitatos. Las reacciones de oxidación-reducción que ocurren cuando sales minerales se mezclan con vitaminas liposolubles y ácidos grasos insaturados pueden incrementar los requerimientos de minerales, siendo ésta una área de interés con relación a la biodisponibilidad de los elementos minerales (Sherman and Rowland, 1990).

La industria de alimentos ha utilizado minerales quelatados y complejos sintetizados comercialmente por más de treinta años como suplementos minerales en raciones para animales con el propósito de duplicar lo que el rumen o el estómago y duodeno producen rutinariamente, específicamente, la reacción química de minerales con ciertas proteínas en suero de leche y caseína, ácido cítrico, derivados polisacáridos y quelatos sintéticos tal como EDTA (Sherman and Rowland, 1990).

### **3.3.3. Toxicidad de los elementos minerales y procedimientos para contrarrestar la toxicidad o la interacción negativa entre estos.**

#### **3.3.3.1. Calcio (Ca).**

Altos niveles de Ca son tolerables por los rumiantes. Una alta concentración de Ca en la dieta reduce el consumo de alimento y la ganancia de peso. Osteopetrosis, caracterizada por un engrosamiento de la corteza ósea y se suscita con una alimentación prolongada y alta en Ca (Ammerman and Goodrich, 1983). El máximo nivel de tolerancia de Ca en la dieta total de acuerdo al NRC (1980) es de 2.0 % en base a materia seca.

#### **3.3.3.2. Fósforo (P).**

Un exceso de P puede ocasionar ciertos problemas óseos, tal como osteomalacia, osteoporosis y hipertiroidismo secundario. Además, un exceso de este mineral parece estar implicado en la formación de cálculos renales y una reducción de absorción de Ca en el tracto digestivo (Ammerman and Goodrich, 1983).

#### **3.3.3.3. Potasio (K).**

Un excesivo consumo de K que promueva un efecto tóxico es muy improbable bajo condiciones normales. El exceso de K es rápidamente excretado; sin embargo, una concentración tóxica puede desarrollarse bajo situaciones extremas. De acuerdo a NRC (1980) el nivel máximo tolerable para bovinos de K es del 3% en base seca. Los signos clínicos de una toxicosis incluyen una insuficiencia cardíaca, edema, debilidad muscular y muerte. Aumentar el nivel de Mg en la dieta puede proveer protección a una toxicidad con K (Ammerman and Goodrich, 1983).

#### **3.3.3.4. Sodio (Na).**

La habilidad de los rumiantes de tolerar grandes cantidades de Na o sal es determinado por la disponibilidad de un adecuado aporte de agua fresca. En Ganado bovino, el consumo de agua que contiene 12 a 20 g de sal por litro de agua, experimenta

anorexia, disminución de consumo de agua, pérdida de peso, una elevada concentración de Na y K en el plasma sanguíneo, una disminución de la concentración de Mg y urea y probablemente la muerte (Ammerman and Goodrich, 1983).

#### **3.3.3.5. Magnesio (Mg).**

No se ha registrado intoxicaciones con Mg (Ammerman and Goodrich, 1983). Se ha establecido que el nivel máximo tolerable de Mg es de 0.4% de la dieta total (NRC, 1980). Altos niveles de suplementación de K reducen la absorción de Mg (Greene et al. 1983).

#### **3.3.3.6. Hierro (Fe).**

Una excesiva suplementación o contaminación del alimento con hierro puede disminuir la actividad microbiana en el rumen. Un tratamiento por envenenamiento de hierro debe promover la precipitación de éste en forma de un compuesto hidroxilado. Esto se logra proporcionando al animal con preparaciones como leche de cal o leche de magnesia. Entre los factores que influyen en la toxicidad del Fe, se encuentra el nivel de Cu en la dieta (Harrison et al., 1992)

Una intoxicación por Fe es un problema inusual en animales domésticos y el máximo nivel de tolerancia para este elemento mineral es de 1000 ppm para ganado bovino. El valor considerado asume que la fuente de Fe tiene una biodisponibilidad alta. La tolerancia podría ser mayor si la fuente es de baja disponibilidad (NRC, 1980).

#### **3.3.3.7. Manganeso (Mn).**

El nivel máximo de tolerancia de Mn es de 1000 ppm. La absorción de Mn puede ser afectada por el nivel de Ca, P y Fe en dieta. Con niveles bajos de consumo de Fe, los animales son más susceptibles a una intoxicación por Mn. Altos niveles de hierro en la dieta reducen los riesgos a una intoxicación (NRC, 1980).

#### **3.3.3.8. Zinc (Zn).**

Ott et al. (1966) determinaron que un nivel de Zn de 0.9 g/kg de dieta o mayor, reducía la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia. Los novillos fueron afectados en

mayor grado a niveles altos de Zn (1.7-2.1 g/kg de alimento) que las vaquillas. Estos autores comparan la absorción del Zn de estos animales con resultados obtenidos con otros autores y determinaron que la absorción se reduce en ganado de mayor edad. Esto indica que los factores que afectan la absorción afectan también la toxicidad. Se ha determinado que el nivel máximo de tolerancia de Zn para ganado bovino es de 500 ppm (NRC, 1980).

### 3.3.3.9. Cobre, Molibdeno y Azufre.

De acuerdo a Miltimore y Mason (1971), la relación crítica entre Cu y Mo se puede considerar como 2.0 de Cu a 1.0 de Mo. Valores menores de Cu en esta relación se espera que ocasionen una condición de deficiencia. Estos autores determinaron que el 19% de las muestras de forrajes de Colombia Británica, Canadá tenían una relación menor de 2.0-1.0 y por lo tanto, se consideraron promotoras de una deficiencia de Cu.

Una deficiencia fisiológica de Cu es producida por cuatro clases de alimentos: 1) alimentos con más de 100 ppm de Mo, 2) una relación baja Cu:Mo, 2:1 o menos, 3) deficiencia de Cu, concentración menor de 5 ppm y 4) alto nivel de proteína, 20 a 30 % de proteína en forraje fresco. Esta última situación, probablemente sea el resultado de altos niveles de sulfitos producidos a partir de aminoácidos azufrados durante la fermentación ruminal. El sulfito de Cu es muy poco biodisponible (Ward, 1978).

Una relación Cu:Mo de menos de 4:1 ha sido propuesta para asegurar que el nivel de Cu sea cubierta (Alloway, 1973).

Los niveles máximos tolerables de Cu establecidos por el NRC (1980) como de 100 ppm para ganado bovino y este nivel puede verse influenciado por otros factores en la dieta como el nivel de S y Mo, el nivel de proteína y su fuente y, por influencia genética (NRC, 1980).

Kandyliis (1984) resume los efectos del consumo excesivo de S en rumiantes sobre el consumo de alimento, desempeño de animal, digestión y motilidad ruminal, y otras actividades del tracto digestivo del rumiante. Menciona que el consumo excesivo de S

(mas de 0.3-0.4%) como sulfato de S o S elemental puede resultar tóxico o incluso ocasionar la muerte.

### 3.3.3.10. Cobalto (Co).

El nivel máximo tolerable establecido por el NRC (1980) es de 10 ppm. Este nivel se considera seguro. Los signos de una toxicosis serían: un reducido consumo de alimento e incremento en el peso corporal, emaciación, anemia, debilidad, aumento en la concentración de hemoglobina y el volumen celular sanguíneo, y una elevada concentración de Cu en el hígado. El nivel tóxico parece ser por lo menos de 300 veces el requerimiento por lo que este problema es por demás inusual bajo condiciones normales de pastoreo. Además, incrementando la cantidad de proteína o metionina en la dieta, reduce el riesgo de una toxicosis.

Existe una gran diferencia entre especies con relación a la absorción y excreción de Mo. El Mo que se encuentra en altas concentraciones en las plantas es altamente soluble y biodisponible. Las sales tetravalentes de Mo, tal como el molibdenito ( $\text{MoS}_2$ ) se absorben pobremente, contrario a las fuentes hexavalentes solubles e insolubles, tal como el molibdenato de Ca y el molibdenato de amonio que son altamente biodisponibles. El nivel de S en la dieta juega un papel importante en la absorción de Mo. Además los sulfatos reducen la retención de Mo en los tejidos, aparentemente debido a un incremento en la excreción urinaria (Penumarthy and Oehme, 1978).

El ganado bovino es el menos tolerante de los animales domésticos a altos niveles de Mo en la dieta. El ganado lechero y becerros son más susceptibles a una molibdenosis que ganado bovino de carne adulto. Una intoxicación por S es dependiente de la cantidad de consumida de este mineral, su forma de asociación y el método de administración (Ammerman and Goodrich, 1983). Una toxicidad con S inorgánico puede tener origen en la alta biodisponibilidad del hidróxido de S o a una acidosis metabólica que resulta de un incremento en la absorción de S. Se ha establecido que el nivel máximo tolerable de S es de 0.4% (NRC, 1980).

**3.3.3.11. Selenio (Se).** El nivel más alto, tolerable para bovinos en pastoreo ha sido establecido como de 2.0 ppm (NRC, 1980).

Los rumiantes que reciben un aporte adecuado de Co en la dieta son menos susceptibles a una intoxicación por Se, probablemente debido a la función que ejerce la vitamina B12 en la formación de dimetil selenito y otros productos de excreción del Se (Ammerman and Goodrich, 1983).

#### **3.3.3.12. Iodo (I).**

El nivel máximo de tolerancia de I en la dieta ha sido establecido en 50 ppm para ganado bovino, siendo este nivel indeseablemente alto en la leche (NRC, 1980).

### **3.3.4. Requerimiento de minerales y suplementación mineral.**

Soares y Lever (1978) enlistaron la información requerida por la industria de mezclas minerales con el propósito de elaborar suplementos específicos para la ganadería. Estos son: 1) Estudios que determinen las deficiencias específicas de minerales en las áreas geográficas donde se encuentre la mayor población ganadera. 2) Estudios sobre todo tipo de enfermedades que podrían afectar al ganado en esa zona geográfica y que permitan un diagnóstico diferencial entre una deficiencia mineral y otro tipo de enfermedad. 3) Medios y métodos de administración de suplementos minerales que garanticen un consumo mínimo, que permita prevenir deficiencias y mejore la productividad. 4) Fórmulas que permitan un aporte suficiente de cada mineral y eviten una interacción negativa entre éstos. 5) Diferenciación de requerimientos de los minerales en las diferentes épocas del año. 6) Determinación de zonas o sitios donde existan posibles excesos de minerales que provoquen deficiencias de otros minerales o toxicidad de éstos.

Muchos factores afectan los requerimientos de minerales de rumiantes en pastoreo. Entre ellos se incluyen tipo y nivel de producción, edad y forma química del elemento en el alimento, interrelación con los otros minerales, consumo de suplemento mineral, raza y adaptación del animal. Los requerimientos de minerales dependen del nivel de la productividad (McDowell et al. 1984). Los requerimientos mínimos de minerales (NRC, 1984) para ganado bovino de carne no son los niveles requeridos para máxima productividad. Los niveles críticos de tolerancia (NRC, 1980) indican los niveles de cada mineral que provocan una intoxicación o el nivel al que afectan la utilización de otros minerales.

Muller et al. (1977) determinaron que existe poca evidencia de un apetito específico por minerales o vitaminas ofrecidas en forma individual y a libre acceso. Sugieren que es posible un consumo específico debido a la palatabilidad del suplemento más que a un requerimiento específico del mineral. Concluyeron que suministrar minerales y vitaminas en mezclas de alimento completo es un método más seguro de garantizar un consumo de estos nutrientes.

La sal común prácticamente es puro cloruro de Na y el suplemento mineral más utilizado en la suplementación de rumiantes en pastoreo. Es singular debido a sus características de palatabilidad y que con facilidad pueden los animales cubrir los requerimientos. Además, la sal puede ser utilizada como vehículo de otros elementos minerales o aditivos y para regular el consumo de los suplementos (Church, 1989).

Morris et al. (1980) probaron el efecto de la sal sobre la reproducción y la lactancia de vacas Herdford pastoreando praderas del estado de California, E.U.A., y no encontraron diferencias significativas en el desempeño de estos parámetros productivos durante un periodo de dos años. Llegaron a la conclusión de que la suplementación de sal a libre acceso y un consumo considerable de ésta no mejoró el desempeño reproductivo, apariencia general o condición corporal, a pesar de que los forrajes en período de

crecimiento vegetativo y en período de dormancia contenían niveles de Na menores al nivel crítico (0.08 ppm) establecido por McDowell et al. (1984).

La tabla 1 enlista los niveles críticos de deficiencia y los requerimientos de rumiantes en pastoreo.

**Tabla 1**  
**Nivel crítico de deficiencia y el requerimiento de minerales de rumiantes en pastoreo.**

<b>Elemento mineral</b>	<b>Nivel crítico</b>	<b>Requerimiento</b>
Calcio (Ca), %	0.30	0.18-0.54
Fosforo (P), %	0.25	0.18-0.38
Magnesio (Mg), %	0.2	0.05-0.25
Potasio (K), %	0.7	0.5-0.8
Sodio (Na), %	0.08	0.06- 0.18
Cobre (Cu), ppm	10.0	4-10
Hierro (Fe), ppm	50.0	20-50
Manganeso (Mn), ppm	40.0	20-40
Zinc (Zn), ppm	30.0	20-40
Cobalto (Co), ppm	0.1	0.1
Selenio (Se), ppm	0.1	0.1-0.2

1) Nivel crítico de deficiencia (NRC, 1984).

2) Requerimiento de rumiantes en pastoreo (McDowell et al. 1984).

### **3.4. Procedimientos de laboratorio para la cuantificación de minerales en las plantas, suelo y tejido animal**

#### **3.4.1. Métodos utilizados para determinar el perfil mineral de tejido vegetal.**

AOAC (1990) describen los procedimientos de muestreo, preparación de las muestras y diferentes técnicas utilizadas para determinar el perfil mineral de tejido vegetal. Entre estas técnicas se encuentran métodos espectrográficos, espectrofotometría de absorción atómica, emisión plasma y métodos individuales de análisis de metales.

Fick et al. (1979) describen los procedimientos que debe utilizarse para tomar, moler y solubilizar muestras. Además, enlistan el material y equipo que se utilizará en la determinación de perfiles minerales por medio de espectrofotometría de absorción atómica de flama y horno de grafito.

#### **3.4.2. Técnicas de muestreo de suelos y determinación del perfil mineral de suelo.**

Técnicas para determinar la fertilidad del suelo son descritas con detalle por Bahía y Adams (1978). Mencionan que la mayor fuente de error en el análisis de suelos es el muestreo en el campo y que la muestra que se obtenga sea representativa del área a evaluar. En un área de 3 a 5 hectáreas la muestra compuesta debe ser elaborada por 20 muestras simples. La profundidad de la muestra de suelo debe ser de aproximadamente 20 cm.

Volkweiss y Rodríguez (1978) mencionan varios factores que se deben considerar en la extracción de elementos minerales del suelo. Estos autores mencionan que para realizar un estudio adecuado de las propiedades del suelo que afectan la disponibilidad de los

elementos minerales para las plantas, se debe considerar no sólo aquellos que determinan la concentración de estos en la solución del suelo sino también aquellos que afectan el movimiento de estos en la solución en dirección a las raíces.

### **3.4.3. Métodos utilizados para determinar el perfil mineral de tejidos de origen animal**

McDowell et al. (1984) enlista los tejidos de origen animal que deberían analizarse para determinar las deficiencias que podrían estar presentes en los rumiantes en pastoreo. Recomiendan analizar suero para determinar la posible deficiencia o exceso de Ca, Mg, Cu, Se y Zn; analizar hígado para deficiencias de Co, cobre Cu, Mn y Se; hueso para Ca, P y F; y saliva para Na.

La mayoría de los grupos científicos consideran que el P inorgánico en el suero sanguíneo es suficientemente sensitivo y recomiendan para diagnosticar las deficiencias de P. Sin embargo, el Comité de Nutrición Mineral de los Países Bajos (Netherlands Committee on Mineral Nutrition) recomienda el análisis de los forrajes debido a que los estudios han demostrado que puede obtenerse una información más detallada y útil. Es aparente que ambos, el P inorgánico en el suero sanguíneo y el análisis de los forrajes son efectivos en determinar el estado del P de los rumiantes en pastoreo. El Mg puede ser analizado con confianza en el suero y la orina. Comúnmente, la relación de Na a K en la saliva puede ser utilizado para diagnosticar una deficiencia de Na en el ganado. Se ha sugerido que los análisis de Na y K en la saliva pueden ser utilizados para diagnosticar una deficiencia de Na en el ganado. La relación normal de Na a K en la saliva es de 17.1:1 a 25:1 se sugiere que si esta relación es de 10:1 a 15:1, una deficiencia de Na puede estar presente. Una relación estrecha ha sido encontrada entre el contenido de cobre en el hígado y la concentración del mineral en el suero sanguíneo. Los animales son capaces de almacenar grandes cantidades de Cu en el hígado. Normalmente los niveles de Cu en la

sangre no indican el tamaño de las reservas de Cu en el hígado. Sin embargo, el Cu en el hígado permiten una evaluación de la situación actual y permite estimar las reservas de cobre las cuales están disponibles para futuros periodos críticos. Por lo tanto, el contenido de Cu del hígado dará una información más detallada y digna de confianza sobre el estado de mineral en los animales, más que aquellos valores obtenidos de la sangre (Conrad y Avila, 1978).

El contenido de Co de los pastos es de gran ayuda en la determinación del estado de Co de los animales. Bajo la mayoría de las condiciones, pastos con valores promedios de 0.1 ppm de Co o más, suministran suficiente Co para prevenir una deficiencia y niveles consistentemente menores de 0.08 ppm pueden predecir una deficiencia de este mineral. Muchos estudios indican que los niveles de Co en el hígado del ganado y oveja, menores de 0.1 ppm en base a materia seca son deficientes, mientras que niveles entre 0.15 y 0.3 ppm son normales para animales saludables. La concentración de Vitamina B<sub>12</sub> en el hígado es más sensitiva y digna de confianza que la concentración de Co en el hígado. La vitamina B<sub>12</sub> contiene 4% de Co y es función principal de este elemento mineral la síntesis de esta vitamina. El análisis de Fe y el I en la leche ha sido utilizado con éxito para determinar el estado del Fe en vacas lactando. El contenido de Mn en la dieta es el factor más indicativo del estado de Mn de los rumiantes en pastoreo. La corteza del riñón y el hígado son los indicadores más sensitivos del estado del animal y la concentración de Se en estos órganos puede proveer un valioso criterio para diagnóstico. El Zn puede ser cuantificado en el plasma, suero, pelo y hueso pero la determinación de este mineral en la dieta tiene el más grande valor en la deficiencia de Zn (Conrad y Avila, 1978).

Silva y Fick (1978) resumen los procedimientos para obtener muestras de tejido animal y determinar en estos la concentración de minerales. Describen los diferentes procedimientos para preparar las muestras y en especial, la digestión húmeda y la incineración.

Fick et al. (1979) describen con detalle los métodos de muestreo, preparación de las muestras y procedimiento y equipo utilizado en la cuantificación de minerales.

#### **3.4.4. Determinación de P por métodos colorimétricos.**

Fick et al. (1979) describen dos métodos colorimétricos para determinar P. El primero es aquel denominado como método A y el otro método es B, desarrollado por Harris (1954) muy similar al método A, pero modificado con el propósito de proveer una mayor pendiente dentro del rendimiento de la curva estandar y un aumento en la estabilidad de los reactivos.

#### **3.4.5. Evaluación cuantitativa de minerales por espectrofotometría de absorción atómica de flama.**

Fick et al. (1979) describen el principio de la espectrofotometría de absorción atómica (EAA) y menciona que es similar al de espectrofotometría de emisión, excepto que se mide la energía que absorben los átomos en vez de medir la energía que estos emiten. En la técnica de emisión de flama, la muestra se eleva a un estado alto de energía (excitación) y se mide la intensidad de la radiación que emiten los átomos cuando estos regresan al estado mínimo de energía. En absorción atómica se lleva a cabo el proceso inverso; el elemento de interés en la muestra no se excita, sino simplemente se disocia de sus enlaces químicos y se coloca en un estado no excitado, no ionizado y en su estado mínimo de energía. En estas condiciones el elemento es capaz de absorber radiación externa que es la que se mide. Cada elemento tiene su propio espectro de emisión y absorción que es característico. Las energías de emisión y absorción no siempre tienen la misma longitud de onda. La radiación con longitud de onda en donde ocurre emisión y absorción son útiles en absorción atómica y se conocen como líneas de resonancia.

La técnica de análisis por absorción atómica utiliza la energía de emisión y la de absorción. Generalmente, se usan lámparas de cátodos huecos como fuentes de luz o energía en las cuales el cátodo está fabricado o revestido por el elemento que se va a analizar. Los átomos que están químicamente disociados y en su estado mínimo de energía absorben la radiación emitidas en líneas discretas. El grado de absorción es proporcional a la concentración del elemento en la muestra aspirada. Detectores electrónicos miden el cambio en la cantidad de luz o energía que ha pasado a través de la llama. Las señales que se obtienen de los detectores se pueden expandir y aparecen, según el tipo de instrumentación, como porcentaje de absorción, unidades de absorbancia, directamente en concentración o en forma de picos utilizando un registrador (Beatty, 1988).

Beatty (1988) describe el proceso por el cual se realiza la absorción atómica de la siguiente manera: la absorción atómica es la medida de la cantidad de luz a una longitud de onda de resonancia que se absorbe al pasar la luz a través de una nube de átomos. Al incrementarse el número de átomos que pasan por la luz, la cantidad de luz absorbida aumenta en una manera predecible. Al medir la cantidad de luz absorbida, una determinación cuantitativa de la cantidad del elemento analizado puede realizarse. El uso de fuentes específicas de luz y longitudes de onda cuidadosamente seleccionadas permiten la determinación cuantitativa de elementos individuales en presencia de otros.

La nube de átomos requerida para medir absorción atómica es producida al proporcionar suficiente energía térmica para que los compuestos químicos de la muestra se disocien en átomos libres. Aspirando la solución de la muestra dentro de una flama alineada a un haz de luz, sirve a este propósito. Bajo una flama determinada, la mayoría de los átomos permanecerán en un forma de un estado pasivo y son capaces de absorber luz a la longitud de onda analítica procedente de la lámpara (Beatty, 1988).

### **3.4.6. Evaluación cuantitativa de minerales por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.**

La técnica de absorción atómica más avanzada y de mayor sensibilidad es la absorción atómica con horno de grafito. En esta técnica, un tubo de grafito se encuentra localizado en el compartimiento del espectrofotómetro de absorción atómica con luz que pasa a través de éste. Una pequeña cantidad de muestra es cuantitativamente colocada dentro del tubo. El tubo es entonces calentado con una temperatura secuencialmente programada hasta que el elemento en la muestra es dissociado en átomos y la absorción atómica ocurre. A medida que los átomos son creados y difundidos fuera del tubo, la absorbancia se eleva y cae en una señal en forma de cima. La altura de la cima es utilizada como la señal analítica para la cuantificación. Los límites de detección para el horno de grafito llega al rango de  $\text{ng/L}$  para la mayoría de los elementos minerales (Beaty, 1988).

### **3.4.7. Evaluación cuantitativa de minerales por emisión plasma.**

Absorción atómica es una técnica analítica madura, muy versátil y capaz de determinar un gran número de elementos bajo un rango amplio de concentraciones. Sin embargo, hay técnicas que compiten o complementan con absorción atómica bajo ciertas circunstancias (Beaty, 1988).

Plasma de inducción acoplada (ICP) es una fuente excitable, relativamente nueva en emisión espectrométrica. Plasma, por definición, son gases en los cuales una fracción significativa de los átomos o moléculas se ionizan. El ICP se produce al pasar inicialmente gas de argón ( $\text{Ar}_2$ ) a través de una antorcha de cuarzo localizada dentro de una tubería de cobre y conectado a un generador de radio frecuencia. La corriente alta de frecuencia que fluye por la tubería de cobre genera un campo magnético alrededor de

la tubería. Los electrones y iones positivos que pasan a través del campo electromagnético oscilatorio tiene una rotación a un grado acelerado dentro del espacio del tubo de cuarzo. La colisión entre los electrones y los iones, y el gas de argón deionizado que se genera causa mayor ionización. La colisión ocasiona la generación de calor con temperaturas que van de 6,000 a 10,000 grados K. Un nebulizador que atraviesa el flujo, introduce la solución muestra al plasma. Los elementos en la muestra (iones y átomos) emiten sus características radioactivas. La intensidad de estas radiaciones se miden con un policromatógrafo controlado por una computadora (Soltanpour et al., 1979).

Las altas temperaturas generada por la flama de argón en ICP provee una sensibilidad excelente para elementos refractarios y es esencial en eliminar interferencias químicas. Como todas las técnicas de emisión, no se utilizan lámparas. Por medio de un monitoreo de varias longitudes de onda, todas a la vez o en forma secuencial, muchos elementos minerales pueden ser determinados en un solo análisis automatizado. Emisión ICP ofrece por lo tanto, una significativa ventaja en velocidad sobre absorción atómica para análisis de multielementos. Emisión ICP es mejor técnica que absorción atómica de flama u horno de grafito en la detección de elementos refractarios. Con relación a los límites de detección, emisión plasma es comparable a la espectrofotometría de absorción atómica de flama, más no a AA con horno de grafito (Beaty, 1988).

Jones (1977) utilizó emisión plasma para analizar simultáneamente elementos de extractos de suelo y cenizas de tejido vegetal. Concluyó que ICP-OES es al menos tan sensitiva y precisa como la espectrofotometría de absorción atómica de flama (AAS de flama) para analizar soluciones de multi-elementos. Dahlquist y Knoll (1978) condujeron un estudio muy comprensivo en el uso de ICP-OES para analizar material biológico y suelos para determinar elementos mayores, traza y ultra-traza. Concluyeron que ICP-OES es favorablemente comparable a AAS de flama debido a su ventaja en su desempeño como analizador simultáneo de multi-elementos. Olivares (1987) utilizó ICP

en la cuantificación de P, Ca, Mg, Zn, B, Mn, Cu, Fe y Al en muestras de alfalfa. El propósito principal de la investigación era determinar las diferencias fisiológicas en poblaciones de alfalfa seleccionadas para alta y bajo concentración de P. Debersaques et al. (1988) obtuvieron resultados que indicaron que la determinación de minerales por espectrometría de emisión plasma aporta resultados muy similares a los métodos tradicionales, teniendo precisión, rapidez y un amplio límite de detección. De acuerdo a estos autores, los minerales que se pueden analizar en forma simultánea pueden ser hasta 10. Entre estos están el Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn y Mn. Además, mencionan que otros minerales como el Co, Ni y Se se deben determinar en forma individual o por otros métodos.

#### **3.4.8. Espectrometría de masas por plasma de inducción acoplada (ICP-MS).**

Es una técnica analítica que promete muchas ventajas comparada a las técnicas que actualmente dominan el análisis de elementos en forma individual o de multielementos.

Para ICP-MS, ICP es utilizada como una fuente de iones para una espectrometría de masas. Los iones son separados espacialmente de acuerdo a su masa y carga para después medirlos individualmente (Beaty, 1988).

El mayor atractivo en ICP-MS es su sensibilidad excepcional combinada con alta velocidad de análisis. Para la mayoría de los elementos, ICP-MS ofrece límites de detección que son comparables a la espectrometría de AA con horno de grafito. Sin embargo, ICP-MS puede determinar muchos elementos en el tiempo requerido para determinar la concentración de un solo elemento por AA con horno de grafito (Beaty, 1988).

## CAPITULO 4

### MATERIALES Y METODOS

#### 4.1. Estrategia general de muestreo de las diferentes zonas geográficas y/o sitios.

La primera parte de este estudio, considera el muestreo de las especies forrajeras de 114 ranchos de cuatro estados o regiones del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995. Además, 217 muestras se obtuvieron durante este periodo con el propósito de evaluar el perfil mineral. En la segunda parte, se analiza la información obtenida de 66 muestras procedentes de cuatro ranchos de la región litoral centro y sur del estado de Tamaulipas, durante el periodo de lluvias de 1993 y periodo de sequía de 1994.

Debido a que el propósito del estudio era obtener un muestreo representativo de las especies forrajeras de las zonas a evaluar y del estado vegetativo en el cual se ofrece el forraje al ganado, se solicitó el apoyo técnico de los consultores de uniones, asociaciones ganaderas locales y particulares que realizan consultoría constante en los ranchos donde se realizaría la recolección de las muestras.

Es importante aclarar que la selección de las especies forrajeras muestreadas se delimitó a la dominancia o exclusividad de éstas en los ranchos muestreados.

La Tabla 2 enlista los estados, número de municipios, número de ranchos y número de muestras consideradas en este estudio.

Los cuatro estados o regiones consideradas en este estudio son: 1) el estado de Tabasco, 2) el estado de Campeche, 3) el norte del estado de Veracruz y 4) el litoral del estado de Tamaulipas.

Tabla 2

Estados o regiones, número de muestras por estado o región y número de municipios.

Estados o Regiones	Ranchos muestreados	Muestras del período de lluvias	Muestras del litoral de Tamaulipas	Municipios muestreados
Tabasco	50	95	-	11
Campeche	27	47	-	5
Norte de Veracruz	33	42	-	11
Litoral de Tamaulipas	4	33	66	2
<b>Totales</b>	<b>114</b>	<b>217</b>	<b>66</b>	<b>29</b>

Los municipios de cada estado o región que fueron considerados en este estudio se enlistan en la Tabla 3. Los municipios involucrados fueron 11 del estado de Tabasco, 5 del estado de Campeche, 11 del norte del estado de Veracruz y 2 del litoral del estado de Tamaulipas. También se obtuvieron muestras del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de sequía de 1994.

Tabla 3

Municipios de los estados o zonas geográficas involucrados en el estudio.

Tabasco	Campeche	Norte de Veracruz	Litoral de Tamaulipas
Balancan	Carmen	Gutierrez Zamora	Soto La Marina
Centro	Candelaria	Naranjos	Aldama
Comalcalco	Champoton	Ozuluama	
E. Zapata	Escarcega	Panuco	
Huimanguillo	Campeche	Tamiahua	
J. Mendez		Tantoyuca	
Jalapa		Tecolutla	
Macuspana		Tempoal	
Nacajuca		Tepetzintla	
Paraiso		Tihuatlan	
Tacotalpa		Tampico Alto	

Los nombres comunes y los nombres científicos de las especies forrajeras dominantes que fueron muestreados se enlistan en el Tabla 4. Mezclas de zacates nativos y/o introducidos, y leguminosa nativas fueron obtenidas cuando el sistema de pastoreo no consideraba solamente un monocultivo.

**Tabla 4**

**Especies forrajeras introducidas y nativas más comunes de Tabasco, Campeche, norte de Veracruz y zona litoral de Tamaulipas.**

Nombre Común	Nombre Científico
Aleman	<i>Echinochloa polystacha</i>
Insurgente o Brizantha	<i>Brachiaria brizantha</i>
Bermuda de la costa	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)
Cruza I	<i>Cynodon sp. hibrido</i>
Carretero	<i>Sorghum halepense</i> (L.)
Señal o Chontalpo	<i>Brachiaria decumbens</i>
Estrella	<i>Cynodon plectostachyus</i>
Gigante o zacate Napier	<i>Pennisetum purpureum</i>
Guinea o Zaconon	<i>Panicum maximum</i>
Humidicola	<i>Brachiaria humidicola</i>
Jaragua	<i>Hyparrhenia ruffa</i>
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>
Pará	<i>Brachiaria mutica</i>
Remolino o zacate Bahía	<i>Paspalum notatum</i>
Santo Domingo	<i>Cynodon dactylon</i> var. <i>Santo Domingo</i>
Taiwan	<i>Pennisetum purpureum</i>
Yaxcomel	desconocido aparentemente

Tabasco y Campeche tuvieron la mayor diversidad de especies forrajeras. Existen muchas otras especies forrajeras que en este escrito no se consideran. La especie subacuática llamada popularmente Yaxcomel es común en el sur-oeste de Campeche y no fué posible la determinación de su nombre científico. Se cultiva en los arrozales y es pastoreada en período de lluvias o con riego en un considerable número de ranchos. El zacate Estrella fué el más popular de las especies forrajeras obteniéndose 63 de 217

muestras colectadas durante el periodo de lluvias en los cuatro estados o regiones del litoral del Golfo de México.

Especies forrajeras como Estrella Africana, Pangola y Guinea es comun localizarlas en los cuatro estados o regiones. Otras, solo se muestrearon en una o dos zonas geográficas. La Tabla 5 relaciona a las especies forrajeras dominantes en cada estado.

**Tabla 5**

**Estados o regiones del litoral del golfo de México donde se obtuvieron las muestras de las mas abundantes especies forrajeras.**

<b>Nombre comun</b>	<b>Estado</b>
Aleman	Tabasco y Campeche
Insurgente	Tabasco y Campeche
Cruza I	Tamaulipas
Señal o Chontalpo	Tabasco, Campeche y Veracruz
Estrella	Tabasco, Campeche, norte de Veracruz y Tamaulipas
Gigante	Tabasco
Guinea o Zacatón	Tabasco, Campeche, norte de Veracruz y Tamaulipas
Humidícola	Tabasco y Campeche
Jaragua	Tabasco y Campeche
Pangola	Tabasco, Campeche, norte de Veracruz y Tamaulipas
Pará	Campeche y norte de Veracruz
Remolino	Tabasco y Campeche
Santo Domingo	Tamaulipas
Taiwan	Campeche y norte de Veracruz
Yaxcomel	Campeche

#### **4.2. Metodología de muestreo de forraje.**

La técnica de muestreo para el forraje fué aquella descrita por Fick et al. (1979) con algunas modificaciones que se consideraron necesarias y que serán aclaradas en esta

sección. La metodología descrita por estos autores es como se describe a continuación: en general, las muestras deberán ser tomadas dos veces por año en cada rancho o finca. Estos muestreos se deben realizar al final del período de lluvias y de sequía. Antes de realizar la toma de muestras, se debe observar cuidadosamente a los animales en pastoreo y recolectar en las áreas donde estos comen. En algunas ocasiones, es necesario seguir al animal en pastoreo y coleccionar las muestras con la mano para que representen lo que el animal consume. Obviamente, no se deben tomar muestras de forraje en áreas donde los animales no pastorean. Se deben de tomar muestras separadamente de las especies más importantes. Las muestras se pueden depositar en bolsas de tela para secarlas inmediatamente al aire o se pueden mantener en bolsas de plástico siempre y cuando se sequen en el horno dentro de pocas horas después de colectadas.

La muestra se debe cortar utilizando tijeras de acero inoxidable. La altura del corte de debe registrar y debe representar la altura a la que el animal pastorea. Se recomienda el uso de guantes de plástico cuando sea posible. Para muestrear la parte aérea de las plantas, seleccionar al azar diez o más sitios en el potrero, dependiendo del tamaño del potrero. Mezclar las muestras tomadas de diferentes sitios en una sola muestra que pese aproximadamente 400 g de materia fresca. Cuando existan grandes diferencias entre potreros, cada tipo de pastura o campo (tipo de suelo más vegetación) se deben de muestrear para establecer el porcentaje de cada una de las especies principales.

Las modificaciones que se realizaron se enlistan de la siguiente manera:

- 1) Se utilizaron guantes de plástico desechables en todo el muestreo. Cada muestra se tomó con un guante desechable que procedía de un envase plástico sellado y era eliminado inmediatamente después de realizada la actividad.
- 2) Las bolsas que se utilizaron para realizar el muestreo fueron de papel craft grueso debido a que este material permite la salida de humedad del forraje fresco.
- 3) Las bolsas eran selladas con grapas y se identificaban con información tal como: especie forrajera, rancho, sitio o potrero, municipio, estado, fecha y propietario.

4) Se utilizó para el muestreo tijeras de acero inoxidable y estas se limpiaban después de cada muestra con agua deionizada, limpiando por último con toallas de papel higiénicas.

5) La parte de la planta que era muestreada dependía de la especie forrajera y del sistema de pastoreo implementado en el rancho. Siempre se muestreaba el potrero que sería pastoreado por los animales al día siguiente puesto que este representaría realmente el forraje que comúnmente consumen los animales. El nivel al que se realizó el corte fué aquel recomendado por los expertos en el manejo de las praderas y considerando la parte de la planta que consume el animal. Además, tomar una muestra de un potrero donde están consumiendo los animales, implicaría tomar material contaminado con suelo, especialmente, considerando que el periodo en el que se tomó la mayoría de las muestras fué el de lluvias.

6) Para realizar la toma de muestras se consideró la continua asistencia de expertos en manejo de las especies forrajeras locales y sistemas de pastoreo. Esto es importante debido a que existen diversos sistemas de pastoreo de acuerdo a la especie forrajera.

Pastorear plantas sub-acuáticas o de zonas inundables es muy distinto a aquellas de zonas no inundables. Pastorear una planta amacollada es distinto a pastorear un zacate de guía o una pradera mixta de gramíneas y leguminosas.

7) Se realizó un muestreo considerando principalmente, las especies forrajeras predominantes del rancho, especialmente, monocultivos. La excepción se realizó en ranchos donde existía una biodiversidad como recurso forrajero.

8) Se tomaron muestras de forrajes de ranchos de los municipios de zonas geográficas involucradas en este estudio.

9) Se tomaron muestras de ranchos que el personal técnico de las Uniones y Asociaciones consideraban representativos de la ganadería regional y que preferentemente estuvieran aplicando tecnología de pastoreo intensivo.

### **4.3. Metodología de recuperación o dilución de minerales de los forrajes.**

El método utilizado para extraer o recuperar los minerales de los forrajes fue el descrito por Fick et al. (1979), cuando se determinó el perfil mineral por Espectrofotometría de Absorción Atómica y, la técnica descrita por AOAC (1990) cuando se determinó el perfil mineral por medio de Espectroscopia de Emisión Plasma.

La dilución de los minerales de las muestras obtenidas en los estados de Campeche, Tabasco y Veracruz durante el período de lluvias de 1995 y aquellas procedentes del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993 y sequía de 1994 se realizó en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Nuevo León.

#### **4.3.1. Preparación de las muestras antes de proceder a recuperar los minerales.**

- 1) Las muestras de forraje llegaron al laboratorio en bolsas de papel craft selladas con grapas con el propósito de evitar contaminación.
- 2) Fueron introducidas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55 grados centígrados por 12 horas.
- 3) Después de deshidratar las muestras, se procedió a dejarlas a medio ambiente por 48 horas.
- 4) Durante todo el proceso de preparación de las muestras se tomaron muchas medidas para evitar que se contaminaran. El molino que se utilizó fue un Willey de acero inoxidable con una malla de 1 mm. Las cribas eran también de acero inoxidable.
- 5) Cada vez que se procedía a moler una muestra, se limpiaba el molino con aire a presión y toallas de papel desechable.

6) El material molido fué colocado en envases de polipropileno con tapa para aislar el contenido del medio ambiente.

7) Las muestras molidas se identificaron con la siguiente información: estado o región, municipio, nombre del rancho, propietario, especie forrajera y fecha.

#### **4.3.2. La secuencia del método para diluir o recuperar los minerales de las muestras de forrajes descrito por Fick et al. (1979).**

1) Se utilizaron crisoles de buena calidad que tengan una superficie completamente lisa que no permita la adherencia de la materia inorgánica durante la solubilización o recuperación de los minerales o cuando se proceda a limpiar el material después del procedimiento.

2) Se secaron los crisoles a una temperatura de 100 grados centígrados por 2 horas. Esto fué necesario para pesar con precisión las muestras de forraje molido. Después fué necesario dejar enfriar durante 2 horas.

3) Se pesaron los crisoles con escala a cuatro decimales y se colocaron aproximadamente 5 g de forraje molido. Fué necesario hacer un duplicado de cada muestra.

4) El crisol y la muestra de forraje (alícuota) se pesaron juntos y se colocaron en una estufa a 100 grados centígrados por 16 hrs.

5) Posteriormente se dejó enfriar las muestras por aproximadamente 2 horas y se pesó la muestra y el crisol.

6) Se introdujeron los crisoles a una mufla u horno elevando lenta y progresivamente la temperatura a 500 grados centígrados durante 8 horas.

7) Finalmente, se sacaron los crisoles de la mufla y enfriaron 2 horas a medio ambiente.

8) Se pesaron los crisoles con las cenizas.

9) Se colocaron los crisoles en una plancha caliente para realizar una hidrólisis ácida de la muestra.

10) Se humedecieron las cenizas con unas gotas de agua deionizada y se adicionaron 5 ml de  $\text{HNO}_3$  al 50%.

11) Se procedió a evaporar la solución de  $\text{HNO}_3$  aproximadamente a la mitad de su volumen y se adicionó  $\text{HNO}_3$  al 10% hasta  $2/3$  partes del volumen del crisol.

12) El siguiente paso fue enjuagar la superficie interior del crisol con  $\text{HNO}_3$  al 10%.

13) Se evaporó la solución a un volumen no menor de 10 ml.

14) Se removió el crisol de la plancha caliente.

15) Se transfirió la solución de las cenizas a frascos volumétricos de 50 ml.

16) El filtro que se utilizó fue un Watman No.2.

17) Se vació la solución en el embudo con el filtro.

18) Se enjuagó el crisol con agua deionizada.

18) Se limpió el filtro ajustando además el volumen del frasco con agua deionizada (a 50 ml) mezclando posteriormente mediante inversión por lo menos 8 veces.

19) Se enjuagó el embudo y la punta del mismo al final del proceso para remover todo residuo de minerales.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**4.3.3. La secuencia del método para diluir o recuperar los minerales de las muestras de forrajes por el método descrito por AOAC (1990).**

1) Se pesó 1.0 g de muestra seca y molida dentro de un crisol de buena calidad.

2) Se colocó el material en la mufla u horno por dos horas a 500 grados centígrados.

3) Se dejó enfriar por 2 horas antes de realizar las diluciones o recuperaciones.

4) Se humedeció la muestra con 10 gotas de  $\text{H}_2\text{O}$  deionizada y cuidadosamente se colocó de 3-4 ml de  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) diluido 1-1 o al 50 %.

5) El exceso de  $\text{HNO}_3$  se evaporó colocando el crisol en una plancha caliente a una temperatura de 100-120 grados centígrados.

6) Se colocó de nuevo el crisol con las cenizas en la mufla durante una hora a 500 grados centígrados.

7) Se dejó enfriar el crisol de nuevo y se procedió a diluir la ceniza en 10 ml HCL (1-1) transfiriendo y filtrando el contenido del crisol a un frasco volumétrico de 50 ml.

8) El filtro que se utilizó fue un Watman No. 2.

#### 4.4. Equipo utilizado para determinar el perfil mineral de los forrajes.

Las determinaciones (lectura) del perfil mineral de las muestras procedentes del estado de Tabasco, Campeche y Nte. de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995 y todos los minerales de muestras del estado de Tamaulipas obtenidas del periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994, con excepción de Mo y Se, fueron realizadas utilizando un Espectroscopio de Emisión Plasma de tipo secuencial (ICP-ES: Induced Coupled Plasma Emission Spectroscopy).

La determinación de Se y Mo de las muestras obtenidas durante el periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994 en el litoral del estado de Tamaulipas fueron realizadas por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica en el Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los análisis de fósforo de las muestra obtenidas en la región litoral de Tamaulipas se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Control de Calidad de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nuevo León utilizando la técnica colorimétrica descrita y modificada por Fick et al. (1979).

#### 4.5. Determinación de pH de suelos de las cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México.

Se determinaron pH de suelos de los cuatro estados o regiones tomando las muestras a una profundidad de 15-25 cm. Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL utilizando un potenciómetro.

#### 4.6. Organización de la información obtenida en el laboratorio.

Los datos obtenidos de las 249 muestras de forraje fueron incorporadas a una hoja de cálculo denominada Excel con el propósito organizar la información y posteriormente transferirla al paquete estadístico denominado SPSS. El orden de la información se muestra en las Tablas 6 y 7:

**Tabla 6**

**Registro para las muestras de las cuatro regiones o zonas geográficas del período de lluvias de 1993 y 1995.**

Estado	Mpio	Rancho	Especie	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
--------	------	--------	---------	----	---	----	---	----	----	----	----	----

Tab

Camp

Vera

Tamps

Tabla 7

**Registro para las muestras del litoral del estado de Tamaulipas del período de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994.**

Periodo	Mpio	Rancho	Especie	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
De lluvia												
De sequía												

#### **4.7. Diseño experimental y análisis estadístico utilizados para evaluar la información obtenida en el laboratorio.**

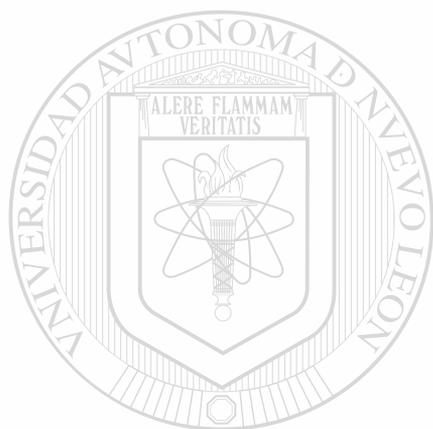
Los datos fueron analizados considerando los perfiles minerales del estado o región geográfica, municipios del estado o región y especies forrajeras muestreadas. Los programas para realizar los análisis estadísticos fueron proporcionados por el Departamento de Postgrado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los perfiles minerales obtenidos y ordenados en el paquete computacional denominado Excel fueron transferidos al programa estadístico SPSS con el propósito de analizar los datos bajo un diseño experimental, completamente al azar, con diferente número de repeticiones. Posteriormente las concentraciones promedio de minerales se compararon ( $P < 0.05$ ) por medio de la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Coefficientes de correlación se aplicaron a todos los minerales haciendo comparaciones entre estados, municipios y especies forrajeras. La información fue analizada con el programa estadístico SPSS.

Todas las medias obtenidas de los perfiles minerales fueron comparadas con los niveles críticos (NC). Estos niveles son las concentraciones de minerales inferiores a los

requerimientos mínimos (NRC, 1984) o superiores a los niveles tolerables que provocan intoxicaciones o interferencia en la utilización de otros minerales (NRC, 1980).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPITULO 5

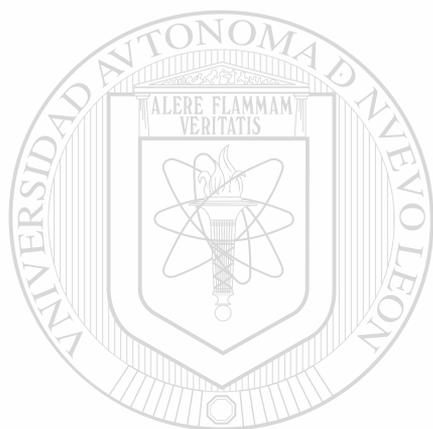
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 pH de suelos de cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995.

El pH de 93 muestras de suelo de cuatro regiones geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995 se consideran en la Tabla 8. De estas, veinticuatro son de Tabasco, veinticuatro de Campeche, treinta y uno de Veracruz y catorce de Tamaulipas. El rango de pH de las 93 muestras fué de 5.2 a 8.8. El promedio más alto se observó en Veracruz (7.6) y el promedio más bajo fué el de Tamaulipas (6.9). El promedio de Tabasco fué de 8.0 y el de Campeche de 7.2.

De acuerdo a Sánchez (1981), la mayoría de los suelos de los trópicos son ácidos y se puede generalizar con seguridad que una gran proporción de los trópicos ésta ocupada por suelos con valores de pH menor de 6.0. Además, menciona que América como región, tiene más suelos ácidos que Asia o Africa tropical. Algunas publicaciones contradicen esta aceveración y entre estas estan: Sarkar et al. (1994) que determinaron un pH de 7.5 a 7.6 en la provincia de Bengala oeste, India; Oegebe et al. (1995) determinaron un rango de 6.4 a 8.7 en el estado de Benue de Nigeria; Knebusch et al. (1988b) que obtuvieron un pH de 7.3 y Valdes et al. (1988b) que obtuvieron un promedio general de 7.0 en el departamento de Escuinla, en la costa sur del litoral de Guatemala. Sin embargo, otros investigadores han reportado valores bajos de pH en suelos de regiones tropicales de America, Asia y Africa. Algunas de estas investigaciones son: Kiatoko et al. (1982) determinaron un rango de pH de 4.2 a 5.5 en 4 regiones del estado de Florida, Prabowo et al. (1991) obtuvieron rangos de pH de 5.6 a 6.3 en tres

regiones de Indonesia, y Musalia et al. (1989), determinaron un pH promedio de 5.7 en la región occidental de Kenya.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 8**  
**pH de suelos de cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1996.**

<b>Parámetro</b>	<b>Tabasco</b>	<b>Campeche</b>	<b>Veracruz</b>	<b>Tamaulipas</b>
<b>Observaciones</b>	24	24	31	14
<b>Promedio</b>	8.0	7.2	7.6	6.9
<b>Desviación estandar</b>	1.77	0.86	0.29	0.07
<b>Rango</b>	7.4-8.8	5.2-8.4	7.0-8.0	6.7-7.0

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

## 5.2. Perfil mineral de forrajes del estado de Tabasco durante el período de lluvias de 1995.

El perfil mineral y el número de muestras deficientes de especies forrajeras que fueron obtenidas en el muestreo de 11 municipios del estado de Tabasco se muestran en las Tablas 9, 10, 11 y 12. Los análisis de varianza correspondientes a los resultados obtenidos en el estado de Tabasco se localizan en las Tabla 41 del Apéndice A. Los resultados considerados en éstas Tablas son de muestras procedentes de las principales especies forrajeras más abundantes del estado que fueron: zacate insurgente (*Braquiaria brizantha*), señal o chontalpo (*Braquiaria decumbens*), estrella (*Cynodon plectostachyus*), guinea o zacaton (*Panicum maximum*), pangola (*Digitaria decumbens*), humidicola (*Braquiaria humidicola*), pará (*Braquiaria mutica*), remolino (*Paspalum notatum*) y taiwan (*Pennisetum purpureum*).

El muestreo más intenso se realizó en los municipios de Balancán, Centro, Emiliano Zapata, Huimanguillo y Tacotalpa debido a la extensión territorial, la intensidad de su ganadería y, la disponibilidad y autorización para el muestreo (Tabla 9 y 10).

### 5.2.1. Promedio individual en cada municipio.

#### 5.2.1.1. Macrominerales.

Las concentraciones de macrominerales expresado en porcentaje se ilustra en la Tabla 9 e indican una deficiencia con relación a los  $Nc_d$  de P y K.

**Tabla 9**  
**Perfil de macrominerales de especies forrajeras de varios municipios del estado de Tabasco durante el período de lluvias de 1995.**

Municipio	n	Minerales, %						
		Ca	P	Mg	K	Na		
Balancan	26	0.39a	0.20bc	0.10b	0.56b	0.14ab		
Centro	14	0.26b	0.17c	0.05c	0.35b	0.12ab		
Comalcalco	3	0.33ab	0.32ab	0.08bc	0.47b	0.15ab		
E. Zapata	14	0.32ab	0.19bc	0.15a	0.96a	0.10ab		
Huimanguillo	14	0.26b	0.12c	0.08bc	0.24b	0.10ab		
J.Mendez	2	0.37ab	0.32ab	0.09bc	0.49b	0.16a		
Macuspana	4	0.29ab	0.19bc	0.14ab	0.50b	0.10ab		
Nacajuca	3	0.36ab	0.30ab	0.07bc	0.64ab	0.14ab		
Paraiso	4	0.37ab	0.34a	0.10bc	0.74ab	0.16ab		
Tacotalpa	9	0.28b	0.19bc	0.10bc	1.00a	0.09b		
Jalapa	2	0.32ab	0.23abc	0.09bc	0.70ab	0.08b		
Promedio		0.32	0.20	0.10	0.59	0.12		
Error estandar		0.01	0.01	0.01	0.05	0.01		
Nivel crítico <sup>1</sup>		0.3	0.25	0.2	0.7	0.08		
Requerimiento <sup>2</sup>		0.18-0.54	0.18-0.38	0.05-0.25	0.5-0.8	0.06-0.18		

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (%) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

Los únicos municipios donde se obtuvieron muestras que no eran deficientes en P fueron Comalcalco (0.32%), J. Mendez (0.32%), Nacajuca (0.3%) y Paraiso (0.34%), todos estos municipios localizados cerca de la costa del estado de Tabasco. Los forrajes de Huimanguillo (0.12%) fueron los más deficientes.

Con relación al K, los municipios donde se obtuvieron muestras de forraje que contenían una concentración mayor o igual al  $Nc_d$  fueron, Emiliano Zapata (0.96%), Paraiso (0.74%), Tacotalpa (1.0%) y Jalapa (0.7%). El promedio de las muestras obtenidas en los demás municipios fueron menores al  $Nc_d$  y por lo tanto deficientes. El nivel más bajo en K fué aquel determinado en el municipio de Huimanguillo (0.24%).

La concentración promedio de Na de diferentes especies forrajeras de los 11 municipios del estado de Tabasco no fueron deficientes. Los niveles más elevados de Na fueron aquellos procedentes de las especies forrajeras de Paraiso (0.16 %) y J. Mendez (0.16%), municipios localizados en el litoral del estado de Tabasco.

El Ca fué deficiente en 4 de 11 municipios considerando los promedios de los perfiles minerales. Los municipios, Centro (0.26%), Humanguillo (0.26%), Macuspana (0.29%) y Tacotalpa (0.28%) fueron deficientes y los niveles más bajos de Ca en el estado. El nivel más alto fué aquel obtenido con los forrajes del municipio de Balancan (0.39%).

Evaluando en forma individual, los municipios con forrajes mas deficientes en Mg fueron, Centro (0.05%), Comalcalco (0.08%), Huimanguillo (0.08%), J. Mendez (0.09%), Nacajuca (0.07%), Paraiso (0.1%), Tacotalpa (0.1%) y Jalapa (0.09%). Los tres municipios que registraron una concentración mayor de Mg en los forrajes fueron Balancan (0.1%), E. Zapata (0.15%) y Macuspana

(0.14%). Sin embargo, todos estos fueron menores al  $Nc_d$  (0.2%) y por lo tanto, deficientes.

#### **5.2.1.2. Minerales traza.**

La concentración de Cu en las especies forrajeras en los 11 municipios que se muestrearon en el estado de Tabasco tuvieron un rango de 3.8-7.9 ppm y no existiendo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre promedios por municipios.

El municipio donde se obtuvieron las muestras con menor concentración de Zn fué Jalapa (9.6 ppm) y Huimanguillo (28.3 ppm). Los demás municipios registraron una mayor concentración de Zn en los forrajes con relación al  $Nc_d$  (30 ppm).

Todos los promedios por municipios de Mn fueron menores al  $Nc_d$  (40 ppm), siendo el rango de 12.8 ppm (Centro) a 34.5 ppm (E. Zapata).

La concentración de Fe en los forrajes de la mayoría de los municipios fué menor que el  $Nc_d$  (50 ppm). El municipio con menor concentración de Fe en los forrajes fué Huimanguillo (9.6 ppm) y el de mayor concentración, Jalapa (35.2 ppm).

La comparación de medias determinó diferencias significativas entre los municipios de Tabasco para Zn, Mn y Fe (Tabla 10).

#### **5.2.2. Promedio general del estado y porciento de muestras deficientes.**

Los promedios generales de la concentración de macrominerales y minerales traza de 11 municipios del estado de Tabasco se enlistan en la Tabla

**Tabla 10**  
**Perfil de minerales traza de especies forrajeras de varios municipios del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995.**

Municipio	n	Minerales, ppm				
		Cu	Zn	Mn	Fe	
Balancan	26	6.0 <sup>a</sup>	45.5 <sup>ab</sup>	17.1 <sup>b</sup>	11.6 <sup>c</sup>	
Centro	14	5.0 <sup>a</sup>	35.0 <sup>ab</sup>	13.3 <sup>b</sup>	12.2 <sup>c</sup>	
Comalcalco	3	3.8 <sup>a</sup>	33.8 <sup>ab</sup>	22.5 <sup>ab</sup>	17.0 <sup>bc</sup>	
E. Zapata	14	5.2 <sup>a</sup>	30.9 <sup>b</sup>	34.5 <sup>a</sup>	26.0 <sup>ab</sup>	
Huimanguillo	14	3.8 <sup>a</sup>	28.3 <sup>b</sup>	14.9 <sup>b</sup>	9.6 <sup>c</sup>	
J.Mendez	2	4.8 <sup>a</sup>	59.3 <sup>ab</sup>	15.8 <sup>b</sup>	18.2 <sup>abc</sup>	
Macuspana	4	7.5 <sup>a</sup>	69.4 <sup>a</sup>	27.2 <sup>ab</sup>	16.6 <sup>bc</sup>	
Nacajuca	3	7.9 <sup>a</sup>	39.6 <sup>ab</sup>	12.8 <sup>b</sup>	19.5 <sup>abc</sup>	
Paraíso	4	7.9 <sup>a</sup>	69.9 <sup>a</sup>	19.0 <sup>ab</sup>	16.7 <sup>bc</sup>	
Tacotalpa	9	6.8 <sup>a</sup>	30.5 <sup>b</sup>	22.6 <sup>ab</sup>	16.4 <sup>c</sup>	
Jalapa	2	5.8 <sup>a</sup>	9.6 <sup>b</sup>	---	35.2 <sup>a</sup>	
Promedio		5.6	38.9	19.9	15.4	
Error estándar		0.4	3.3	2.3	1.0	
Nivel crítico <sup>1</sup>		10	30	40	50	
Requerimiento <sup>2</sup>		4-10	20-40	20-40	20-50	

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

9 y 10. Estos fueron determinados considerando 95 muestras u observaciones individuales.

Las muestras deficientes en todos los municipios, expresadas en porcentaje, se consideran en las tablas 11 y 12. Estos porcentajes son obtenidos de los valores individuales de todas las muestras del estado de Tabasco.

#### 5.2.2.1. Macrominerales.

El promedio general de las medias obtenidas en la concentración de Mg (0.1%), P (0.2%) y K (0.59%) en los once municipios de Tabasco fueron menores al  $N_{cd}$  de cada uno de estos minerales. El Ca (0.32%) y Na (0.12%) excedieron este nivel. De acuerdo a Conrad y Avila (1978), el 69 % de las 1128 especies forrajeras consideradas en las Tablas de composición de alimentos para America Latina de McDowell et al. (1974) contienen más de 0.3% de Ca, siendo estos datos, muy similares a aquellos obtenidos en este estudio.

Los resultados obtenidos indicaron que el 49.5, 72.6, 92.6, 72.6 y 31.6% de las muestras fueron deficientes en Ca, P, Mg, K y Na, respectivamente.

En contraste con el P, el K se encuentra comparativamente en mayor concentración en la mayoría de los suelos, excepto aquellos de naturaleza arenosa. Sin embargo, el K que se encuentra en el suelo en forma disponible puede ser muy pequeña. La mayor parte del K que se pierde del suelo se debe principalmente a un lavado por una gran precipitación pluvial y en especial en suelos arenosos (Brady, 1990). Además, de acuerdo a McDowell et al. (1984), es posible que las deficiencias de K se presenten en regiones tropicales ya que el contenido de este mineral disminuye con la madurez del forraje. Korkmaz et al. (1994) observaron incrementos de la concentración de K en

Tabla 11

Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras de varios municipios del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995.<sup>1</sup>

Municipios	n	Macrominerales				
		Ca	P	Mg	K	Na
Balancan	26	30.8	76.9	92.3	85.0	26.9
Centro	14	64.3	78.6	100.0	92.9	28.6
Comalcalco	3	33.3	0	100.0	100.0	33.3
E. Zapata	14	64.3	71.4	85.7	42.9	35.7
Huimanguillo	14	71.4	85.7	92.9	92.9	50.0
J.Mendez	2	50.0	50.0	100.0	100.0	50.0
Macuspana	4	50.0	100.0	75.0	75.0	25.0
Nacajuca	3	0	33.3	100.0	66.7	33.3
Paraíso	4	25.0	0	100.0	50.0	0
Tacotalpa	9	55.6	88.9	88.9	33.3	33.3
Jalapa	2	50.0	100.0	100.0	50.0	0
Promedio		49.5	72.6	92.6	72.6	31.6

<sup>1</sup> Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Ca (0.3%), P (0.25%), Mg (0.2%), K (0.7%) y Na (0.08%).

leguminosas en ciertos periodos del año, contrario a las gramíneas que tuvieron concentraciones decrecientes todo el año con una mayor edad de la planta.

El nivel de K en regiones tropicales es importante ya que el requerimiento de bovinos en pastoreo, especialmente en clima caluroso, es mucho mayor que el Nc<sub>d</sub> (McDowell et al., 1984).

#### 5.2.2.2. Minerales Traza.

Los minerales traza más deficientes de acuerdo a estos promedios generales (Tabla 10) y comparandolos con los Nc<sub>d</sub> fueron: Cu (5.6 ppm), Zn (38.9 ppm), Mn (19.9 ppm) y Fe (15.4 ppm).

El porciento de muestras deficientes en minerales traza se enumeran en la Tabla 12. El Cu y Mn fueron deficientes en 89.5 % del total de muestras colectadas en los 11 municipios del estado de Tabasco y así considerandose con el Fe, los minerales traza más deficientes. Varias investigaciones realizadas en Guatemala han indicado a estos minerales traza como los más deficientes en las especies forrajeras de ese país (Knebusch et al., 1988b; Valdes et al., 1988b). El porciento de muestras deficientes de Zn fué de 54.7%.

La deficiencia de Fe en todos los municipios de Tabasco considerando los promedios por municipio y el porciento de muestras deficientes (96.8%) en todo el estado, indican una deficiencia marcada en el periodo de lluvias que podría promover signos clínicos bajo ciertas circunstancias, especialmente aunado a una deficiencia extrema de Cu durante el periodo de lluvias (Tabla 10 y 12).

Sin embargo, Ammerman y Goodrich (1983) mencionan que los concentrados y forrajes generalmente tienen niveles adecuados de Fe para reunir los requerimientos de los bovinos en pastoreo. Además, menciona que un nivel de 30 a 40 ppm de Fe en la materia seca ingerida será suficiente para optimizar ganancias de peso. Underwood (1977) menciona que no se ha demostrado una deficiencia de Fe en animales en pastoreo, en el cual este elemento mineral es el principal factor limitante. No es frecuente que ocurra una deficiencia de Fe en ganado adulto, a menos que el animal este expuesto a una parasitosis o enfermedades que destruyan o provoquen pérdidas de los componentes sanguíneos (McDowell et al., 1984).

Una reducción del drenaje y control de la humedad puede influir en la solubilidad de los minerales traza en los suelos. Al mejorar el drenaje de los suelos ácidos, se promoverá la formación de las formas oxidadas de Fe y Mn, menos solubles bajo ciertas condiciones ácidas y por lo tanto menos disponibles. Veinticuatro muestras de suelo procedentes de 22 ranchos de 9 municipios de Tabasco tuvieron un rango de pH de 7.4 a 8.8 (promedio de 8.0), lo que se puede considerar como suelos alcalinos conteniendo formas oxidadas de Fe y siendo probablemente, la causa de niveles bajos de este mineral en las especies forrajeras de Tabasco. En contraste con estos resultados, Tejada et al. (1987) determinaron niveles superiores al  $N_{cd}$  de Fe (50 ppm) en todas las muestras de especies forrajeras de las regiones ganaderas de Guatemala y períodos del año (lluvias y sequía), considerando los niveles altos en Fe a valores bajos de pH de suelos (5.7). Aun mayores concentraciones promedio de Fe fueron obtenidas de muestras de forrajes en Guatemala por otros investigadores (Knebusch et al. 1986b; Valdes et al. 1988b), relacionando la variabilidad en la concentración con el pH del suelo.

**Tabla 12**  
**Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras de varios municipios del estado de Tabasco durante el período de lluvias de 1995.**

Municipios	n	Minerales Traza				
		Cu	Zn	Mn	Fe	
Balancan	26	84.6	53.8	88.5	100.0	
Centro	14	92.9	50.0	100.0	100.0	
Comalcalco	3	100.0	33.3	100.0	100.0	
E. Zapata	14	85.7	64.3	71.4	85.7	
Huimanguillo	14	100.0	71.4	100.0	100.0	
J. Mendez	2	100.0	0	100.0	100.0	
Macuspana	4	75.0	25.0	100.0	100.0	
Nacajuca	3	100.0	33.3	100.0	100.0	
Paraiso	4	75.0	25.0	100.0	100.0	
Tacotalpa	9	88.9	66.7	66.7	88.9	
Jalapa	2	100.0	100.0	100.0	100.0	
Promedio		89.5	54.7	89.5	96.8	

† Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Cu (10 ppm), Zn (30 ppm), Mn (40 ppm) y Fe (50 ppm).

Las formas reducidas del Fe son mucho más disponibles para la planta. Estas podrían ser dominantes en el período de lluvias en el trópico húmedo y reducir la probable incidencia de deficiencias clínicas de Fe. La interacción de la acidez y la aereación del suelo determinan la disponibilidad de los micronutrientes. Los micronutrientes catiónicos son más disponibles bajo condiciones de drenaje restringido o suelos inundados (Brady, 1990).

### **5.3. Perfil mineral de forrajes del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995.**

Los resultados obtenidos de las 42 muestras de especies forrajeras de 27 ranchos de 5 municipios del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995 se muestran en las Tablas 13, 14, 15 y 16. Los macrominerales y minerales traza analizados fueron los mismos que en el estado de Tabasco. Los análisis de varianza de los resultados obtenidos en el estado de Campeche se muestra en la Tabla 42 del Apéndice A.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

#### **5.3.1. Promedio individual de cada municipio.**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

##### **5.3.1.1. Macrominerales.**

En base a las concentraciones obtenidas, se puede considerar al P como el mineral más deficiente en las especies forrajeras del estado de Campeche. El nivel más bajo fué registrado en el municipio de Candelaria y fué en extremo deficiente (0.09%) comparado con el  $Nc_d$  (0.25%). El nivel más alto fué aquel obtenido de muestras del municipio de Champoton (0.23%).

Una deficiencia de Ca se determinó solamente en el promedio obtenido de las muestras procedentes del municipio del Carmen (0.27%). Los demás municipios tuvieron promedios más altos que el  $Nc_d$  (0.3%). Fick et al. (1978) citan una publicación donde se confirma la deficiencia de Ca en especies forrajera en México. De acuerdo a Minson (1990), los forrajes de clima templado contienen por lo general más Ca que los forrajes tropicales. Además, menciona que el rango de la concentración de Ca obtenida a partir de publicaciones científicas de varios países del mundo fué de 0.1 a 4.0 % con una media de 0.9%. De 1263 muestras, el 31% contenían menos de 0.3% de Ca por kg de MS. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran deficiencias de Ca en los forrajes introducidos del trópico Mexicano. Gomide y Zometa (1978) citan diversas publicaciones con resultados que indican concentraciones menores de Ca que el  $Nc_d$  (0.30) obtenidas de diferentes especies forrajeras y diferentes países del mundo.

Todos los municipios registraron concentraciones de Mg menores al  $Nc_d$ , siendo Candelaria (0.07%), el municipio con el nivel más bajo. Los resultados obtenidos en los demás municipios estuvieron en el estrecho rango de 0.1 a 0.11 %. Un bajo nivel de Mg en la dieta no es el único factor que define la disponibilidad de Mg para los rumiantes en pastoreo. Otros factores pueden estar involucrados en la disponibilidad de Mg, siendo los más importantes, la presencia de altos niveles de K y Na en la dieta. La transferencia a la corriente sanguínea del Mg liberado de los alimentos es inhibida con la presencia de elementos o compuestos que reducen su solubilidad y absorción (Minson, 1990).

La concentración de K de las especies forrajeras obtenidas en todos los municipios de Campeche fueron mayores que el  $Nc_d$  con excepción de

Tabla 13

Perfil de macrominerales de especies forrajeras de varios municipios del estado de Campeche durante el periodo de lluvias de 1995.

Municipio	n	Minerales, %					
		Ca	P	Mg	K	Na	
Campeche	10	0.30 <sup>a</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.10 <sup>a</sup>	1.22 <sup>a</sup>	0.14 <sup>a</sup>	
Candelaria	5	0.38 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	
Carmen	6	0.27 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.82 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	
Chantponton	6	0.31 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	1.27 <sup>a</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	
Escarcega	20	0.34 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	0.13 <sup>ab</sup>	
Promedio		0.33	0.17	0.10	0.92	0.11	
Error estandar		0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	
Nivel crítico <sup>1</sup>		0.3	0.25	0.2	0.7	0.08	
Requerimiento <sup>2</sup>		0.18-0.54	0.18-0.38	0.05-0.25	0.5-0.8	0.6-0.18	

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (%) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

Candelaria (0.61%). Los niveles más altos fueron obtenidos de forrajes procedentes de los municipios de Campeche (1.22%) y Champoton (1.27%).

El nivel más deficiente en Na fué aquel obtenido de Candelaria (0.05%) y el único promedio menor al  $Nc_d$ . El más alto fué el municipio de Campeche (0.14%).

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre municipios cuando se compararon medias al analizar P y Na. Con Ca, Mg y K no se determinaron diferencias significativas (Tabla 13).

#### 5.3.1.2. Minerales Traza.

Todos los promedios de Cu obtenidos por municipio fueron menores al  $Nc_d$ . Los valores fueron de 5.4, 4.2, 4.7, 4.7 y 4.6 ppm de las muestras de Campeche, Candelaria, Carmen, Champoton y Escarcega, respectivamente.

Con relación al Zn, los municipios donde fueron determinados niveles menores al  $Nc_d$  fueron: Candelaria (20.1 ppm) y Champoton (25.0 ppm). Los resultados obtenidos en los municipios de Campeche, Carmen y Escarcega fueron mayores que el  $Nc_d$ . De acuerdo a Pfander (1971), la concentración de elementos minerales en las plantas de diversas partes del mundo, es dependiente de las interacciones de numerosos factores que incluyen el suelo, la especie vegetal, estado de madurez, producción del forraje y clima. La mayoría de las deficiencias de minerales están directamente relacionadas a una zona geográfica específica y características del suelo. Formaciones geológicas, jóvenes y alcalinas, son más abundantes en la mayoría de los minerales traza. En regiones tropicales, con alta precipitación pluvial y elevada temperatura ambiental se desarrolla una eliminación o lavado de minerales provocando una

Tabla 14

Perfil de mineral traza de especies forrajeras de varios municipios del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995.

Municipio	n	Minerales, ppm				
		Cu	Zn	Mn	Fe	
Campeche	10	5.4 <sup>a</sup>	36.0 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	44.3 <sup>a</sup>	
Candelaria	5	4.2 <sup>a</sup>	20.1 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	
Carmen	6	4.7 <sup>a</sup>	33.6 <sup>a</sup>	22.1 <sup>a</sup>	30.8 <sup>a</sup>	
Champoton	6	4.7 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	35.2 <sup>a</sup>	57.4 <sup>a</sup>	
Escarcega	20	4.6 <sup>a</sup>	35.4 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	30.6 <sup>a</sup>	
Promedio		4.8	32.3	20.1	35.9	
Error estandar		0.3	5.6	4.7	3.3	
Nivel crítico <sup>1</sup>		10	30	40	50	
Requerimiento <sup>2</sup>		4-10	20-40	20-40	20-50	

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983)

deficiencia de minerales en las plantas. Perdomino (1977) menciona que es común que el pH de suelos tropicales y subtropicales sea menor a 6.0. En el estado de Campeche, el pH del suelo de 24 muestras de 5 municipios promediaron 7.2 con un rango de 5.2 a 8.4 (Tabla 8). Los municipios con los valores promedio de pH más bajos fueron Palizada y Escarcega. Los más altos se encontraron en Champoton, Carmen y Campeche. McDowell et al. (1984) mencionan que a medida que el pH del suelo se incrementa, la disponibilidad y absorción de Fe, Mn, Zn y Cu del forraje decrece.

Todos los niveles de concentración de Mn, promedio por municipio, fueron menores al  $Nc_d$  (40 ppm). El promedio más bajo fue del municipio de Candelaria (10.9 ppm) y el más alto de Champoton (35.2 ppm).

La concentración de Fe en los forrajes de cuatro de los cinco municipios fueron deficientes en Fe. Estos fueron: Candelaria (20.3 ppm), Carmen (30.8 ppm), Escarcega (30.6 ppm) y Campeche (44.2). El promedio más alto fue del municipio de Champoton (57.4 ppm).

En ningún mineral traza se determinó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre medias obtenidas de los cinco municipios del estado de Campeche (Tabla 14).

### **5.3.2. Promedio general del estado y porcentaje de muestras deficientes.**

#### **5.3.2.1. Macrominerales.**

Los promedios generales (por zona) obtenidos de los cinco municipios del estado de Campeche fueron: Ca (0.33%), P (0.17%), Mg (0.1%), K (0.92%) y Na (0.11%). De estos, sólo los promedios de P y Mg, obtenidos a partir de 47 muestras de forraje del estado fueron deficientes (Tabla 13).

Los porcentaje de muestras deficientes en el estado de Campeche fueron: 40.4, 80.9, 91.5, 42.6 y 42.6%, de Ca, P, Mg, K y Na, respectivamente.

La deficiencia de P en las especies forrajeras muestreadas en el estado de Campeche durante el periodo de lluvias es muy inferior al  $Nc_d$  (0.25 %) y a los niveles de P obtenidos en forrajes muestreados en Guatemala durante el mismo periodo del año (Knebusch et al. 1986a; Valdes et al. 1988a) y a las concentraciones obtenidas por Mendez (1989) en diversas especies forrajeras del estado de Quintana Roo. El 80.9% de las muestras obtenidas fueron deficientes en P (Tabla 15) y todas las medias generales de la concentración de P obtenidas de muestras de los cinco municipios del estado de Campeche fueron menores al  $Nc_d$  (0.25%).

Mendez (1989) en el estado de Quintana Roo evaluaron la concentración de Ca en varias especies forrajeras nativas e introducidas encontrando niveles muy superiores al  $Nc_d$  de deficiencia y sólo una de las 67 muestras analizadas fué menor a 0.3 %.

El promedio general de Mg (0.1%) del estado de Campeche fué menor al  $Nc_d$  y la mayoría de las muestras fueron deficientes (91.5 %).

Es importante observar que aunque el promedio general del K en el estado de Campeche fué mayor al  $Nc_d$ , 42.6% de las muestras fueron deficientes en este mineral (Tabla 13 y 15) y se debe considerar el aporte complementario de K.

Con relación al Na, el promedio regional (0.11%) fué mayor que el  $Nc_d$  y el mayor porcentaje de muestras deficientes se determinaron en el municipio de Candelaria (100 %) y el menor en Champoton (16.7%). De acuerdo a McDowell (1985), se ha determinado que los forrajes tropicales generalmente no contienen suficiente Na para cubrir los requerimientos de los rumiantes en pastoreo.

**Tabla 15**  
**Muestras deficientes (%) en macrominerales de especies forrajeras de varios municipios del estado de Campeche durante el periodo de lluvias de 1995.1**

Municipio	n	Minerales				
		Ca	P	Mg	K	Na
Campeche	10	40.0	80.0	90.0	30.0	40.0
Candelaria	5	20.0	100.0	80.0	80.0	100.0
Carmen	6	66.7	83.3	100.0	50.0	50.0
Champoton	6	33.3	66.7	83.3	33.3	16.7
Escarcega	20	40.0	80.0	95.0	40.0	35.0
Promedio		40.4	80.9	91.5	42.6	42.6

1 Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Ca (0.3%), P (0.25%), Mg (0.2%), K (0.7%) y Na (0.08%).

### 5.3.2.2. Minerales Traza.

Los minerales traza más deficientes en los forrajes del estado de Campeche fueron Cu y Mn. El promedio general de Cu y Mn de las medias de los cinco municipios fueron 4.8 y 20.1 ppm, respectivamente. El 100% de las muestras de Cu fueron menor al  $N_{cd}$ . El 100.0 y 87.2% de las muestras obtenidas en el estado de Campeche fueron deficientes en Cu y Mn, respectivamente.

Minson (1990) cita a varias fuentes de la literatura mundial relacionada con niveles de concentración de forrajes en diferentes zonas geográficas. Menciona que la concentración de Cu determinada en varios estudios efectuados en diferentes países, y considerando 1278 muestras de forraje, fué de 6.1 mg /kg de MS (6.1 ppm) con aproximadamente la mitad de las muestras conteniendo menos de la mínima cantidad requerida por los rumiantes. Además, compara estos resultados con aquellos obtenidos en America Latina donde los forrajes tuvieron mas Cu y solo el 23% de la muestras analizadas contenían 5.0 mg de Cu por kg de MS (5 ppm). Concluye que en Australia occidental, los forrajes muestreados de zonas donde se observaron previamente deficiencias de Cu en rumiantes, contenían 2.6 mg de Cu por kg de MS comparado con 7.7 mg de zonas donde no se registraron deficiencias. La concentración de Mo en estas zonas geográficas fué baja y muy similar (0.54 y 0.74%, respectivamente), sugiriendo una deficiencia primaria de Cu.

El Zn y Fe no se consideraron deficientes al comparar las medias generales obtenidas de los 11 municipios del estado de Campeche con el  $N_{cd}$ . El promedio general del Zn fué de 32.3 ppm y el de Fe fué de 35.9 ppm, sin embargo, el 68.1 y 85.1% de las muestras fueron deficientes, respectivamente (Tabla 14 y 16).

**Tabla 16**  
**Muestras deficientes ( % ) en minerales traza de especies forrajeras de varios municipios del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995.1**

Municipio	n	Minerales			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Campeche	10	100.0	50.0	80.0	90.0
Candelaria	5	100.0	100.0	100.0	100.0
Carmen	6	100.0	66.7	82.3	83.3
Champoton	6	100.0	83.3	66.7	66.7
Escarcega	20	100.0	65.0	95.0	85.0
Promedio		100.0	68.1	87.2	85.1

1 Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Cu (10 ppm), Zn (30 ppm), Mn (40 ppm) y Fe (50 ppm).

JANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

#### **5.4. Perfil mineral de forrajes del norte del estado de Veracruz durante el período de lluvias de 1995.**

Los resultados obtenidos con cuarenta y dos muestras procedentes de 33 rancho localizados en 11 municipios del norte del estado Veracruz durante el período de lluvias de 1995 se incluyen en las Tablas 17, 18, 19 y 20. Las especies forrajeras más dominantes en la zona fueron: *Cynodon plectostachyus*, *Digitaria decumbens*, *Brachiana mutica*, *Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum*.

La Tablas 17 y 18 muestra los perfiles minerales de las especies forrajeras obtenidas en el norte de Veracruz durante el período de lluvias de 1995 y los análisis de varianza que corresponden a estos resultados se localizan en la Tabla 43 del Apéndice A. Se determinó la concentración de 5 macrominerales y 4 minerales traza. Los macrominerales fueron Ca, P, Mg, K y Na y los minerales traza, Cu, Zn, Mn y Fe. El porcentaje de muestras deficientes se considera en los tablas 19 y 20.

##### **5.4.1. Promedio individual por municipio.**

##### **5.4.1.1. Macrominerales.**

Los macrominerales más deficientes fueron P, Mg y K. El promedio de la concentración de Ca fué deficiente solamente en el municipio de Tempoal (0.16 %). La concentración de Ca en los forrajes de los restantes 10 municipios excedieron el  $N_{cd}$ . Tamiahua (0.64 %), fué el municipio que tuvo una mayor concentración de Ca. Estos niveles de Ca no son comunes en el trópico mexicano, pero es necesario aclarar que la isla de Tamiahua tiene un

nivel muy superior al de cualquier otro municipio del norte de Veracruz y podría estar relacionado a la ubicación geográfica y a las especies forrajeras muestreadas. Forrajes muestrados en el norte de México (Gartenberg et al. 1989) se han reportado con niveles de 1.17 a 1.66% de Ca y en el estado de Florida (Kiatoko et al. 1982) se han analizado forrajes con concentraciones de Ca de 1.24 a 1.32%. Estos niveles no corresponden a niveles de Ca en forrajes tropicales, ya que investigaciones realizadas en varios Países de regiones tropicales como Guatemala (Valdes et al. 1988a; Knebusch et al. 1986a), Indonesia (Probowa et al. 1991) y Colombia (Lebdosoekojo et al. 1980) han determinado niveles de Ca en un rango de 0.06 a 0.35% siendo deficiente o limitante bajo muchas circunstancias.

Con relación al P, todas las medias obtenidas del análisis de las muestras por municipio fueron deficientes. Los tres promedios más altos se obtuvieron en Gutierrez Zamora (0.21%), Tepetzintla (0.26%) y Tihuatlan (0.22%). Los cinco municipios con niveles más deficientes fueron Ozuluama (0.11%), Pánuco (0.14%), Tamiahua (0.11%), Tampico Alto (0.14%) y Tempoal (0.13%).

El municipio que obtuvo el nivel más alto de Mg fué Tamiahua (0.19%) y el promedio de las muestras originarias de Naranjos, Veracruz (0.1%), Tempoal (0.04%), Tecolutla (0.04%), Ozuluama (0.06%) y Tepetzintla (0.06%) fueron menores al  $Nc_d$ . La concentración de K en las muestras obtenidas de los municipios de Naranjos (0.79%), Tantoyuca (0.7%) y Tempoal (1.0%) fué igual o superior al  $Nc_d$ . Los promedios obtenidos en los demás municipios fueron deficientes en este mineral. Fick et al. (1978) mencionan que deficiencias y excesos de minerales se han encontrado y reportado en América Latina y el Caribe y generalmente, debido a falta de información no se sabe la extensión de las áreas afectadas. Los problemas de minerales se han encontrado

**Tabla 17**

**Perfil de macromineral de especies forrajeras de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995.**

Municipio	n	Minerales, %						
		Ca	P	Mg	K	Na		
Gtz.Zamora	3	0.34 <sup>b</sup>	0.21 <sup>abc</sup>	0.08 <sup>bcd</sup>	0.58 <sup>bcde</sup>	0.08 <sup>b</sup>		
Naranjos	5	0.39 <sup>b</sup>	0.17 <sup>abc</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.79 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>		
Ozuluama	5	0.35 <sup>b</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.06 <sup>cd</sup>	0.42 <sup>de</sup>	0.11 <sup>b</sup>		
Panuco	4	0.38 <sup>b</sup>	0.14 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>bcd</sup>	0.49 <sup>cde</sup>	0.10 <sup>b</sup>		
Tamiahua	7	0.64 <sup>a</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.35 <sup>e</sup>	0.58 <sup>a</sup>		
Tampico Alto	2	0.30 <sup>b</sup>	0.14 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>bcd</sup>	0.37 <sup>de</sup>	0.08 <sup>b</sup>		
Tantoyuca	3	0.42 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>abc</sup>	0.09 <sup>bc</sup>	0.70 <sup>abc</sup>	0.09 <sup>b</sup>		
Tecolutla	2	0.32 <sup>b</sup>	0.16 <sup>abc</sup>	0.04 <sup>cd</sup>	0.61 <sup>bcd</sup>	0.08 <sup>b</sup>		
Tempoal	4	0.16 <sup>b</sup>	0.13 <sup>bc</sup>	0.03 <sup>9d</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.16 <sup>b</sup>		
Tepetzintla	3	0.34 <sup>b</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.06 <sup>bcd</sup>	0.59 <sup>bcd</sup>	0.13 <sup>b</sup>		
Tihuatlan	4	0.31 <sup>b</sup>	0.22 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>bcd</sup>	0.65 <sup>bcd</sup>	0.10 <sup>b</sup>		
Promedio		0.39	0.16	0.09	0.57	0.18		
Error estandar		0.03	0.01	0.01	0.03	0.01		
Nivel critico <sup>1</sup>		0.3	0.25	0.2	0.7	0.08		
Requerimiento <sup>2</sup>		0.18-0.54	0.18-0.38	0.05-0.25	0.5-0.8	0.6-0.18		

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (%) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

íntimamente relacionados con las áreas deficientes de minerales en los suelos. Además, publican una relación de las deficiencias de minerales en América y el Caribe donde no se registran deficiencias de K, Mg, Fe, Zn y Mn hasta esa fecha.

Con relación al Na, todas las medias de concentraciones fueron iguales o superiores al  $Nc_d$  (0.08%), siendo la concentración más alta, aquella obtenida en la isla de Tamiahua (0.58%). Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre municipios al comparar las medias de todos los macrominerales (Tabla 17).

#### 5.4.1.2. Minerales Traza.

Las concentraciones de Cu, Zn y Mn de los once municipios del norte del estado de Veracruz evaluados durante el período de lluvias de 1995 fueron deficientes comparadas a los  $Nc_d$  (Tabla 18). Los rangos obtenidos fueron: Cu, 3.5-6.3 ppm, Zn, 7.6-24.5 ppm y Mn, 3.4-37.3 ppm.

Un Nivel de Mn en la dieta de 25 ppm se considera que reúnen los requerimientos para el ganado bajo la mayoría de las condiciones (Conrad y Avila, 1978). El municipio con una mayor concentración de Fe en los forrajes y superior al  $Nc_d$  (50 ppm) fué Tamiahua (73 ppm). El rango obtenido en los demás municipios fué de 9.5 a 32.2 ppm. McDowell et al. (1978) declaran que no es de interés práctico una deficiencia férrica de rumiantes en pastoreo. De acuerdo a McDowell et al. (1984), la suplementación de Fe y Mn es menos importante en regiones tropicales donde la mayoría de los suelos son ácidos resultando en forrajes con niveles generalmente en exceso de los requerimientos. Además, el consumo de suelo puede proveer a los rumiantes de cantidades suficientes de estos minerales, particularmente Fe. Muchos de

Tabla 18

Perfil de minerales traza de especies forrajeras de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995.

Municipio	n	Minerales, ppm			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Gtz.Zamora	3	4.9a	8.8a	5.2b	17.3bc
Naranjos	5	5.8a	24.2a	8.2b	21.5bc
Ozuluama	5	4.6a	24.5a	7.3b	28.2bc
Panuco	4	5.2a	11.4a	8.8b	16.5bc
Tamiahua	7	4.4a	21.8a	37.3a	73.0a
Tampico Alto	2	4.0a	16.9a	3.4b	9.5c
Tantoyuca	3	6.1a	13.9a	10.5b	24.2bc
Tecolutla	2	6.3a	15.7a	6.6b	18.4bc
Tempoal	4	3.5a	23.6a	9.6b	13.1bc
Tepetzintla	3	3.6a	7.6a	6.7b	10.3c
Tihuatlan	4	4.0a	17.2a	6.7b	32.2b
Promedio		4.8	17.5	12.4	29.1
Error estandar		0.4	2.3	2.0	1.6
Nivel crítico <sup>1</sup>		10	30	40	50
Requerimiento <sup>2</sup>		4-10 ppm	20-40	20-40	20-50

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

1 Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

2 Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

los signos clínicos en una deficiencia de Mn se pueden explicar en términos del efecto del Mn en la síntesis de mucopolisacaridos y muchas enzimas importante en procesos metabólicos tal como la respiración celular, en la cual, el Fe también está involucrado.

El  $Nc_d$  de Mn y Fe ha sido sugerido por muchos autores citando diversas fuentes que no siempre consideran la misma concentración del mineral en los forrajes. Tejada et al. (1987) compara los resultados obtenidos con el  $Nc_d$  establecido por McDowell (1984) de 40 ppm de Mn y 50 ppm de Fe. Sin embargo, la variabilidad en el nivel de Fe requerido por rumiantes en pastoreo de acuerdo a McDowell et al. (1984) es muy alta y considera concentraciones en los forrajes de 20 a 50 ppm en ganado adulto. Con relación al Mn, el requerimiento lo establece en 20 a 40 ppm.

La comparación de medias de Cu y Zn no determinó diferencias ( $P > 0.05$ ) entre municipios. Estas diferencias si se observaron con Mn y Fe (Tabla 18).

#### **5.4.2. Promedio general de la zona geográfica y porcentaje de muestras deficientes.**

##### **5.4.2.1. Macrominerales.**

De acuerdo al resultado obtenido en la determinación del promedio general de macrominerales del norte del estado de Veracruz, el P fue el mineral más deficiente. El promedio general de la concentración de los once municipios fue de 0.16% con el 78.6% de muestras deficientes. Los municipios con un 100% de muestras deficientes fueron: Ozuluama, Tamiahua, Tecolutla y Tepetzintla. Este nivel es mucho más bajo que aquel obtenido en Tuxtepec, Oaxaca, por

**Tabla 19**  
**Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995.**

Municipio	n	Macrominerales					
		Ca	P	Mg	K	Na	
Gtz.Zamora	3	66.7	66.7	100.0	100.0	66.7	
Naranjos	5	20.0	80.0	100.0	40.0	80.0	
Ozuluama	5	40.0	100.0	100.0	100.0	40.0	
Panuco	4	25.0	75.0	100.0	75.0	50.0	
Tamiahua	7	0	100.0	71.4	85.7	0	
Tampico Alto	7	50.0	50.0	100.0	100.0	50.0	
Tantoyuca	3	33.3	66.7	100.0	66.7	33.3	
Tecoluda	3	100.0	100.0	100.0	0	0	
Tempoal	2	25.0	25.0	100.0	75.0	0	
Tepetzintla	4	33.3	100.0	100.0	66.7	66.7	
Tihuatlan	4	50.0	75.0	100.0	75.0	0	
Promedio		35.7	78.6	95.2	73.8	33.3	

† Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Ca (0.30%), P (0.25%), Mg (0.2%), K (0.7%) y Na (0.08%).

Reina (1985) que determinó el nivel de P en estrella africana y obtuvo un rango de 0.31 a 0.35 % en el mes de abril.

Otro mineral deficiente fué el K con un concentración promedio de 0.57% y el 73.8% de muestras deficientes. El rango obtenido por Reina (1985) en Oaxaca fué de 2.36 a 2.41.

El Mg, con un promedio general de 0.09% y 95.2% de muestras deficientes, se puede considerar el tercer mineral más deficiente en la zona. Todas las muestras de todos los municipios, excepto, Tamiahua, fueron deficientes en Mg.

La concentración de Ca (0.39%) fué superior al  $Nc_d$ . El 35.7% de las muestras fueron deficientes. El municipio con mayor porcentaje de muestras deficientes fué Tecolutla (100%) y los menores fueron Tamiahua y Tempoal. Estos últimos, no tuvieron muestras menores al  $Nc_d$ .

El promedio general regional del Na (0.18%) excedió por mucho el  $Nc_d$ , sin embargo, 33.3% de las muestras fueron deficientes. El municipio con un mayor número de muestras deficientes fué Naranjos (80.0%).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

#### 5.4.2.2. **Minerales Traza.**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El promedio general de Cu (4.8 ppm), Zn (17.5 ppm), Mn (12.4 ppm) y Fe (29.1 ppm) fué menor al  $Nc_d$ .

Las muestras deficientes fueron: 95.2, 90.5, 92.9 y 81.0% para Cu, Zn, Mn y Fe, respectivamente. El 100 % de las muestras procedentes de Gutierrez Zamora, Panuco, Tampico Alto, Tempoal y Tepetzintla fueron deficientes en Cu, Zn, Mn y Fe. Todas las muestras de Tecolutla fueron deficientes en Cu, Mn y Fe. Las de Naranjos en Zn y Mn. Estos resultados contrastan con lo expuesto por McDowell (1984) que mencionan que la suplementación con Fe y

Tabla 20

Muestras deficientes (%) en minerales traza de especies forrajeras de varios municipios del norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995.

Municipio	n	Minerales Trazo			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Gtz.Zamora	3	100.0	100.0	100.0	100.0
Naranjos	5	80.0	80.0	100.0	100.0
Ozuluama	5	100.0	80.0	100.0	100.0
Panuco	4	100.0	100.0	100.0	100.0
Tamiahua	7	100.0	100.0	57.1	0
Tampico Alto	2	100.0	100.0	100.0	100.0
Tantoyuca	3	66.7	100.0	100.0	100.0
Tecolutla	2	100.0	50.0	100.0	100.0
Tempoal	4	100.0	100.0	100.0	100.0
Tepetzintla	3	100.0	100.0	100.0	100.0
Tixtlan	4	100.0	75.0	100.0	75.0
Promedio		95.2	90.5	92.9	81.0

1 Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles criticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Cu (10 ppm), Zn (30 ppm), Mn (40 ppm) y Fe (50 ppm).

Mn es menos importante que en el caso de otros minerales traza, ya que la mayoría de los suelos tropicales son ácidos, resultando en forrajes con exceso de los requerimientos de estos micronutrientes. Además, estos autores mencionan que la suplementación con Fe se justifica para bovinos que pastorean forrajes que contienen menos de 100 ppm de Fe o se presenta pérdida de sangre a causa de parásitos (McDowell, 1984). Es necesario aclarar que en este estudio se determinaron los pH de 31 muestras de 28 ranchos del norte de Veracruz y que se obtuvo un promedio de 7.6, contrario a las aceveraciones antes expuestas por McDowell (1984) con relación a los suelos ácidos en regiones tropicales.

Suelos calcareos bien oxidados son a veces deficientes en Fe, Zn y Mn disponible, aunque adecuadas cantidades totales de estos elementos traza se encuentren presentes. Los minerales traza son más solubles y disponibles bajo un pH ácido. En suelos muy ácidos existe una abundancia relativa de iones de Fe, Mn, Zn y Cu. Al incrementarse el pH de los suelos, las formas iónicas de los micronutrientes catiónicos cambian primero a la forma hidroxido del elemento, y finalmente a las formas insolubles de hidróxido u óxidos. Las formas valentes son muy insolubles para aportar iones a las plantas (Brady, 1990). Esta es probablemente la razón de niveles muy bajos de Fe, Zn y Mn en las especies forrajeras analizadas en el norte de Veracruz.

### **5.5 Perfil mineral de forrajes del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1995.**

Cinco macrominerales fueron evaluados en treinta y tres muestras obtenidas en dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993 (Tabla 21, 22, 23 y 24). Los resultados obtenidos en estas

Tablas consideran los municipios de Soto La Marina y Aldama, Tamaulipas. Las especies forrajeras dominantes fueron: estrella (*Cynodon plectostachyus*), pangola (*Digitaria decumbens*), guinea (*Panicum maximum*), cruzal (*Cynodon sp. híbridos*) y santo domingo (*Cynodon dactylon*).

### 5.5.1. Promedio individual de cada municipio.

#### 5.5.1.1. Macrominerales.

Los macrominerales evaluados fueron Ca, P, Mg, K y Na. Los minerales deficientes fueron P, Mg y Na (Tabla 21). Los niveles de Ca y K excedían los  $N_{cd}$  considerando las medias obtenidas en los 2 municipios.

Las medias obtenidas en el municipio de Soto La Marina fueron: 0.36% (Ca), 0.22% (P), 0.12% (Mg), 1.6% (K) y 0.07% (Na). El perfil mineral obtenido en el municipio de Aldama, Tamaulipas fué de: 0.46% (Ca), 0.22% (P), 0.15% (Mg), 1.92% (K) y 0.07% (Na).

#### 5.5.1.2. Minerales Traza.

Los promedios por municipio y por estado de cuatro minerales traza evaluados en el Litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 se consideran en la Tabla 22.

El número de muestras (33) es el mismo que en los macrominerales evaluados. El mineral traza que resulto deficiente en los forrajes fué Cu. La media obtenida en los forrajes de Soto La Marina fué de 7.7 ppm y 10.2 el obtenido en el municipio de Aldama, Tamaulipas. Si se compara con el  $N_{cd}$  (10 ppm), el nivel de Cu en Soto se puede considerar como una deficiencia

**Tabla 21**  
**Perfil de macrominerales de especies forrajeras de dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993.**

Municipio	n	Minerales, %					
		Ca	P	Mg	K	Na	
Soto La Marina	24	0.36 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	1.60 <sup>a</sup>	0.07 <sup>a</sup>	
Aldama	9	0.46 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	0.15 <sup>a</sup>	1.92 <sup>a</sup>	0.07 <sup>a</sup>	
Promedio		0.44	0.22	0.14	1.83	0.07	
Error estandar		0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	
Nivel crítico <sup>1</sup>		0.3	0.25	0.2	0.7	0.08	
Requerimiento <sup>2</sup>		0.18-0.54	0.18-0.38	0.05-0.25	0.5-0.8	0.6-0.18	

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (%) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al. 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero (McDowell et al., 1983).

**Tabla 22**  
**Perfil mineral traza de especies forrajeras de dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993.**

Municipio	n	Minerales, ppm			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Soto La Marina	24	7.7 <sup>a</sup>	29.2 <sup>a</sup>	47.2 <sup>a</sup>	70.1 <sup>a</sup>
Aldama	9	10.2 <sup>a</sup>	31.6 <sup>a</sup>	53.2 <sup>a</sup>	79.1 <sup>a</sup>
Error estandar		0.4	2.3	2.0	1.6
Promedio		9.5	31.0	58.3	76.6
Nivel crítico <sup>1</sup>		10	30	40	50
Requerimiento <sup>2</sup>		4-10 ppm	20-40	20-40	20-50

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al. 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

primaria de Cu, sin considerar el nivel de Mo en los forrajes. La concentración promedio de Cu indica que no existe una deficiencia primaria, sin embargo, el nivel de Mo define si existe una deficiencia secundaria (Tabla 22 y 29).

Los niveles de Zinc fueron de 29.2 ppm para Soto La Marina y 31.6 ppm para Aldama. Ambos, muy cercanos al  $Nc_d$ .

El Mn y el Fe fueron 47.2 y 70.1 ppm para Soto La Marina y, 53.2 y 79.1 ppm para Aldama, respectivamente.

### **5.5.2. Promedio general de la zona geográfica y porciento de muestras deficientes.**

#### **5.5.2.1. Macrominerales.**

El promedio general obtenido a partir de los datos individuales de cada municipio dieron el siguiente resultado: 0.44% (Ca), 0.22% (P), 0.14% (Mg), 1.83% (K) y 0.07% (Na). Los promedios de P, Mg y Na se encuentran debajo del  $Nc_d$  y por lo tanto, deficientes en los forrajes obtenidos durante el período de lluvias de 1993. El Ca y K exceden el  $Nc_d$ .

La relación de Ca:P es de 2:1 y el nivel de K es muy alto con relación al nivel  $Nc_d$  (0.07%).

Comparando las medias obtenidas por región o municipio, ningún macromineral fué diferente estadísticamente ( $P < 0.05$ ) entre regiones o municipios.

Las muestras deficientes en macrominerales expresada en porcentaje se enlistan en la Tabla 23. En el municipio de Soto La Marina, Tamaulipas, 25.0% de las muestras fueron deficientes en Ca, 58.3 % en P, 91.7% en Mg, 0% en K y 79.2 % en Na.

**Tabla 23**  
**Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras de dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993.**

Municipio	n	Macrominerales				
		Ca	P	Mg	K	Na
Soto La Marina	24	25.0	58.3	91.7	0	79.2
Aidama	9	44.4	77.8	100.0	11.1	77.8
Promedio		30.3	63.3	93.9	3.0	78.8

† Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984, McDowell et al., 1984) como sigue: Ca (0.3%), P (0.25%), Mg (0.2%), K (0.7%) y Na (0.08%).

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

En el municipio de Aldama, Tamaulipas, el 44.4% fué deficiente en Ca, 77.8% en P, 100.0% en Mg, 11.1% en K y 77.8 % en Na.

El K reduce dramáticamente el contenido de Na en los forrajes (McDowell et al. 1984) como sucede con los niveles muy altos en K y muy bajos en Na de los forrajes del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias. Además, es el factor principal que afecta la absorción de Mg en los rumiantes en pastoreo (Fontenot et al. 1989). Altos niveles de K en la dieta, reducen la absorción de Mg y aparentemente se debe a la absorción y no a la excreción por el tracto digestivo. Esto es usualmente acompañado por una reducción en la excreción renal de Mg como resultado de una disminución en la absorción de este (Fontenot, 1973).

#### 5.5.2.2. Minerales Traza.

Los promedios obtenidos de los municipios (Tabla 22) indican una deficiencia en Cu (9.5 ppm). Los promedios del Zn (31.0 ppm), Mn ( 58.3) y Fe (76.6 ppm) fueron mayores al  $N_{cd}$ .

El por ciento de muestras deficientes en minerales traza se enlistan en la Tabla 24. En el municipio de Soto La Marina, el perfil mineral fué de: 41.7% en Cu, 58.3 % en Zn, 33.3% en Mn y 8.3% en Fe. En Aldama, Tamaulipas, 66.7% en Cu, 44.4% en Zn, 55.6% en Mn y 33.3% en Fe. Minson (1990) publicó información con relación a la concentración de Zn en forrajes diferentes partes del mundo. La información fué obtenida de 719 muestras de forrajes de clima tropical y clima templado. Los zacates y leguminosas tropicales tenían más Zn (36 a 40 ppm) y solamente el 6% de las muestras de zacate y el 5% de las muestras de leguminosas tropicales tenían menos de 20 ppm de Zn. El requerimiento mínimo de Zn de los rumiantes varia con la forma química de

**Tabla 24**  
**Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras de dos municipios del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993.**

Municipio	n	Minerales Traza			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Soto La Marina	24	41.7	58.3	33.3	8.3
Aldama	9	66.7	44.4	55.6	33.3
Promedio		48.5	54.5	39.4	15.2

↑ Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Cu (10 ppm), Zn (30 ppm), Mn (40 ppm) y Fe (50 ppm).

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

combinación en la cual el elemento ocurre con otros componentes de la dieta. El requerimiento sugerido para el ganado vacuno de leche es de 40 ppm comparado a 30 ppm para el ganado vacuno de carne. Deficiencias de Zn se han reportado bajo condiciones de campo cuando forrajes contenían de 18 a 83 ppm (McDowell et al. 1994).

#### **5.6. Perfil mineral de forrajes de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995.**

Los resultados del análisis de 217 muestras de diferentes especies forrajeras obtenidas de 4 regiones geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995 se incluyen en las Tablas 25, 26, 27 y 28. En estas Tablas, se enlistan las cuatro regiones y la cantidad de muestras obtenidas en cada región. Estas son Tabasco, Campeche, el norte del estado de Veracruz y litoral del estado de Tamaulipas. El número de muestras obtenidas fueron 95, 47, 42 y 33, respectivamente. Estas muestras fueron analizadas para determinar macrominerales (Ca, P, Mg, K y Na) y minerales traza (Cu, Fe, Zn y Mn). Los análisis de varianza de estas evaluaciones se localizan en la Tabla 47 del Apéndice A.

##### **5.6.1. Promedio individual de cada zona geográfica.**

###### **5.6.1.1. Macrominerales.**

Ningún promedio por región fué deficiente en Ca. El nivel registrado en Tabasco fué de 0.32% y diferente ( $P < 0.05$ ) a los niveles registrados en el

**Tabla 25**  
**Perfil de macromineral de especies forrajeras de cuatro zonas del litoral del**  
**Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995.**

Estado	Obs.	Minerales, %				
		Ca	P	Mg	K	Na
Tabasco	95	0.32b	0.20ab	0.10b	0.57c	0.11b
Campeche	47	0.32b	0.17bc	0.10b	0.92b	0.12b
Veracruz Norte	42	0.39a	0.16c	0.09b	0.59c	0.18a
Litoral Tamps.	33	0.44a	0.22a	0.14a	1.83a	0.07b
Error estandar		0.01	0.01	0.0	0.04	0.01
Promedio		0.35	0.19	0.10	0.86	0.11
Nivel critico <sup>1</sup>		0.3	0.25	0.2	0.7	0.08
Requerimiento <sup>2</sup>		0.18-0.54	0.18-0.38	0.05-0.25	0.5-0.8	0.6-0.18

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (%) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

norte de Veracruz (0.39%) y litoral del estado de Tamaulipas (0.44%). Este último, siendo el más alto por región.

El promedio de P fué deficiente en todas las regiones y en menor concentración en Veracruz (0.16%) y en Campeche (0.17%) comparado con Tabasco (0.2%) y litoral de Tamaulipas (0.22%). Estos resultados fueron muy diferentes a aquellos obtenidos en Guatemala por Valdes et al. (1988 b) y Knebusch et al. (1986). Estos autores determinaron concentraciones de P con un rango de 0.33 a 0.38% promedio anual que es muy superior al  $Nc_D$  (0.25%).

Todas las medias de Mg obtenida de los forrajes procedentes de las cuatro regiones geográficas fueron menores al  $Nc_D$  (0.2%). El nivel más alto se registró en el litoral de Tamaulipas (0.14%). En Tabasco y Campeche la concentración fué de 0.1%. Esta concentración es el mismo promedio obtenida por Valdes et al. (1988a) y muy similar (0.11 %) al promedio obtenido por Knebusch et al. (1986a) a partir de especies forrajeras del suroeste de Guatemala durante varios muestreos que duraron un año e incluyeron el período de lluvias y de sequía.

El nivel más alto de K se determinó en el litoral del estado de Tamaulipas (1.83%). El nivel en Campeche (0.92%) fué superior al  $Nc_D$  (0.7%) y aquellos determinados en Tabasco (0.57%) y norte de Veracruz (0.59%) fueron menores y por lo tanto deficientes.

El Na resultó ser deficiente solamente en el litoral de Tamaulipas (0.07%) y las demás regiones geográficas registraron niveles superiores al  $Nc_D$  (0.08%). Los forrajes de Tabasco tuvieron una concentración de 0.11%, Campeche de 0.12% y norte de Veracruz de 0.18%.

### 5.6.1.2. Minerales Traza.

Todas las medias obtenidas a partir de los forrajes muestreados en las cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias fueron deficientes en Cu (Tabla 26). Las concentraciones de este mineral fueron de 5.6 ppm en Tabasco, 4.8 ppm en Campeche, 4.8 ppm en el norte de Veracruz y 9.5 ppm en el litoral de Tamaulipas. Tabasco, Campeche y el norte de Veracruz no fueron diferentes ( $P < 0.05$ ). La media obtenida de las muestras procedentes del litoral de Tamaulipas fué diferente comparada a las otras tres regiones.

La concentración de Zn obtenida a partir de especies forrajeras del norte de Veracruz (17.5 ppm) fué deficiente con relación al  $Nc_D$  (30 ppm) y diferente significativamente ( $P < 0.05$ ) a las medias obtenidas en los estados de Tabasco (38.9 ppm), Campeche (32.3 ppm) y litoral de Tamaulipas (31 ppm). Estas últimas tres no fueron diferentes entre sí.

El nivel más alto de Mn fué obtenido en los forrajes del litoral de Tamaulipas (51.5 ppm) y superior al  $Nc_D$  (40 ppm). Las medias generales del estado de Tabasco (36.9 ppm), Campeche (20.1 ppm) y norte de Veracruz (12.4 ppm) fueron menores al  $Nc_D$  y por lo tanto deficientes.

La concentración de Fe también fué superior en el litoral del estado de Tamaulipas (76.6 ppm) comparado a las medias obtenidas en Tabasco (15.4 ppm), Campeche (35.9 ppm) y norte de Veracruz (29.1 ppm).

### 5.6.2. Porcentaje de Muestras deficientes.

El porcentaje de muestras deficientes obtenidas en las cuatro regiones del litoral del Golfo de México se muestran en las Tablas 27 y 28.

**Tabla 26**  
**Perfil de minerales traza de especies forrajeras de cuatro zonas del litoral del**  
**Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995.**

Estado	n	Minerales, ppm			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Tabasco	95	5.6 <sup>b</sup>	38.9 <sup>a</sup>	36.9 <sup>ab</sup>	15.4 <sup>c</sup>
Campeche	47	4.8 <sup>b</sup>	32.3 <sup>a</sup>	20.1 <sup>ab</sup>	35.9 <sup>b</sup>
Veracruz Norte	42	4.8 <sup>b</sup>	17.5 <sup>b</sup>	12.4 <sup>b</sup>	29.1 <sup>b</sup>
Litoral Tamps.	33	9.5 <sup>a</sup>	31.0 <sup>a</sup>	51.5 <sup>a</sup>	76.6 <sup>a</sup>
Error estandar		0.2	1.9	5.4	1.7
Promedio		5.9	32.1	30.6	31.9
Nivel crítico <sup>1</sup>		10	30	40	50
Requerimiento <sup>2</sup>		4-10	20-40	20-40	20-50

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al. 1984).

<sup>2</sup> Requerimiento de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo (McDowell et al., 1983).

### 5.6.2.1. Macrominerales.

Las muestras deficientes en macrominerales, expresadas en porcentaje, se enlistan en la Tabla 27.

El Ca fué deficiente en 49.5% de las muestras de Tabasco, 40.4% de Campeche, 35.7% del norte de Veracruz y 30.3% del litoral de Tamaulipas.

El P fué deficiente en 72.6% de las muestras de especies forrajeras obtenidas del estado de Tabasco, 80.9% de Campeche, 78.6% del norte del estado de Veracruz y 63.3% del litoral del estado de Tamaulipas.

Con relación a Mg, el menor porcentaje de muestras deficientes se obtuvieron a partir de especies forrajeras del litoral del estado de Tamaulipas (93.9%), el mayor en el norte de Veracruz (95.2%) y Campeche (91.5%). El 92.6% de las muestras de Tabasco fueron deficientes y 93.1% fué el promedio de los cuatro estados.

La zona geográfica con menor número de muestras deficientes en K fué el litoral del estado de Tamaulipas (3.0%). El 72.6% de las muestras de Tabasco, 42.6% de las muestras de Campeche y 73.8% de las muestras del norte del estado de Veracruz fueron deficientes.

El 41.9% de las 217 muestras de diferentes especies forrajeras obtenidas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995 fueron deficientes en Ca, 74.2% en P, 93.1% en Mg, 55.8% en K y 41.5% en Na. Ninguno de los promedios generales de P obtenido de muestras procedentes de las cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias fué superior al  $N_{cd}$  de deficiencia. Este resultado contrasta con aquel obtenido por varios investigadores que determinaron perfiles minerales de forrajes en Guatemala durante el periodo de lluvias y obtuvieron los siguientes resultados: 0.35-0.37% por Valdes et al. (1988a) y 0.31-0.36%

**Tabla 27**  
**Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras de cuatro estados del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995.**

Estado	n	Macrominerales			
		Ca	P	Mg	K
Tabasco	95	49.5	72.6	92.6	72.6
Campeche	47	40.4	80.9	91.5	42.6
Veracruz Norte	42	35.7	78.6	95.2	73.8
Litoral Tamps.	32	30.3	63.3	93.9	3.0
Promedio		41.9	74.2	93.1	55.8

↑ Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984, McDowell et al., 1984) como sigue: Ca (0.3%), P (0.25%), Mg (0.2%), K (0.7%) y Na (0.08%).

JUANIL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

SISTEMA GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

por Knebusch et al. (1986a). Contrario a estos, Lebdosoekojo et al. (1980) obtuvieron 0.11% en Colombia y Kiatoko et al. (1982a), 0.16% en Florida, E.U.A.

Con relación al K, los niveles bajos obtenidos en Tabasco (0.57%) y norte de Veracruz (0.59%) no cubren el  $Nc_d$  de deficiencia (0.7%) que representa el límite inferior del requerimiento para máximo de ganancia de peso y conversión alimenticia en un corral de engorda (0.72-0.93%), pero inferior al requerimiento de una vaca lechera que puede llegar a necesitar hasta 1.0% de K en la cima de la curva de lactancia (Thompson y Villalba, 1978).

#### 6.6.2.2. Minerales Traza.

El porcentaje de muestras deficientes de minerales traza se enlistan en la Tabla 28. El Cu fué deficiente en 89.5% de las muestras de Tabasco, 100% de las muestras de Campeche, 95.2% de las muestras del norte de Veracruz y 48.5% de las muestras de Tamaulipas. El promedio de las observaciones de las cuatro zonas geográficas fué de 86.6%.

El 54.7% de las muestras de Tabasco, 68.1% de Campeche, 90.5 del norte de Veracruz y 54.5% del litoral del estado de Tamaulipas fueron deficientes en Zn. El promedio general del litoral del Golfo de México fué de 64.5%.

El Mn, uno de los minerales traza mas limitante en los forrajes fué deficiente en 89.5% de las muestras del estado de Tabasco, 87.2% de las muestras de Campeche, 92.9% de las muestras del norte de Veracruz y 39.4% de las muestras del litoral del estado de Tamaulipas. El 82.0% de las 217 muestras de las cuatro zonas geográficas fueron deficientes en Mn.

El porciento de muestras deficientes de Cu y Mn en los estados de Tabasco, Campeche y norte de Veracruz fué extremadamente alto, con un rango de 87.2

a 100.0%. Estos resultados son muy similares a aquellos obtenidos en Guatemala por varios autores, entre estos, Knebusch et al. (1988b). El 92 al 100% de las muestras que obtuvieron en un rancho del suroeste de Guatemala fueron deficientes en Cu y Mn. Sugirieron que la posible causa de una deficiencia marcada en minerales traza, especialmente Cu, Zn y Mn es ocasionada por un pH alto del suelo (7.3). Valdes et al. (1988b) tuvieron resultados muy similares en muestreos que realizaron en el suroeste de Guatemala. El 100% de las muestras de Cu fueron deficientes, 99% de Mn y 93% de Zn. Sin embargo, Mendez (1989), determinó durante los meses de octubre y enero perfiles minerales de forrajes en el estado de Quintana Roo y el promedio general de las muestras indicó niveles de Zn superiores al  $Nc_d$  y la mayoría de las muestras deficientes en Cu.

Con relación al Fe, las región con mayor número de muestras deficientes fueron el norte de Veracruz (81.0%), el estado de Tabasco (96.8%) y Campeche (85.1%). El 78.8% de las muestras del litoral del Golfo de México tuvieron una concentración menor al  $Nc_d$  de deficiencia (50 ppm). La región con menor número de muestras deficientes fué el litoral de Tamaulipas (15.2%). Los resultados obtenidos analizando forrajes en regiones tropicales como Guatemala (Knebusch et al.1988b; Tejada et al. 1987; Valdes et al.1988b), Colombia (Lebdosoekojo et al.1980), Indonesia (Prabowo,1991b) y Florida, EUA (McDowell et al. 1982) han determinado niveles superiores de Fe al  $Nc_d$  y por lo tanto sugieren que en regiones tropicales es poco común una deficiencia de Fe. Esto es contrario a los resultados obtenidos en Tabasco, Campeche y norte de Veracruz donde los promedios generales durante el periodo de lluvias fueron inferiores al  $Nc_d$  (50 ppm). Sin embargo, el promedio general en el litoral del estado de Tamaulipas (76.6 ppm) fué muy superior al  $Nc_d$ .

Tabla 28

Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras de cuatro estados del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias.

Estado	n	Minerales Traza			
		Cu	Zn	Mn	Fe
Tabasco	95	89.5	54.7	89.5	96.8
Campeche	47	100.0	68.1	87.2	85.1
Veracruz Norte	42	95.2	90.5	92.9	81.0
Litoral Tamps	32	48.5	54.5	39.4	15.2
Promedio		86.6	64.5	82.0	78.8

† Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Cu (10 ppm), Zn (30 ppm), Mn (40 ppm) y Fe (50 ppm).

UNANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

Los requerimientos mínimos de minerales (NRC, 1984) para ganado bovino de carne no son los niveles requeridos para la máxima productividad. Los niveles críticos de tolerancia (NRC, 1980) indican los niveles de cada mineral que provocan una intoxicación o el nivel que afecta la utilización de otros minerales. Es necesario aclarar que los promedios generales de una región no siempre representan el requerimiento específico del rumiante que pastorea en un lugar determinado y consume una especie forrajera o una mezcla de especies forrajeras.

### **5.7. Estudio comparativo del perfil mineral de forrajes del litoral de Tamaulipas durante los períodos de lluvias de 1993 y sequía de 1994.**

Treinta y dos muestras del período de lluvias de 1993 y 34 muestras del período de sequía de 1994 se analizaron con el propósito de comparar los perfiles minerales de diferentes especies forrajeras del litoral centro y sur del estado de Tamaulipas. Los macrominerales evaluados fueron, Ca, P, Mg, K y Na, y los minerales traza, Cu, Fe, Zn, Mn, Co, Se y Mo. Los resultados se muestran en las Tablas 29, 30 y 31. Los análisis de varianza correspondiente a estos resultados se localizan en la Tabla 45 del Apéndice A.

Las especies forrajeras dominantes en la región fueron: estrella (*Cynodon plectostachyus*), guinea (*Panicum maximum*), pangola (*Digitaria decumbens*), santo domingo (*Cynodon dactylon*) y cruzal (*Cynodon sp. híbrido*).

#### **5.7.1. Promedio general del perfil mineral de dos períodos en la misma zona geográfica.**

La concentración de macrominerales y minerales traza en los forrajes durante

el período de lluvias de 1993 y el período de sequía de 1994 se muestran en la Tabla 29. El porcentaje de muestras deficientes en el litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993 y el período de sequía de 1994 se muestran en las Tablas 30 y 31. Los análisis de varianza de los resultados obtenidos en los dos períodos del año se consideraron en la Tabla 45.

#### 5.7.1.1. Macrominerales.

La concentración de Ca, P, Mg, K, y Na durante el período de lluvias fué de 0.44, 0.22, 0.14, 0.06 y 1.8 % y aquellas muestras procedentes del período de sequía, 0.41, 0.14, 0.11, 0.13 y 0.91%, respectivamente (Tabla 29).

La concentración de P y K cambió con la época del año, siendo menor en el período de sequía. El Na, a diferencia del P y K se incrementó en este período. Los macrominerales deficientes en relación al  $Nc_d$  fueron P en ambos períodos y Na en el período de lluvias.

De acuerdo a McDowell et al. (1984) los forrajes tropicales contienen menos minerales durante la época seca. La etapa de madurez del forraje afecta el contenido de ciertos minerales en los forrajes. Un incremento en la concentración de minerales en las plantas usualmente ocurre durante las etapas iniciales del crecimiento de la plantas. Con un avance en la madurez, el contenido de la materia seca de la planta generalmente aumenta más rápido que la retención de minerales ocasionando una disminución de estos. McDowell y Conrad (1991) mencionan que cuando las plantas maduran, el contenido mineral disminuyen debido a un proceso natural de dilución y a la translocación de los nutrientes al sistema radicular. En la mayoría de los casos, el P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn y Mn disminuyen con la maduración de la planta. De acuerdo a Spears (1994), el P, K, Co, Cu, Fe, Mo y Zn disminuyen considerablemente con un incremento

en el estado de madurez mientras Ca no cambio significativamente. Los resultados obtenidos en el litoral del estado de Tamaulipas indicaron que no hubo cambios en la concentración de Ca y Mg, y la concentración de Na, se incremento significativamente (Tabla 29). Kiatoko et al. (1982) analizaron forrajes en Florida, E.U.A. determinando niveles más elevados de P en periodos de sequía y concentraciones más elevadas de Mg, Ca, Mn y Zn en el periodo de lluvias. Las concentraciones de Fe, Se y Mo no fueron diferentes entre periodos. Mendez et al. (1989) determinaron diferencias de P y Cu entre épocas a diferencia de Ca, Mg y Zn, de los cuales no detectaron diferencias significativas.

A mayor pH, mayor es la fijación de K por la planta (Brady, 1990). Gomide y Aguilar-Zometa (1978) y Valdes et al. (1988a) determinaron diferentes concentraciones de K entre periodos de muestreo siendo mayor en el periodo humedo o de lluvias que en periodo de sequía. Knebusch et al. (1968) también determinó en un estudio en Guatemala, que el nivel de K disminuía en el periodo de sequía. Lebdoesoekojo et al. (1980) realizaron un estudio en las sabanas o planicies de la región oriente de Colombia en el cual no observaron diferencias en la concentración de Fe, Se y Mo con el cambio de periodo. Durante el periodo de sequía, el K y Cu incrementaron su concentración en los forrajes, el Ca y Mg se incrementaron en el periodo de lluvias y el nivel más bajo de Zn se obtuvo en el periodo de lluvias.

La concentración de K en los forrajes durante el periodo de lluvias fué elevado (1.8%) siendo este nivel muy superior al  $N_{c\downarrow}$  (Tabla 29). El  $N_{c\downarrow}$  de K en la dieta total es de 3% del alimento en base seca (NRC,1980), sin embargo, la concentración de K en la dieta es el factor principal que afecta la absorción de Mg (Greene et al.1989) y considerando que la concentración de Mg durante el periodo de lluvias es limitante (0.14%), una suplementación de Mg es definitivamente recomendable.

### 5.7.1.2. **Minerales Traza.**

La concentración de Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Se y Mo durante el período de lluvias fué de 9.4, 74.8, 51.5, 30.7, 0.08, 0 y 4.1 ppm y, la del período de sequía, 1.4, 64.4, 31.7, 16.4, 0.04, 0 y 0.8 ppm, respectivamente.

La concentración de todos los minerales traza se redujo considerablemente en el período de sequía con excepción del Se que no fué detectable en ninguno de los dos períodos (Tabla 29). El cambio más notable se observó con el Cu. Su concentración durante el período de lluvias fué de 9.4 ppm y 1.4 ppm durante el período de sequía. Mendez (1989) determinó que la época más deficiente de Cu en las especies forrajeras del estado de Quintana Roo es la época de lluvias.

De acuerdo a Brady (1990), en suelos calcáreos se puede presentar deficiencias de Fe, Mn, Zn y Cu. Además, se puede tener una toxicidad de Mo. La concentración de Zn, Fe, Mn, Co y Mo en los forrajes también se redujo en el período de sequía con relación al período de lluvias. La concentración de estos minerales durante el período de lluvias fué de 30.7, 74.8, 51.5, 0.08 y 4.1, respectivamente. Durante el período de sequía, la concentración se redujo a 16.4, 64.4, 31.7, 0.04 y 0.8 ppm.

La concentración de Mo (4.1 ppm) durante el período de lluvias se considera superior al  $Nc_t$  de toxicidad y factor inhibitorio de la biodisponibilidad de Cu. Una deficiencia de Cu en rumiantes puede ocurrir como una deficiencia primaria, donde el consumo de Cu es inadecuada, o como una deficiencia secundaria, donde otros factores en la dieta interfieren con la absorción o metabolismo de Cu. De primordial importancia como antagonistas de Cu están el Fe, Mo y S. El Mo y S están involucrados en la formación de thiomolibdatos que se unen al Cu y se hacen indisponibles al animal (Shuttle, 1991).

En contraste con otros minerales traza, la disponibilidad de Mo puede ser tan alta en suelo elevados en pH, que los niveles de este mineral en plantas llegan a ser tóxicos para el animal que las consumen. Además, un mal drenaje del suelo aumentará la disponibilidad del Mo al grado de ser tóxico en algunas circunstancias (Brady, 1990).

De acuerdo a Ward (1978), la concentración mínima para que ocurra una intoxicación con Mo es de 20 ppm, y 100 ppm producirán signos severos. En forraje seco o alimento completo mezclado, la concentración de Mo requerido para provocar una deficiencia de Cu es de 100 ppm, pero muchos animales no exhibirán signos de deficiencia con menos de 200 ppm. Estos niveles son muy altos comparados con los  $Nc_t$  sugeridos por NRC (1980) de 2 a 3 ppm y por McDowell et al. (1984) de 3 ppm.

De acuerdo a Miltimore y Mason (1971), la relación crítica entre Cu y Mo se puede considerar de 2 partes de Cu por una de Mo. Valores menores de Cu en esta relación se espera que ocasionen una condición de deficiencia. La relación determinada en el período de lluvias en el litoral del estado de Tamaulipas fué de 2.29 partes de Cu por una de Mo y en el período de sequía fué de 1.75 a uno (Tabla 29). Es importante aclarar que aunque existe esta relación en el período de sequía, la concentración de Mo en los forrajes es muy inferior al  $Nc_t$  (3.0 ppm), lo que indica una deficiencia primaria de Cu.

El Co fué uno de los minerales traza más limitantes, reduciéndose la concentración durante el período de sequía, pero deficientes en ambas épocas con relación al  $Nc_d$ . Conrad y Avila (1978) mencionan que bajo la mayoría de las condiciones, pastos con valores promedio de 0.1 ppm de Co o más, suministran suficiente Co para prevenir una deficiencia (Conrad y Avila, 1978). La deficiencia de Co ocurre más frecuentemente en rumiantes en pastoreo y esta bien difundida en la mayoría de los países en el trópico y es junto con P, Na y Cu, uno de los

Tabla 29

Perfil mineral de zacates en la zona litoral centro y sur de Tamaulipas durante el período de lluvias de 1993 y el período de sequía de 1994.

Elemento	Nivel crítico <sup>1</sup>	Períodos <sup>1</sup>			Perfil sequía	Error estandar
		Muestras P. lluvias	Perfil lluvias	Muestras P. sequía		
Calcio	0.3	32	0.44 <sup>a</sup>	34	0.41 <sup>a</sup>	0.02
Fosforo	0.25	32	0.22 <sup>a</sup>	34	0.14 <sup>b</sup>	0.01
Magnesio	0.2	32	0.14 <sup>a</sup>	34	0.11 <sup>a</sup>	0.01
Sodio	0.08	32	0.06 <sup>b</sup>	34	0.13 <sup>a</sup>	0.06
Potasio	0.7	32	1.80 <sup>a</sup>	34	0.91 <sup>b</sup>	0.02
<b>Cobre</b>	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>9.4<sup>a</sup></b>	<b>34</b>	<b>1.4<sup>b</sup></b>	<b>0.42</b>
<b>Zinc</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>30.7<sup>a</sup></b>	<b>34</b>	<b>16.4<sup>b</sup></b>	<b>1.44</b>
<b>Hierro</b>	<b>50</b>	<b>32</b>	<b>74.8<sup>a</sup></b>	<b>34</b>	<b>64.4<sup>a</sup></b>	<b>2.82</b>
<b>Manganeso</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>51.5<sup>a</sup></b>	<b>34</b>	<b>31.7<sup>b</sup></b>	<b>2.95</b>
<b>Cobalto</b>	<b>0.1</b>	<b>32</b>	<b>0.08<sup>a</sup></b>	<b>34</b>	<b>0.04<sup>a</sup></b>	<b>0.02</b>
<b>Selenio</b>	<b>0.1</b>	<b>32</b>	<b>ND<sup>3</sup></b>	<b>34</b>	<b>ND<sup>3</sup></b>	<b>0</b>
<b>Molibdeno 2</b>	<b>2</b>	<b>32</b>	<b>4.1<sup>a</sup></b>	<b>34</b>	<b>0.8<sup>b</sup></b>	<b>0.27</b>

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

<sup>1</sup> Niveles críticos (% o ppm) de deficiencia de minerales en los forrajes (NRC, 1984; McDowell et al. 1984).

<sup>2</sup> Mo (ppm), nivel crítico de toxicidad (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

<sup>3</sup> ND, no detectable.

minerales más deficientes en los forrajes tropicales. La deficiencia se puede localizar en suelos volcánicos, areno-arcillosos y arenas lavadas (Brady, 1990).

Con pH altos, se reduce la cantidad de Co que la planta puede tomar del suelo (McDowell, 1984). El pH promedio de 14 muestras de suelo obtenidas del litoral del estado de Tamaulipas fué de 6.9 (Tabla 8), lo que podría justificar un nivel bajo de Co en los forrajes. Además, una precipitación pluvial elevada tiende a lavar el Co de la capa superior del suelo. Este problema frecuentemente es más crítico por el rápido crecimiento de los pastos durante la estación lluviosa lo cual diluye el contenido de Co en la planta (Houser et al., 1978).

### 5.7.2. Porciento de muestras deficientes.

El porciento de muestras deficientes de macrominerales y minerales traza del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y sequía de 1994 se incluyen en las Tablas 30 y 31.

#### 5.7.2.1. Macrominerales.

De acuerdo al porciento de muestras deficientes, el P y el Mg fueron los macromineral más deficiente con relación al  $N_{cd}$ . En el periodo de sequía, el porciento de muestras deficientes fué del 100% para P y Mg. En el periodo de lluvias el porciento de muestras deficientes de P fué de 63.6% y 93.9% fueron deficientes en Mg.

El porciento de muestras deficientes en Ca, K y Na en el periodo de lluvias fué de 30.3, 3.0 y 78.8 %, respectivamente. En el periodo de sequía fué de 20.6, 11.8 y 61.8 % para los mismos elementos minerales.

**Tabla 30**  
**Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras del litoral centro y sur del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y periodo de sequía de 1994.**

Periodo	n	Macrominerales				
		Ca	P	Mg	K	Na
Lluvias	32	30.3	63.6	93.9	3.0	78.8
Sequia	34	20.6	100.0	100.0	11.8	61.8
<b>Promedio</b>		25.8	83.3	98.5	7.6	71.2

† Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Ca (0.3%), P (0.25%), Mg (0.2%), K (0.7%) y Na (0.08%).

Gomide y Zometa (1978) publicaron información sobre la variación en la composición mineral del pasto Guinea conforme aumenta el desarrollo vegetativo. El N, P, Ca, Mg y Zn disminuyeron en concentración conforme aumenta el crecimiento de la planta y el K, contrario a estos minerales, aumento en concentración. Este resultado es contrario a los obtenidos en el litoral de Tamaulipas, donde se redujo significativamente el nivel de K en el periodo de sequía.

#### 5.7.2.2. Minerales Traza.

El Se fué el mineral traza más deficiente considerando el porciento de muestras con concentraciones menores al  $Nc_d$ . El 100% de las muestras durante el periodo de lluvias y sequía fueron deficientes, por lo que es indiscutible la necesidad de una suplementación.

El Cu se podría considerar el segundo mineral traza más deficiente con un 100% de las muestras deficientes en el periodo de sequía y un 48.5% en el periodo de lluvias. Un consumo elevado de Mo deprime la disponibilidad de Cu y podría además ocasionar una deficiencia fisiológica de Cu en rumiantes. La cantidad de S total o sulfato en la ración generalmente potencializa el efecto de Mo. La relación entre Cu y Mo en el alimento es importante, independientemente de la presencia de cada uno de ellos. La deficiencia de Cu se considera la segunda limitante mas severa, en cuanto a minerales, para los rumiantes en pastoreo de las regiones tropicales y subtropicales (McDowell et al. 1993). Los requerimientos de Cu son poderosamente influenciados por las interacciones con otros minerales, especialmente, Mo y S mediante la formación de complejos insolubles (NRC, 1980). Con relación al  $Nc_t$ , las muestras de forraje tuvieron un mayor número de muestras deficientes en Mo durante el periodo de lluvias

**Tabla 31**  
**Muestras deficientes (%) en minerales de especies forrajeras del litoral centro y sur del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y periodo de sequía de 1994.**

Periodo	n	Minerales Traza							
		Cu	Zn	Mn	Fe	Co	Se	Mo <sup>2</sup>	
Lluvias	32	48.5	54.5	39.4	15.2	71.9	100.0	78.1	
Sequía	34	100.0	91.2	67.6	23.5	97.0	100.0	8.8	
Promedio		75.8	74.2	54.5	19.7	84.8	100.0	42.4	

<sup>1</sup> Muestras de forrajes deficientes en minerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 1984; McDowell et al., 1984) como sigue: Cu (10 ppm), Zn (30 ppm), Mn (40 ppm), Fe (50 ppm), Co (0.1 ppm) y Se (0.1 ppm).

<sup>2</sup> Mo (3 ppm), nivel crítico de toxicidad (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

(78.1%) comparado al período de sequía (8.8%), por lo que se podría considerar una deficiencia secundaria en el período de lluvias y una deficiencia primaria en el período de sequía (Miltimore y Mason, 1971).

El número de muestras deficientes en Zn, Mn y Co fué mayor en el período de sequía.

### **5.8. Evaluación del perfil mineral de diferentes especies forrajeras nativas e introducidas de cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995.**

#### **5.8.1. Promedio general del perfil mineral de 22 especies forrajeras introducidas y nativas del litoral del Golfo de México.**

El perfil de macrominerales y minerales traza de 22 especies forrajeras procedentes de 4 regiones geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995 se considera en las Tablas 32 y 33, respectivamente.

Los promedios generales y el error estandar de macrominerales y minerales traza, de todas las especies forrajeras muestreadas en las cuatro zonas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995, se consideran en la Tabla 34.

El análisis de varianza de los resultados obtenidos de las diferentes especies forrajeras de las cuatro regiones del litoral del Golfo de México se localizan en la Tabla 47 del Apendice A.

### 5.8.1.1. Macrominerales.

El rango del perfil de 5 macrominerales de 4 regiones geográficas del litoral del Golfo de México, considerando la especie forrajera con mayor y menor concentración, son como sigue: 1) para Ca fué cruza l (0.44 ppm) el más elevado y yaxcomel (0.21 ppm) el más bajo, 2) para P, yaxcomel (0.26 ppm) y jaragua (0.08 ppm), 3) para Mg, santo domingo (0.16 ppm) y alicia (0.05 ppm), 4) para K, santo domingo (2.25 ppm) y jaragua (0.14 ppm) y 5) para Na, pará (0.46 ppm) y carretero (0.03 ppm).

Es importante aclarar que la presencia de ciertas especies forrajeras en sitios determinados de una región podrían reflejar la capacidad de esas plantas de retener minerales en ese suelo y bajo una condición climatológica y de precipitación determinada.

Un caso específico es del zacate santo domingo que fué mostrado en un solo rancho de grandes dimensiones junto a la costa del estado de Tamaulipas. La concentración de minerales de los forrajes varía en gran medida dependiendo del suelo, la planta (especie) y muchos otros factores que constituyen la administración del recurso forrajero (Spears, 1994). Gomide y Zometa (1978) mencionan que la composición mineral de los forrajes varía de acuerdo a muchos factores y entre éstos están las diferencias entre especies y variedades. Además, documenta información del perfil mineral de varias especies forrajera a diferentes edades y entre las especies que enlista se encuentra *Panicum maximum*, *Melinis minutiflora*, *Pennisetum purpureum*, *Digitaria decumbens* e *Hyparrhenia ruffa*.

Varios investigadores han encontrado diferencias en la concentración de minerales en los forrajes debido a la especie forrajera. Sanchez et al. (1986), Sanchez et al. (1989) y Vargas y Sánchez (1993) en Costa Rica, Gruber et al. (1994) en Austria, Korkmaz et al. (1994) en Turquía, Bedi y Khan (1989) en la India, Barnes et al. (1990) en Texas, E.U.A., Little et al. (1989) en Indonesia, Somlo et al. (1985) y Balbuena et al. (1989) en Argentina, Stunzi et al. (1989) en Suiza, Musalia et al. (1989) en Kenia, Kappel et

Tabla 32  
 Perfil de macrominerales (%) de diferentes especies forrajeras procedentes del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995.

Especie forrajera	n	Ca	P	Mg	K	Na
Estrella	63	0.35cde	0.26a	0.10cdef	0.84de	0.09defg
Guinea	24	0.50b	0.16abcd	0.13bcf	1.0cde	0.07efg
Pangola	20	0.36cde	0.14cd	0.08cdf	0.79de	0.28b
Insurgente	19	0.27cde	0.15cd	0.13bcef	0.8de	0.10defg
Humidicola	15	0.29cde	0.13cd	0.07cdf	0.61de	0.16cdf
Señal	13	0.26de	0.13cd	0.08cdef	0.5e	0.09defg
Aleman	8	0.33cde	0.18abc	0.10cdef	1.11bcde	0.10defg
Remolino	7	0.36cde	0.23abc	0.17ab	0.69de	0.08defg
Taiwan	7	0.39ce	0.20abc	0.12bcf	0.91cde	0.11defg
Jaragua	6	0.27cde	0.08d	0.06cdf	0.14e	0.04fg
Cruza I	6	0.44bcde	0.24abc	0.06cdf	1.51abc	0.11defg
Mixto	5	0.31cde	0.22abc	0.09cdef	0.9cde	0.10defg
Pará	5	0.65a	0.15bcd	0.21a	1.29abcd	0.46fg
Gigante	3	0.23cde	0.15abcd	0.07cdf	1.06bcde	0.07defg
Carretero	2	0.28cde	0.24ac	0.1cdef	0.5e	0.03g
Alicia	2	0.46bce	0.22abc	0.05f	0.57de	0.12cdefg
Coastal Bermuda	2	0.32cde	0.11cd	0.06f	0.85cde	0.06fg
Egipto	2	0.41bcde	0.19abcd	0.11bcf	0.97cde	0.18bcdef
Paspalum	2	0.34cde	0.21abc	0.10bcdef	0.61de	0.10defg
Radicans	2	0.34cde	0.17abcd	0.14abcdef	2.16ab	0.27g
Santo Domingo	2	0.41bcde	0.26abc	0.16abcef	2.25a	0.21bcdf
Yaxcomel	2	0.21e	0.26ac	0.06cdf	0.96cde	0.15cdefg
Ncd		0.3	0.25	0.2	0.7	0.08

a,b,c Valores promedio en columnas con letra superíndices diferentes, difieren entre sí ( $P < 0.05$ ).  
 Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

al.(1985) en Lousiana, E.U.A., Faye et al. (1986) en Etiopía y Kabaija y Smith (1988) en Etiopía, Boila et al. (1984), Boila et al. (1985) y Boila et al. (1987) en Manitoba, Canada, Rhykerd et al. (1984) en Portugal, Rittich y Zaludova (1987) en Checoslovaquia, Mandiki et al. (1986) en Zaire, Kappel et al.(1985) en Lousiana y Groce et al. (1987) en Mississippi, E.U.A., Nicholson (1986) en Nueva Brunswick, Canada, Prada et al. (1983) en Brazil, Tejada et al. (1985) en Guatemala y, Laredo y Cuesta (1984) en Colombia.

### 5.8.1.2. Minerales Traza.

La concentración de Cu en las 22 especies forrajeras tuvo un rango de 3.1 a 9.4 ppm (Tabla 33). El nivel más bajo fué para paspalum (3.1 ppm) y el nivel más alto para santo domingo (9.4 ppm). Todos los promedios de las 22 especies forrajeras fueron menores al  $Nc_d$  (0.1 %).

Las muestras de santo domingo (101.3 ppm) y bermuda de la costa (100.8 ppm) fueron las que tuvieron la mayor concentración de Fe. El promedio más deficiente fué el obtenido a partir de las muestras de alicia (10.2 ppm). El promedio de 6 de 22 especies forrajeras tuvieron valores menores que el  $Nc_d$  (30 ppm).

El rango de la concentración de Zn fué la menor en cruz 1 (12.8 ppm) y la mayor, en yaxcomel (83.6 ppm). Doce de 22 especies forrajeras fueron deficientes en Zn.

Solamente una especie forrajera tuvo una concentración mayor de Mn que el  $Nc_d$  (40 ppm). La concentración más baja fué aquella obtenida en el zacate jaragua (5.8 ppm) y la más alta, en el zacate radicans (55.1 ppm).

El zacate estrella fué la especie forrajera con mayor número de muestras (63) y la concentración de minerales traza en esta fué la siguiente: Cu (6.2 ppm), Fe (32.8 ppm), Zn (29.5 ppm) y Mn (20.6 ppm). De acuerdo a estos resultados, todos los minerales traza

**Tabla 33**  
**Perfil de minerales traza (ppm) de diferentes especies forrajeras procedentes del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995.**

Especie	n	Cu	Fe	Zn	Mn
Estrella	63	6.2a	32.8d	29.5bc	20.6b
Guinea	24	7.1a	34.9cd	30.9bc	31.9ab
Pangola	20	5.8a	40.8cd	27.0c	27.5ab
Insurgente	19	5.5a	19.8d	37.7bc	22.6ab
Humidícola	15	5.6a	18.8d	44.4abc	24.9ab
Señal	13	4.1a	20.6d	26.7c	12.6b
Aleman	8	5.0a	19.6d	42.9abc	30.8ab
Remolino	7	4.2a	37.1cd	38.4bc	21.3ab
Taiwan	7	7.7a	22.2d	35.8bc	18.9b
Cruza I	6	5.2a	26.2d	12.8c	10.6b
Jaragua	6	3.9a	17.7d	19.7c	5.8b
Mixto	5	7.4a	17.7d	30.8bc	17.5b
Pará	5	4.5a	70.7ab	30.5bc	29.7ab
Gigante	3	5.0a	11.8d	16.0c	23.9ab
Carretero	2	5.8a	61.1abc	20.3c	31.8ab
Alicia	2	3.8a	10.2d	35.4bc	14.0b
Coastal Bermuda	2	4.3a	100.8a	20.1c	18.7b
Ejipto	2	5.6a	19.6d	58.9abc	34.6ab
Paspalum	2	3.1a	28.3d	13.1c	20.6b
Radicans	2	8.3a	39.2cd	68.8ab	55.1a
Santo Domingo	2	9.6a	101.3a	29.0bc	33.0ab
Yaxcomel	2	8.9a	41.8bcd	83.6a	13.1b
NC		10	50	30	40

a,b,c Valores promedio en columnas con letra superíndices diferentes, difieren entre sí ( $P < 0.05$ ).  
 Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

Tabla 34

Error estandar de los promedios generales de perfiles minerales de diferentes especies forrajeras procedentes del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1993 y 1995.

Minerales	Rango de observaciones	Promedio general	Error estandar
<b>Macrominerales, %</b>			
Ca	0.23-0.65	0.35	0.09
P	0.08-0.26	0.19	0.05
Mg	0.05-0.17	0.10	0.04
K	0.14-2.24	0.85	0.46
Na	0.03-0.46	0.12	0.06
<b>Minerales traza, ppm</b>			
Cu	3.1-9.4	5.9	0.3
Zn	12.8-83.6	32.1	2.0
Mn	5.8-55.1	23.2	1.9
Fe	10.2-101.3	31.9	5.0

del zacate estrella en las cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias fueron deficientes.

Diferencias entre especies forrajes se han observado en las mismas regiones y sitios. Mendez (1989) determinó diferencias entre 12 especies forrajeras distintas en un rancho del estado de Quintana Roo. Considerando el periodo de lluvias y sequía, determinó rangos de P (0.21 a 0.47%), de Ca (0.14 a 2.85), Mg (0.11 a 0.57 %), Cu (1.1 a 211.6 ppm) y Zn (39.7 a 551.1 ppm). Es necesario considerar en este tipo de estudios que no solo la especie forrajera determina una concentración distinta de minerales, sino además, el hecho de que el forraje sea para pastoreo directo o de corte, y el modo de muestreo. Obtener muestras de gran parte de la planta de taiwan, como sería el considerarlo un forraje de corte, no es lo mismo que cortar solamente la parte aérea (sin tallo), considerando un pastoreo directo.

Diferencias estadísticas significativas se observaron entre promedios de Fe, Zn y Mn de diferentes especies forrajeras. Estas diferencias no se observaron entre promedios de Cu. Prada et al. (1983) muestrearon cuatro especies forrajeras en una área de 14,820 hectáreas de Mato Grosso do Sul, Brasil a intervalos de un mes durante 12 meses y determinaron los niveles de Mn en *Digitaria decumbens* (811 ppm), *Eriochloa polystachya* (499 ppm), *Panicum maximum* (190 ppm) y *Hyparrhenia rufa* (167 ppm). Concluyeron que el nivel de Mn en *D. decumbens* y *E. polystachya* podrían ser tóxico para el ganado.

### **5.8.2. Perfil mineral de cinco especies forrajeras introducidas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias.**

Los resultados obtenidos del perfil mineral de cinco de las 22 especies forrajeras introducidas más abundantes del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias

Tabla 35

Muestras obtenidas de cinco especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995.

Especie	Zona geográfica				Litoral de Tamps.
	Tabasco	Campeche	Nte. Veracruz		
Estrella	23	10	17		13
Guinea	8	4	6		6
Pangola	5	2	7		6
Insurgente	16	3	0		0
Señal	8	2	3		0

de 1993 y 1995 se enlistan en las Tablas 36, 37, 38, 39 y 40. La cantidad de muestras colectadas de cada especie forrajera y su origen geográfico son incluidas en la Tabla 35.

#### 5.8.2.1. *Braquiaria brizantha* (insurgente).

Las muestras de la especie forrajera *Braquiaria brizantha* tuvieron su origen en los estados de Tabasco y Campeche. Diez y seis muestras fueron de Tabasco y tres del estado de Campeche (Tabla 36).

**Macrominerales.** La concentración de Ca fue mayor en el estado de Tabasco (0.27 %) que en Campeche (0.23 %). Una ligera diferencia en la concentración de P en el estado de Tabasco (0.15 %) se observa sobre el estado de Campeche (0.14 %) y la concentración de Mg fue la misma para los dos estados o zonas geográficas. La concentración de K en los forrajes de Campeche (1.31 %) fue mucho mayor que el determinado en Tabasco (0.7 %). Los niveles de Na en los forrajes fueron muy similares en ambos estados. Tabasco tuvo una concentración de 0.1 % y Campeche de 0.09%.

En esta especie forrajera, el único macromineral deficiente, con una concentración menor al  $Nc_d$  fue el P y no se determinó diferencia significativa al comparar las medias de ambos estados.

**Minerales Trazas.** A diferencia de los macrominerales, todos los minerales traza fueron deficiente en Tabasco, con excepción del Zn. Diferencias significativas se observaron en las medias de Tabasco y Campeche cuando se analizó Fe.

#### 5.8.2.2. *Braquiaria decumbens* (señal o chontalpo).

Esta especie forrajera fue muestreada en las tres regiones geográficas involucradas en este estudio (Tabla 37). Ocho muestras fueron de Tabasco, dos de Campeche y tres del estado de Veracruz (Tabla 35).

**Tabla 36**  
**Perfil mineral del zacate Insurgente (*Braquiaria brizantha*) en dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.**

Elemento Mineral	Tabasco	Campeche	Promedio	Error estandar	Nivel crítico
Macrominerales, %					
Ca	0.27 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.27	0.03	0.3
P	0.15 <sup>a</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.15	0.02	0.25
Mg	0.13 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.13	0.01	0.2
K	0.7 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	0.8	0.12	0.7
Na	0.10 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.1	0.01	0.08
Minerales Traza, ppm					
Cu	5.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.5	1.2	10.0
Fe	16.9 <sup>b</sup>	35.3 <sup>a</sup>	19.8	0.6	50.0
Zn	39.8 <sup>a</sup>	26.7 <sup>a</sup>	37.7	9.6	30.0
Mn	23.0 <sup>a</sup>	20.8 <sup>a</sup>	22.6	3.6	40.0

<sup>a,b,c</sup> Valores promedio en columnas con letra superíndices diferentes, difieren entre si ( $P < 0.05$ ).  
 Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

**Tabla 37**  
**Perfil mineral del zacate Señal o Chontalpo (*Braquiaria decumbens*) en dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.**

Mineral	Tabasco	Campeche	Veracruz	Promedio	Error estandar	Nivel crítico
Macrominerales, %						
Ca	0.26 <sup>a</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.26	0.03	0.3
P	0.13 <sup>a</sup>	0.17 <sup>a</sup>	0.1 <sup>a</sup>	0.13	0.01	0.25
Mg	0.06 <sup>b</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.07 <sup>ab</sup>	0.08	0.01	0.2
K	0.47 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.5	0.1	0.7
Na	0.09 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.09	0.02	0.08
Minerales Trazas, ppm						
Cu	3.7 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.1	0.8	10.0
Fe	11.8 <sup>b</sup>	43.2 <sup>a</sup>	29.1 <sup>a</sup>	20.6	2.9	50.0
Zn	20.6 <sup>a</sup>	46.8 <sup>a</sup>	29.5 <sup>a</sup>	26.7	5.9	30.0
Mn	11.9 <sup>a</sup>	18.0 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>	12.6	3.8	40.0

a,b,c Valores promedio en columnas con letra superíndices diferentes, difieren entre sí ( $P < 0.05$ ).  
 Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

**Macrominerales.** El perfil mineral de *braquiaria decumbens* en tres diferentes zonas geográficas del litoral del Golfo de México se enlistan en la Tabla 37. El mineral más deficiente fué el P. Todos los promedios por estado eran menores al  $Nc_d$  (0.25 %). La concentración de Ca (0.31%) y K (0.76 %) fueron mayores al  $Nc_d$  en las muestras procedentes del estado de Campeche. Aquellas obtenidas en estado de Tabasco y norte de Veracruz fueron deficientes. El Na fué menor al nivel crítico solamente en el norte de Veracruz.

Minson (1990) utilizando información de varias publicaciones de diferentes orígenes, reporta una media de 0.33% y un rango de 0.2 a 0.39% de concentración de Ca en *Braquiaria decumbens*. Los resultados obtenidos en Tabasco (0.26%), Campeche (0.31%) y Veracruz (0.2%) promedian un 0.26% de Ca, valor menor a la media pero dentro del rango reportado por este autor.

Diferencias significativas se obtuvieron al comparar las medias de concentración de Mg entre las tres regiones. No se observaron estas diferencias en los otros estados.

**Minerales Traza.** El nivel de Cu y Mn fueron deficientes en las tres zonas geográficas. La concentración de Zn fué mayor que el  $Nc_d$  en las muestras obtenidas en el estado de Campeche. En el estado de Tabasco y norte de Veracruz fué menor y por lo tanto, deficientes. El Fe fué deficiente en todas las las regiones.

Con relación a minerales traza, no hubo diferencias significativas al comparar los promedios entre zonas geográficas excepto para Fe.

### 5.8.2.3. *Cynodon plectostachyus* (zacate estrella).

El zacate estrella, fué la especie forrajera mas muestreada del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995. El número de muestras analizadas fué de 23, 10, 17 y 13, procedentes de Tabasco, Campeche, norte de Veracruz y litoral de Tamaulipas, respectivamente (Tabla 35).

Tabla 38

Perfil mineral del zacate Estrella (*Cynodon plectostachyus*) en cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.

Mineral	Tabasco	Campeche	Veracruz	Tamps.	Promedio	Error estandar	Nivel crítico
Macrominerales, %							
Ca	0.34b	0.32b	0.33b	0.43a	0.35	0.01	0.3
P	0.28a	0.23ab	0.23b	0.26ab	0.26	0.01	0.25
Mg	0.09b	0.08b	0.07b	0.15a	0.1	0.01	0.2
K	0.56b	0.78b	0.6b	1.68a	0.84	0.06	0.7
Na	0.13a	0.10b	0.1b	0.01c	0.09	0	0.08
Minerales Traza, ppm							
Cu	5.3b	4.2b	4.2b	11.9a	6.2	0.4	10.0
Fe	14.3c	36.6b	19.5bc	80.0a	32.8	3.4	50.0
Zn	43.5a	20.3bc	12.2c	37.1ab	29.5	2.6	30.0
Mn	18.4b	12.2bc	7.0c	48.6a	20.6	1.1	40.0

a,b,c Valores promedio en columnas con letra superíndices diferentes, difieren entre sí ( $P < 0.05$ ). Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

**Macrominerales.** El perfil de macrominerales del zacate estrella se considera en la Tabla 38. Los minerales deficientes en el estados de Tabasco fueron Mg (0.09%) y K (0.56%). El Ca, P y Na no fueron deficientes. En el estado de Campeche los minerales deficientes fueron P (0.23%) y Mg (0.07%). Los forrajes del norte de Veracruz tuvieron concentraciones P (0.23%), Mg (0.07%) y K (0.6%) menores al  $Nc_d$ . En el litoral del estado de Tamaulipas, los macromineral deficientes fueron el Na (0.01%) y el Mg (0.15%). Diferencias significativas se observaron en todos los macrominerales entre las cuatro regiones evaluadas del litoral del Golfo de México. Reina (1985) determino en el mes de abril de 1985, niveles de P (0.33%), Ca (0.56%), Mg (0.18%) y Zn (67.8%) muy superiores a aquellos obtenidos en las cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995. Otro investigador, Mendez (1989), también obtuvo en el estado de Quintana Roo, niveles mayores de P (0.31%), Mg (0.19%), Ca (0.46%) y Zn (70.7 ppm). Tanto Mendez (1989) como Reina (1985) obtuvieron niveles muy similares de Cu. El primero obtuvo un promedio en periodo de lluvias de 6.2 ppm y el segundo, 8.6 ppm en el mes de abril.

**Minerales Traza.** De los minerales traza, el Cu fué el mineral más deficiente en esta especie forrajera ya que todas los promedios regionales fueron menores al  $Nc_d$ . El Fe fué deficiente en todas las zonas geográficas excepto el litoral del estado de Tamaulipas (80.0 ppm), el Zn en Campeche (20.3 ppm) y el norte de Veracruz (12.2 ppm) y, el Mn en todas las regiones. Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre todos los promedios de concentraciones de los cinco minerales traza evaluados en el zacate estrella al comparar las cuatro regiones.

#### 5.8.2.4. *Panicum maximum* ( guinea o zacaton ).

Muestreada en las cuatro regiones geográficas del litoral del Golfo de México, el zacate guinea fué uno de los forrajes mas populares (Tabla 39). Las muestras de esta

Tabla 39  
 Perfil mineral del zacate Guinea (*Panicum maximum*) en cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.

Elemento mineral	Tabasco	Campeche	Norte de Veracruz	Litoral de Tamaulipas	Promedio	Error estandar	Nivel crítico
Macrominerales, %							
Ca	0.43 <sup>b</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.46 <sup>b</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.5	0.03	0.3
P	0.17 <sup>ab</sup>	0.13 <sup>ab</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.2 <sup>a</sup>	0.16	0.01	0.25
Mg	0.13 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.13	0.01	0.2
K	0.52 <sup>b</sup>	0.3 <sup>b</sup>	0.67 <sup>b</sup>	2.43 <sup>a</sup>	1.0	0.1	0.7
Na	0.11 <sup>a</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>ba</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.07	0.02	0.08
Minerales Traza, ppm							
Cu	7.0 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.8 <sup>b</sup>	11.0 <sup>a</sup>	7.1	0.8	10.0
Fe	23.0 <sup>b</sup>	14.3 <sup>b</sup>	19.2 <sup>b</sup>	80.1 <sup>a</sup>	34.9	2.9	50.0
Zn	37.6 <sup>a</sup>	23.4 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>	30.9	5.9	30.0
Mn	23.6 <sup>b</sup>	8.2 <sup>b</sup>	8.7 <sup>b</sup>	81.9 <sup>a</sup>	31.9	3.8	40.0

a,b,c Valores promedio en columnas con letra superíndices diferentes, difieren entre sí ( $P < 0.05$ ).  
 Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

especie que fueron analizadas, procedían de las cuatro regiones geográficas. De estas muestras, ocho fueron de Tabasco, cuatro de Campeche, seis de Veracruz y seis del litoral de Tamaulipas.

**Macrominerales.** El Ca fué el mineral más abundante en el zacate guinea en todo el litoral del Golfo de México. Todos los promedios regionales fueron superiores al  $Nc_d$ . En contraste, el macromineral más deficiente fué el P considerando que todos los promedios fueron menores al  $Nc_d$  (0.25%). La única región con un nivel deficiente en Mg fué Campeche, K fué deficiente en todas las regiones excepto en el litoral de Tamaulipas (2.43%). Diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) se observaron en todos los macrominerales entre regiones. Las especies forrajeras que son muestreadas en una región pueden definir en gran medida el perfil de un mineral en esta. Los resultados obtenidos en la determinación del perfil mineral de las diferentes especies forrajeras (Tabla 32), el zacate Santo Domingo tuvo una concentración mayor de K que cualquier otra especie forrajera del litoral del Golfo de México. Paspalum, exclusivo de Tabasco tuvo una concentración de 2.16% y el zacate Guinea tuvo una concentración de 1.0%, superior al promedio (0.86%) de la 217 muestras obtenidas en las cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México (Tabla 25). Además, esta especie forrajera fué exclusivamente muestreada en el litoral de Tamaulipas. Datos publicados por Gomide y Zometa (1978) proporcionaron resultados que indican que el cambio de madurez de *Panicum maximum* no afecta la concentración de K como a otras especies forrajeras tal como a *Melinis minutiflora*, *Pennisetum purpureum*, *Digitaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*.

**Minerales Traza.** La única región que no fué deficiente en Cu, Fe y Mn fué el litoral del estado de Tamaulipas con 11.0, 80.1 y 81.9 ppm, respectivamente. El Zn fué deficiente en Campeche (23.4 ppm) y el norte de Veracruz (25.9 ppm) y fué el único mineral que no tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre regiones. De acuerdo a McDowell et al. (1978), solamente un 3.5% de los 256 pastos presentados en las Tablas Latino Americanas de Composición de Alimentos de McDowell (1974), contenían menos

de 30 ppm de Fe. De acuerdo a los resultados obtenidos con esta especie forrajera en Tabasco, Campeche, Veracruz y Tamaulipas, demuestran una deficiencia extrema relacionada con la zona geográfica (Tabla 39).

#### 5.8.2.5. *Digitaria decumbens* (zacate pangola).

Junto con el zacate estrella y el guinea, el zacate pangola fué de las más populares especies forrajeras del litoral del Golfo de México. De las veinte muestras obtenidas en el litoral del Golfo de México, cinco fueron obtenidas de Tabasco, dos de Campeche, siete del norte de Veracruz y seis del litoral de Tamaulipas (Tabla 35).

**Macrominerales.** Todos los promedios regionales fueron deficientes en P considerándose el mineral más limitante. Las regiones deficientes en Mg y K fueron Tabasco, Campeche y norte de Veracruz. En Tabasco, la concentración de Mg fué de 0.03 % y el K de 0.26 %, en Campeche de 0.03 y 0.63%, y en el norte de Veracruz de 0.09 y 0.40 %, respectivamente. Tamaulipas también fué deficiente en Mg. Todas las regiones fueron excedentes en Na considerando el  $\text{NaCl}$  (0.08%) y el rango observado en todo el litoral del Golfo de México que fué de 0.20 a 0.37%. El nivel alto de Na en las cuatro regiones del litoral del Golfo de México no se observó en ninguna otra especie forrajera (Tabla 32 y 40) considerando el número de muestras y las regiones geográficas involucradas. McDowell et al. (1978) de la Universidad de Florida, resumieron los análisis disponibles de alimentos latinoamericanos y de 2615 muestras de forrajes, solamente 146 fueron analizados por Na. De estos, 18% tuvieron 0.05% de Na o menos, 41% tuvieron entre 0.05 y 0.1%, 18% de 0.11% a 0.20% y el 22% fué superior a 0.22 % de Na (Loosli y Zometa, 1978). Estos resultados indican que si es posible obtener niveles similares de Na a los obtenidos con el zacate Pangola y un estudio con mayor detalle con relación a estos resultados podría ser importante.

Tabla 40

Perfil mineral del zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) en cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.

Elemento Mineral	Tabasco	Campeche	Norte de Veracruz	Litoral de Tamaulipas	Promedio	Error estandar	Nivel crítico
Macrominerales, %							
Ca	0.35 <sup>a</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.39 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.36	0.04	0.3
P	0.18 <sup>a</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.14	0.01	0.25
Mg	0.03 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.08	0.02	0.2
K	0.26 <sup>b</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.40 <sup>b</sup>	1.73 <sup>a</sup>	0.79	0.12	0.7
Na	0.20 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.28	0.04	0.08
Minerales Trazo, ppm							
Cu	5.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	5.8	0.6	10.0
Fe	5.2 <sup>c</sup>	33.8 <sup>b</sup>	40.7 <sup>b</sup>	73.1 <sup>a</sup>	40.8	6.0	50.0
Zn	39.0 <sup>a</sup>	27.2 <sup>ab</sup>	17.5 <sup>b</sup>	28.1 <sup>ab</sup>	27.0	3.3	30.0
Mn	10.7 <sup>b</sup>	8.9 <sup>b</sup>	25.0 <sup>ab</sup>	50.5 <sup>a</sup>	27.5	6.5	40.0

a,b,c Valores promedio en columnas con letra superíndices diferentes, difieren entre sí ( $P < 0.05$ ). Niveles críticos (ppm) de deficiencia de minerales (NRC, 1984; McDowell et al., 1984).

Minson (1990) menciona que los forrajes acumuladores de Na contienen más de 2.0 g de Na por Kg MS y considerando que el suelo donde se desarrolla la planta es altamente concentrado en Na y niveles de K que no afecten la incorporación de Na en la planta. Varios investigadores han determinado niveles de 3.2 a 8.8 g de Na por kg de MS en *Digitaria decumbens*. Los promedios generales de Na en las muestras de *Digitaria decumbens* en Tabasco, Campeche, Veracruz y Tamaulipas fueron igual o mayor a 2.0 g de Na por kg de MS, considerándose una especie acumuladora de Na. Además, los niveles más bajos de K en esta especie forrajera se obtuvieron en el norte de Veracruz. Las concentraciones de Na en las cuatro regiones geográficas no se consideraron diferentes estadísticamente (Tabla 40).

Reuter y Robinson (1986) exponen los criterios para interpretar datos de análisis de minerales para forrajes tropicales y sugieren que un nivel adecuado de P en *Digitaria decumbens* es de 0.18 a 0.26%. El nivel crítico para la planta es de 0.16% y el nivel deficiente es aquel menor de 0.14%.

**Minerales Traza.** El Cu, de nuevo fué el mineral traza más deficiente considerando que ningún promedio fué superior al  $Nc_d$  de deficiencia. El Fe fué deficiente en el estado de Tabasco (5.2 ppm), el estado de Campeche (33.8 ppm) y el el norte del estado de Veracruz (40.7%). El Zn, en el estado de Campeche (27.2 ppm), norte de Veracruz (17.5 ppm) y litoral de Tamaulipas (28.1 ppm) y, el Mn, en Tabasco (10.67 ppm), Campeche (8.9 ppm) y norte de Veracruz (25.0 ppm). No se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) de Cu entre regiones. Los minerales traza Zn, Fe y Mn sí tuvieron diferencias significativas. Gomide y Zorneta (1978) exponen resultados que indican que *Digitaria decumbens* puede almacenar más Mn que otros zacates como *Melinis minutiflora*, *Pennisetum purpureum* e *Hyparrhenia rufa*. Además exponen resultados que indican un incremento en la concentración de Mn al avanzar la planta en edad, cultivada en el mismo suelo.

## **5.9. Coeficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México.**

### **5.9.1. Perfil mineral de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México.**

Los coeficientes de correlación entre concentraciones de minerales de las especies forrajeras de cuatro regiones del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995 se muestran en el Apéndice B (Tabla 53) y consideran los resultados obtenidos de 217 muestras. Las correlaciones más importantes fueron: K y Mg ( $r = 0.59$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y Ca ( $r = 0.43$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y Mg ( $r = 0.41$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y K ( $r = 0.56$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Mg ( $r = 0.46$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y K ( $r = 0.55$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Cu ( $r = 0.41$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Cu ( $r = 0.58$ ,  $P < 0.01$ ).

### **5.9.2. Perfil mineral de Tabasco.**

Estas correlaciones se localizan en el Apéndice B (Tabla 54) y las más altas fueron: P y Ca ( $r = 0.51$ ,  $P < 0.01$ ); K y P ( $r = 0.46$ ,  $P < 0.01$ ); K y Mg ( $r = 0.62$ ,  $P < 0.01$ ); Na y Ca ( $r = 0.40$ ,  $P < 0.01$ ); Na y P ( $r = 0.45$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y Ca ( $r = 0.49$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y K ( $r = 0.52$ ,  $P < 0.01$ ); y Cu y Na ( $r = 0.45$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Mg ( $r = 0.57$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y K ( $r = 0.54$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Ca ( $r = 0.52$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Na ( $r = 0.49$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Cu ( $r = 0.78$ ,  $P < 0.01$ );

### **5.9.3. Perfil mineral de Campeche.**

Estas correlaciones se localizan en el Apéndice B (Tabla 55) y las importante fueron: K y P ( $r = 0.51$ ,  $P < 0.01$ ); K y Mg ( $r = 0.71$ ,  $P < 0.01$ ); Na y K ( $r = 0.40$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y K ( $r = 0.48$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y Na ( $r = 0.49$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Cu ( $r = 0.73$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y Mg ( $r = 0.46$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y K ( $r = 0.69$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y Na ( $r = 0.42$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y Cu ( $r = 0.38$ ,  $P < 0.01$ ).

#### 5.9.4. Perfil mineral del norte de Veracruz.

Estas correlaciones se localizan en el Apéndice B (Tabla 56) y las más altas fueron: Mg y Ca ( $r = 0.63$ ,  $P < 0.01$ ); Na y Ca ( $r = 0.58$ ,  $P < 0.01$ ); Na y Mg ( $r = 0.69$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Mg ( $r = 0.76$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Na ( $r = 0.75$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y Mg ( $r = 0.73$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y Na ( $r = -0.73$ ,  $P < 0.01$ ).

#### 5.9.5. Perfil mineral del litoral de Tamaulipas.

Estas correlaciones se localizan en el Apéndice B (Tabla 57) y las importantes fueron: Mg y Ca ( $r = 0.83$ ,  $P < 0.01$ ); K y Ca ( $r = 0.73$ ,  $P < 0.01$ ); K y Mg ( $r = 0.72$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y Ca ( $r = 0.57$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y Mg ( $r = 0.65$ ,  $P < 0.01$ ); Cu y K ( $r = 0.45$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Ca ( $r = 0.51$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Mg ( $r = 0.56$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y K ( $r = 0.53$ ,  $P < 0.01$ ); Fe y Cu ( $r = 0.62$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Ca ( $r = 0.52$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Mg ( $r = 0.55$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Cu ( $r = 0.73$ ,  $P < 0.01$ ); Zn y Fe ( $r = 0.71$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y Mg ( $r = 0.60$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y K ( $r = 0.59$ ,  $P < 0.01$ ); Mn y Fe ( $r = 0.54$ ,  $P < 0.01$ ).

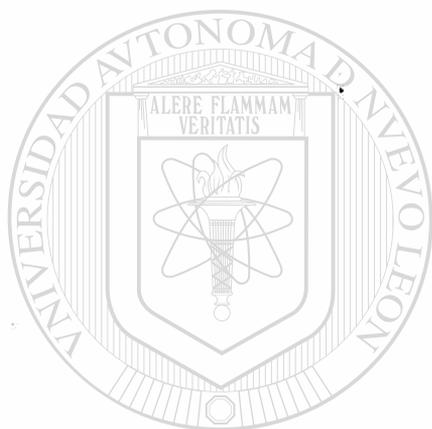
#### 5.9.6. Discusión sobre los factores que afectan el coeficiente de correlación entre nutrientes de especies forrajeras y la utilidad de estas en la nutrición de rumiantes en pastoreo.

Un alto coeficiente de correlación entre nutrientes de una misma especie forrajera podría sugerir que el contenido de uno de estos nutrientes sería estimado, si el contenido de otro fuese conocido. Sin embargo, muchos factores afectan el contenido de minerales u otros nutrientes en los forrajes y por lo tanto, una formulación de raciones debe fundamentarse en un análisis químico actual del forraje y no en promedios o estimaciones obtenidas por coeficientes de correlación (Hintz et al. 1985). McDowell et al. (1983) mencionan que las concentraciones de los elementos minerales en forrajes dependen de las interacciones entre factores como el suelo, especie forrajera, estado de madurez, cobertura vegetal, manejo de la pradera y clima. Las áreas donde existen deficiencias o

excesos de minerales están asociados geográficamente con los niveles correspondientes de minerales en el suelo. Por lo tanto, la absorción de estos elementos por las plantas está altamente correlacionada con su contenido y disponibilidad en el suelo. Boila et al. (1984) encontraron una alta relación entre la concentración de Mo en los forrajes y el contenido de este mineral en el suelo. Arvy y Lamand (1983) analizaron la concentración de Se en 500 especies forrajeras, granos de cereal y suelos de 69 regiones de Francia, determinando una variabilidad entre especies y correlaciones entre concentraciones de minerales en tejido vegetal y suelos. Contrario a estos resultados, Oegebe et al. (1995a) determinaron el perfil de macrominerales de suelo y forrajes del estado de Benue, Nigeria, y concluyeron que la concentración de minerales en el suelo no es de gran importancia en la evaluación de requerimiento de minerales para rumiantes en pastoreo. Además, Oegebe et al. (1995b) obtuvieron similares resultados que indicaron una baja correlación entre minerales traza del suelo y especies forrajeras. Pastrana et al. (1990) también obtuvieron una baja correlación entre macrominerales o minerales traza del suelo y especies forrajeras en el paramo Colombiano.

Otros factores, además del tipo de suelo, afecta el contenido de minerales en los forrajes y la relación entre éstos. El contenido de un elemento mineral podría parecer el factor más importante en la determinación de la concentración de minerales en los suelos, sin embargo, el pH, la textura, el contenido de humedad y la materia orgánica son probablemente los factores más limitantes (McDowell et al. 1977). Una fertilización con P de especies forrajeras afectará el contenido de K, Mg y Ca en los forrajes. Este disminuirá el nivel de K e incrementará el nivel de Mg y Ca (Rienbott and Blevins, 1991). De acuerdo a Grunes y Welch (1989), cuando la temperatura ambiental aumenta y las plantas crecen más rápidamente en la primavera, la concentración de K y N aumenta con relación al nivel de Ca y Mg. El contenido de un mineral puede variar mucho entre gramíneas y leguminosas (Nicholson, 1985). Además, es posible alterar genéticamente a las especies forrajeras con el propósito de incrementar la incorporación de minerales en

estas. Brauer et al. (1989) obtuvieron resultados que sugieren la posibilidad de alterar el contenido de minerales en el sorgo forrajero por medio de selección genética. También Gorz et al. (1987) determinaron la viabilidad de incrementar la concentración de minerales en los forrajes por medio de selección genética y obtuvieron una alta correlación entre la concentración de minerales en especies forrajeras. Las correlaciones más altas fueron para Mg-Cu (0.53), P-Cu (0.62), P-Zn (0.68) y Cu-Zn (0.66) en híbridos de sorgo forrajero.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones.

En las regiones tropicales, el recurso forrajero es el principal constituyente de nutrientes para los rumiantes en pastoreo. El forraje puede estar deficiente en minerales, lo que limita la productividad y salud de los rumiantes. La formulación de complementos minerales para cubrir las deficiencias en los forrajes requiere de estudios que determinen en primera instancia, el perfil mineral de los forrajes, y además, un análisis de todas las posibles interacciones entre estos. Este estudio, que se realizó en cuatro regiones del litoral del Golfo de México permite entender que existe una influencia de la zona geográfica y la especie forrajera sobre el perfil mineral del principal alimento que consumen los rumiantes en pastoreo. Es importante aclarar que la mayoría de las muestras que se obtuvieron en el litoral del Golfo de México son de especies forrajeras introducidas, obtenidas de praderas establecidas, y representativas de la ganadería más importante de cada región. De acuerdo a este estudio, los suelos del litoral del Golfo de México se pueden considerar, generalmente, como ligeramente ácidos o ligeramente alcalinos. Los macrominerales más limitantes fueron P y Mg. Sin embargo, el K, que ha sido considerado por muchos investigadores como un mineral abundante en los forrajes en regiones tropicales, fue limitante en muchos municipios de las cuatro regiones, y el Na, considerado como uno de los minerales más deficientes, fue solamente menor al  $Nc_d$  en el litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias. Cuando se da referencia al nivel crítico de deficiencia ( $Nc_d$ ), se considera el nivel mínimo de concentración de un mineral determinado en el alimento del rumiante que evitará una deficiencia clínica o subclínica que afectan los índices productivos de los animales a una concentración marginal. Estas concentraciones de minerales en los forrajes no consideran los

niveles óptimos requeridos para una máxima productividad del animal bajo un proceso productivo específico.

El Fe, considerado en muchas publicaciones como un mineral comúnmente en exceso del  $Nc_d$  en los forrajes de regiones tropicales, fué muy baja su concentración en los forrajes del estado de Tabasco, Campeche y norte de Veracruz. Otro resultado sobresaliente es el relacionado con la concentración de P en cuatro municipios del litoral de Tabasco, donde se determinaron niveles muy superiores a los demás municipios del estado y a todos los promedios generales de las cuatro regiones del litoral del Golfo de México. Los macrominerales más deficientes fueron P, Mg y K, y los minerales traza fueron Cu, Mn y Fe.

Los macrominerales más deficientes en el estado de Campeche fueron el P y Mg. La concentración promedio de las muestras obtenidas en todo el estado excedían el  $Nc_d$  de Ca, K y Na. Con relación a los minerales traza en este estado, las concentraciones de Cu, Fe y Mn fueron las más bajas e inferiores al  $Nc_d$ . El Zn excedía los  $Nc_d$  en el estado, sin embargo, muchas muestras resultaron deficientes.

De las cuatro regiones geográficas, el norte del estado de Veracruz fué la región con deficiencias de minerales más severas, especialmente de P, Mg, K, Cu, Mn, Fe y Zn. La isla de Tamiagua tuvo concentraciones muy superiores de Ca, Na y Fe en los forrajes comparado con los demás municipios.

La concentración de minerales en el litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias fué mayor que en el período de sequía con algunas excepciones. De los macrominerales, el Mg, P y Na fueron los más deficientes y especialmente durante el período de sequía. El Ca cambió muy poco entre períodos y el K fué excesivamente alto durante el período de lluvias y superior al  $Nc_d$  durante el período de sequía. De los minerales traza, el Cu fué el mineral más limitante y se consideró como una deficiencia primaria durante el período de sequía, cuando su concentración era extremadamente baja y el nivel de Mo no excedía el  $Nc_t$ . En el período de lluvias, la deficiencia de Cu fué principalmente secundaria

considerando un nivel muy cercano al  $Nc_d$  pero registrándose en los forrajes, un nivel superior al  $Nc_t$  de Mo. El Se se consideró inexistente en los forrajes de toda la región y el Co, limitante en ambas épocas.

Considerando el número de muestras, la concentración del P en las cuatro regiones geográficas y el análisis estadístico aplicado, el zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) se puede considerar una de las especies forrajeras con mayor capacidad de almacenar este mineral. Otra especie forrajera con capacidad de almacenar gran cantidad de un mineral determinado fue el zacate pangola (*Braquiaria decumbens*). Esta especie fue muestreado en las cuatro regiones geográficas del litoral del Golfo de México y consistentemente se obtuvieron altas concentraciones de Na aún con niveles altos de K en los forrajes como sucedió en el litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias. El zacate guinea (*Panicum maximum*) fue consistente en almacenar altos niveles de Ca en las cuatro regiones durante el periodo de lluvias y las Braquiarias en almacenar bajos niveles de P. Ninguna especie forrajera registro concentraciones de Cu mayores a los  $Nc_d$ .

Se registraron muchas correlaciones entre minerales durante el periodo de lluvias. Las más altas correlaciones y consistentes en todas las regiones fueron aquellas que se obtuvieron entre K-Mg, Zn-Cu, K-Cu y K-Fe.

## 6.2. Recomendaciones.

### 6.2.1 Tabasco.

Las recomendaciones que podrían sugerirse para complementar con minerales la dieta de rumiantes en pastoreo en el periodo de lluvias en el estado de Tabasco son: 1) El nivel de P en el complemento mineral debe ser diferente para los municipios cercanos al litoral del estado con relación a los municipios del interior, debido a una mayor concentración de P en los forrajes. Los municipios del litoral a los que se da referencia son, Comalcalco, J. Mendez, Nacajuca y Paraiso, 2) Es factible el uso de fuentes de P y Ca de alta

biodisponibilidad, ya que este último, no se encuentra en cantidades suficientes en los forrajes para ciertos procesos productivos de rumiantes en pastoreo, 3) Es recomendable incorporar Mg en todos los complementos en suficientes cantidades ya que es un mineral muy deficiente, 4) El K debe ser considerado en todos los complementos y en especial para ganado lechero en pastoreo debido a su requerimiento más alto, 5) El Na se puede incorporar por medio de sal común y es necesario cuidar la palatabilidad del complemento ya que la sal puede restringir el consumo de este, y por lo tanto, de todos los minerales, 6) se debe diseñar una fórmula especial de minerales traza para el estado de Tabasco con especial atención al nivel de Fe, Mn y Cu, considerando la biodisponibilidad de las fuentes.

### 6.2.2 Campeche.

Las recomendaciones que podrían sugerirse para complementar con minerales la dieta de rumiantes en pastoreo en el periodo de lluvias en el estado de Campeche son: 1) Con relación al estado de Tabasco son muy similares excepto que el nivel de P es muy limitante en todo el estado y definitivamente se recomienda una concentración alta de este mineral en el complemento mineral. Además, la concentración de K en los forrajes de Campeche es mucho mayor que en el estado de Tabasco requiriéndose una menor cantidad de este en el complemento mineral, 2) El requerimiento de Fe en los complementos minerales destinados para el estado de Campeche es menor que en el estado de Tabasco y 3) el requerimiento de Zn, Cu y Mn son muy similares.

### 6.2.3 Norte de Veracruz.

Las recomendaciones que podrían sugerirse para complementar con minerales la dieta de rumiantes en pastoreo en el periodo de lluvias en el norte del estado de Veracruz son: 1) Es recomendable el uso de fuentes de P y Ca de alta biodisponibilidad en toda la región, especilmente, con un nivel alto de P en el suplemento. La isla de Tamiahua, donde los forrajes son satisfactorios en Ca, los complementos para el ganado no requieren de este mineral, 2) El Mg y K son recomendables en todos los complementos debido a que están muy deficientes, 3) La incorporación de sal en los complementos minerales para la isla de

Tamiahua debe limitarse debido a la alta concentración de Na en los forrajes, y 4) Todos los minerales traza analizados en los forrajes de este estudio deben incorporarse en las cantidades adecuadas en los complementos debido a la extrema deficiencia de todos estos.

#### 6.2.4 Litoral de Tamaulipas.

Las recomendaciones para elaborar complementos minerales en el litoral del estado de Tamaulipas durante el período de lluvias y sequía son: 1) El nivel de P requerido durante el período de sequía es mucho mayor que en el período de lluvias, 2) Se pueden utilizar fuentes de P de alta biodisponibilidad que contengan Ca, 3) El Mg debe ofrecerse en ambos períodos, 4) El K no debe incorporarse en los complementos durante el período de lluvias ya que este reduce la utilización de la concentración marginal de Mg y Na presente en el forraje, 5) El Na debe incorporarse en forma de sal pero es necesario limitar este mineral en praderas de zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) debido al almacenamiento de Na en esta especie forrajera, 6) El Fe debe incorporarse en pequeñas cantidades que puedan cubrir el requerimiento de los rumiantes en pastoreo pero que no inhiban la utilización de otros minerales, 7) El Cu debe incorporarse en ambos períodos pero es necesario utilizar fuentes de Cu altamente biodisponibles, especialmente en el período de lluvias, cuando el nivel de Mo es alto y provoca una deficiencia secundaria aunada a la primaria ya existente, y 8) Los demás minerales traza deben incorporarse de acuerdo a los niveles de concentración de estos en ambos períodos y considerando al Se como inexistente en los forrajes.

## LITERATURA REVISADA

Allen, V.G., F.P. Horn and J.P. Fontenot. 1986. Influence of ingestion of aluminum citric acid and soil on mineral metabolism of lactating beef cows. *J. Anim. Sci.* 62: 1396-1403.

Ammerman, C.B. and R.D. Goodrich. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. *J. Anim. Sci.* 57: 519-533.

Ammerman, C.B. and S.M. Miller. 1975. Selenium in ruminant nutrition: A review. *J. Dairy Sci.* 58:1561.

Ammerman, C.B., S.M. Miller, L.R. McDowell y C.A. Zometa. 1978. El selenio en la nutrición de los rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brasil. Marzo 22-26, 1976.

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Agricultural Chemicals; Contaminants; Drugs. Volume One.

Arvy, M.P. and M. Lamand. 1983. Selenium content of several plant species grown in France. *Comptes Rendus des Seances de l'Academie d'Agriculture de France.* 69: 8, 489-499. (Abstr.).

Alloway, B.J. 1973. Cooper and molybdenum in swayback pastures. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 80:521.

Bahía, V.G. y M. Adams. 1978. Techniques of soil sampling and analysis. p 27-29. In J.H. Conrad and L. R. McDowell (ed). Latin American symposium on mineral nutrition research with grazing ruminants. Belo Horizonte, Brazil. March 22-26, 1976.

Balbuena, O., L.R. McDowell, C.A. Luciani, J.H. Conrad, N. Wilkinson and F.G. Martin. 1989. Study of mineral nutrition of beef cattle in the eastern area of Chaco and Formosa Provinces, Argentina. *Veterinaria-Argentina.* 6:56,364-374.

Barnes, T. G., L.W. Varnes, L.H. Blankenship, T.J. Fillinger and S.C. Heineman. 1990. Macro and trace mineral content of selected south Texas deer forages. *J. Range Manage.* 43(3):220.

Bedi, S.P.S. and S.A. Khan. 1989. Trace element status of feed, fodders, animal and soil of Bareilly district (UP). *Indian Journal of Animal Nutrition.* 6:4,355-358. (Abstr).

Beatty, R.D. 1988. Concepts, instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry. The Perkin-Elmer Corporation.

Boila, R.J., T.J. Devlin, R.A. Drysdale and L.E. Lillie. 1984. Geographical variation in the copper and molybdenum contents of forages grown in northwestern Manitoba. *Can. J. Anim. Sci.* 64:899-918. (Abstr.).

Boila, R. Y., T.J. Delvin and K.M. Wittenberg. 1987. Geográfica variation of the total sulfur content of forages grown in northwestern Manitoba. *Canadian Journal of Animal Science.* 3: 869-872.

Brady, N.C.1990. The nature and properties of soils. Tenth edition. Macmillan Publishing company. New York.

Buller, R. E., E. Hernandez X. and M. H. Gonzalez.1960. Grassland and livestock regions of México. *J. Range Manage.*13: 1-6.

Call, J. W., J. E. Butcher, J. T. Blake, R. A. Smart and J. L. Shupe.1978. Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. 47: 216-225.

Chirase, S.N.K., D.P. Hutcheson and G.B. Thompson.1991. Feed intake, rectal temperature and serum mineral concentration of feed lot cattle fed zinc oxide or zinc methionine and challenge with infected bovine rhinotraqueitis virus. *J. Anim. Sci.* 69: 4137.

Conrad, J.H. y J. Avila.1978. Predicción de las deficiencias minerales en los rumiantes basado en suelo, planta y tejido animal. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brasil. Marzo 22-26,1976.

Cragle, R.G.1973. Interactions and dynamics of certain mineral elements in ruminant nutrition. 13th Annual Ruminant Nutrition Conference. Federation Proceedings. Vol.32. No. 8. p 1910-1914.

Church, D.C. 1989. The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition. Prentice Hall. New York.

Dahlquist, R.L. and J.W. Knoll.1978. Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Analysis of biological material and soil for mayor, trace, and ultratrace elements. *Appl. Spectrosc.* 32: 1-29.

Debersaques, F. and G. Velghe and J. Aerts.1988. Analysis of mineral in feeds for cattle by plasma emission spectrometry. *Revue de l'Agriculture.* 41: 6, 1431-1441. (Abstr.).

Dorsdoff, M.1975. Suelos de las regiones tropicales húmedas. Academia Nacional de Ciencias. Washington, E.U.A Primera edición en español.

- Dunn, T.G. and G. E. Moss.1992. **Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock.** *J. Anim. Sci.* 70: 1580-1593.
- Durand, M. and R. Kawashima.1980. **Influence of mineral in rumen microbial digestion.** In *digestive physiology and metabolism in ruminants.* Avi. Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. p. 375.
- Elliot, J.M.1980. **Propionate metabolism and vitamin B<sub>12</sub>.** *Digestive physiology and metabolism in ruminants.* Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Emanuele, S.M. and C.R. Staples.1990. **Ruminal release of minerals from six forage species.** *J. Anim. Sci.* 68: 2052-2060.
- Emanuele, S. M., C.R. Staples and C.J. Wilcox.1991. **Extent and site of mineral release from six forage species incubated in mobile dacron bags.** *J. Anim Sci.* 69: 801-810.
- Faye, B., C. Grillet and A. Tessema.1986. **Trace mineral contents in forages and plasma of domesticated ruminants in Ethiopia.** *Revue d'Elevage et de Medicine Veterinaire des Pays Tropicaux.* 38: 2, 227-237. (Abstr.).
- Fick K.R., L. R. McDowell y R.H. Houser.1978. **Situación actual de la investigación de minerales en America Latina. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo.** Belo Horizonte, Brasil, Marzo 22-26,1976.
- Fick, K.R., L.R. McDowell, P.H. Miles, N.S. Wilkinson, J.D. Funk, J.H. Conrad.1979. **Methods of mineral analysis for plant and animal tissues.** 2nd. ed. Animal Science Department, University of Florida, Gainesville, Florida.
- Fontenot, J.P., M.B. Wise and K.E. Web, Jr.1973. **Interrelationships of potasium, nitrogen, and magnesium in ruminants.** *Federation Proc.* 32:1925-1928.
- Fontenot, J.P., V.G. Allen, G. E. Bruce and J.P. Goff. 1989. **Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants.** *J. Anim. Sci.* 67: 3445-3455.
- Gartenberg, P.K., L.R. McDowell, D. Rodriguez, N. S. Wilkinson and F.G. Matin.1989. **Evaluation of the mineral status of cattle in northeast Mexico. I. Macrominerals.** Florida Agric. Exp. Station. Scientific paper No. 9601.
- Gengelbach, G.P., J.D. Ward, and J.W. Spears.1994. **Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves.** *J. Anim. Sci.* 72:2722-2727.

Gerloff, B.J.1992. Effects of selenium supplementation on dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 70: 3934-3940.

Gomide, J.A. y A.T. Aguilar-Zometa.1978. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales.

Greene, L.W., J. P. Fontenot and K.E. Webb, Jr.1983. Site of magnesium and other macromineral absorption in steers fed high levels of potassium. *J. Anim. Sci.* 57:503-510.

Groce A.W, C. E. Taylor, L.A. Kert and D.E. Pettry.1987. Mississippi forages: are they adequate sources of essential minerals for grazing ruminants. *Mississippi Veterinary Journal. Summer, 2-6:34.(Abstr.)*.

Gruber I., G. Weidner, A.Vogel and T. Guggenberger.1994. Nutrient and mineral content of roughages in Austria. *Bodenkultur.* 45: 1,57-73. (Abstr.).

Hansel W. and E.M. Convey.1983. Physiology of the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 57: 404.

Harris W.D. and P. Potat.1954. Determination of phosphorus content of lipids. *J. Am. Oil Chem Soc.* 31: 31:124-127.

Harrison G.A., K.A. Dawson and R.W. Hemken.1992. Effects of high iron and sulfate ion concentrations on dry matter digestion and volatile fatty acid production by ruminal microorganisms. *J. Anim. Sci.* 70: 1188-1194.

Hidioglou, M.1979. Trace element deficiencies and fertility in ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 62:1195-1206.

Hoekstra, W.G. 1974. Biochemical role of selenium. IN: W.G. Hoekstra, J.W., Suttie, H. E. Granther and W. Mertz (Ed). *Trace element metabolism in animals.* Vol. II pp 61-77. University Park Press. Baltimore, M.D.

Hoover, W.H.1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755-2766.

Houser, R.H., K.R. Fick, L.R. McDowell y J.J Osorto.1978. El cobalto en la nutrición de los rumiantes. *Latin American symposium on mineral nutrition research with grazing ruminants.* Belo Horizonte, Brazil. March 22-26, 1976.

Hume, I.D. and P.R. Bird.1970. Synthesis of microbial protein in the rumen. IV. The influence of the level and form of dietary sulfur. *Australian J. Agr. Res.* 21:315.

Hurley, W.L. and R.M. Doane.1989. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J. Dairy Sci.* 72:784-804.

Ingraham, R.H., L.C. Kappel, E.B. Morgan and A. Srikan Pakumar.1987. Correction of subnormal fertility with cooper and magnesium supplementation. *J. Dairy Sci.* 70: 167-180.

Janzen, F.H.A., B.A. Cooke, M.J.A. Van Driel and H.J. Van Per Mole.1976. The effect of calcium ions on testosterone production in Leydig Cells from rat testis. *Biochem. J.* 160: 433.

Jaramillo, V.V., R. Méndez y J.A. Montaña.1991. Capacidad de sostenimiento del ganado en pastoreo en México. Información interna de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero, México, D.F. sin publicar.

Jones, J.B., Jr.1977. Elemental analysis of soil extracts and plant tissue ash by plasma emission spectrometry. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 8(4): 349-365.

Kabajja, E. and O.B. Smith.1988. The effect of age of regrowth on content and release of manganese, iron, zinc and copper from four tropical forages incubated in sacco in rumen of sheep. *Animal feed science and Technology.* 20: 2,171-176. (Abstr.).

Kandylis, K. 1984. Toxicology of sulfur in ruminants: Review. *J. Dairy Sci.* 67: 2179-2187.

Kappel, L.C., E.B. Morgan, L. Kilgore, R.H. Ingraham and D.K. Babcock.1985. Seasonal changes of mineral content of southern forages. *J. Dairy Sci.* 68:1822-1827.(Abstr.).

Kennedy, D.W., W.M. Craig, and L.L. Southern.1993. Ruminal distribution of zinc in steers fed a polysaccharide-zinc complex or zinc oxide. *J. Anim. Sci.* 71: 1281-1287.

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

Knebusch, C. F., J.L.Valdes, L. R. McDowell and J. H. Conrad.1986. Macromineral status and supplementation of grazing steers under tropical conditions in Guatemala. *Nutrition Reports International.* vol. 33 No.6 p.917.

Knebusch, C.F., J.L. Valdes, L. R. McDowell and J. H. Conrad.1988. Seasonal effect of mineral supplementation on microelement status and performance of grazing steers. *Nutrition Reports International.* Vol.38 No.2 p.399.

Korkmaz, A., C. Gulser, I. Manga and C. Sancak.1994. Effects of cropping systems and cutting dates for various forage crops on the mineral content and quality of hay

produced in Samsun province. *Doga, Turk Tarim ve Ormancilik Dergisi*. 17: 4, 1069-1080. (Abstr.).

Laredo, C. and P. Cuesta.1984. Levels of iron, molybdenum, cadmium and cobalt in forages and the availability of copper for ruminants in Colombia. *Revista Instituto Colombiano Agropecuario*. 19:1, 141-151. (Abstr.).

Lebdosoekojo, S., C.B. Ammerman, N.S. Raur, J. Gomez and R.C. Litell.1980. Mineral nutrition of beef cattle grazing native pastures on the eastern plains of Colombia. *J. Anim. Sci*. 51: 1249-1260.

Lee, H.J. and H.R. Marston.1969. The requirement for cobalt of sheep grazed on cobalt-deficient pastures. *Aust. J. Agri. Res.*, 20:905-918.

Loosli, J.K.y C.A. Zometa.1978. Sodio y cloro en la nutrición de los rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brazil. Marzo 22-26, 1976.

Madsen, F.C.1987. Biotechnology in the feed industry. Alltech Technical Publications. p 152-161.

Madsen, F.C.1988. Essential mineral nutrition: A role for coordination Chemistry. Biotechnology in the feed industry. Alltech Technical Publications.

Mandiki, S.N.M., M. Kiatoko and L. Olega.1986. Mineral composition of forages of the sub-region of Ituri (Zaire) and proposed supplements for cattle. *Revue-d'Elevage et de Medecine Veterinaire des Pays Tropicaux*. 39: 3-4, 425-434.(Abstr.).

Matrone,G.1973. Interactions and dynamics of certain mineral elements in ruminant nutrition. 13th Annual Ruminant Nutrition Conference. Federation Proceedings Vol. 32. No. 8. p. 1909.

McDonald, P., R.A. Edwards and G.F.D. Greenhalgh.1988. *Animal Nutrition*. 4th. Edition. Longman Scientific and Technical.

McDowell, L.R. and J.H. Conrad.1977. Trace mineral nutrition in Latin America. *World Anim. Rev.*, 24, 24-33.

McDowell, L.R., J.H. Conrad, J.E.Thomas, L.E. Harris and K.R. Fick.1978. Nutritional composition of Latin American forages. *Trop. Anim. Prod.*, 2, 273-279.

McDowell, L. R., M. Kiatoko, J. E. Bertrand, H. L. Chapman, F. M. Pate, F.G. Martin, and J.H. Conrad.1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from four soil order regions of Florida. II. Trace minerals. *J.Anim. Sci*. 55: 38-47.

McDowell, L. R. J. H. Conrad, G. L. Ellis and J. K. Lossli. 1983. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. Univ. of Florida Dep. Anim. Sci. Ext. Bull.

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, pp. 67-88. Pretoria, South Africa.

McDowell, L.R. Y J.H. Conrad. 1991. Deficiencias y toxicidades minerales del ganado. IX Día del Ganadero del CEAL. Aldama, Tamps. Diciembre, 1991.

McDowell, L.R., J.H. Conrad, F.G. Hembry, L.X. Rojas, G. Valle y J. Velazquez. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Segunda edición Departamento de Zootecnia, Universidad de Florida-Gainesville.

Méndez, G. 1989. Estado mineral y reproducción estacional de vacas lecheras en Quintana Roo, México. Tesis. Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chapingo.

Miltimore, J.E. and J.L. Mason. 1971. Cooper to molybdenum ratio and molybenum and copper concentrations in ruminant feeds. Can. J. Anim. Sci. 51:193-200.

Miller, E.R. 1985. Mineral x Disease Interactions. J. Anim. Sci. 60:1500-1506.

Miller, J.K. B.R. Moss, M.C. Bell and N.N. Sneed. 1972. Comparison of Mo metabolism in young cattle and swine. J. Anim. Sci. 34:846-850.

Minson, D J. 1990. Forage in ruminant nutrition. First edition. Academic Press., Inc. New York..

Minson, D.J. and J.R. Wilson. 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. National Conference on Forage quality, evaluation, and utilization. University of Nebraska-Lincoln.

Morris. J.M., R. E. Delmas and J.L. Hull. 1980. Salt (sodium) supplementation of beef cows in California. J. Anim. Sci. 51:722-731.

Muller. L.D.. L.V. Schaffer, L.C. Ham and M.J. Owens. 1977. Cafeteria style free-choice mineral feeder for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 60:1574-1582.

Musalia, L.M., P.P. Semenyé and H.A. Fitzhugh. 1989. Mineral status of dual-purpose goats and forage in western Kenya. Small Ruminant Reseach, 2:1-9.(Abstr.)

Nicolson, J.W.G. 1986. Cobalt content of New Brunswick forages. Canadian Journal of Animal Science. 66:2, 559-561. (Abstr.).

NRC.1980. Mineral tolerance of domestic animals. National Academy Press, Washington, D.C. National Academy Press. Washington, D.C.

NRC.1984. Nutrient requirements of beef cattle. (6th.Ed.) National Academy Press, Washington, D.C.

NRC.1987. Predicting feed intake of food producing animals. National Academic Press. Washington, D.C.

Oegebe, P.O, J.A. Ayoade, I.R., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson and F.G. Martin.1995a. Mineral concentrations of forages and soils in Benue State, Nigeria. 1. Macrominerals and forage in vitro organic matter digestibility and crude protein concentrations. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 26:13-14, 1989-2007.

Oegebe, P.O, J. A. Ayoade, I. R., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson and F.G. Martin. 1995b. Mineral concentrations of forages and soils in Benue State, Nigeria. 2. Trace mineral, soil pH and organic matter. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 26:13-14, 2009-2021.

Olivares, E. 1993. Diseños experimentales programa estadístico. Fac. de Agronomía. Univ. Aut. de Nuevo León, Marín, N.L.

Olivares-Saenz , E.1987. Physiological difference in alfalfa populations selected for high and low P concentration. Ph.D. Thesis. New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico.

Ott, E.A., W.H. Smith, R.B. Harrington and W.M. Beeson. 1966. Zinc toxicity in ruminants. II. Effect of high levels of dietary zinc on gains, feed consumption and feed efficiency of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 25:419.

Owens, F. N. and W.G. Bergen. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: Historical perspective, current understanding and future implications. *J. Anim. Sci.* 57: 498-518.

Pastrana, R., L.R. McDowell, J.H. Conrad, N.S. Wilkinson and F.G. Martin.1990. Mineral concentrations in leaves and stems of various forages of the Colombian paramo. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 21: 19-20, 2345-2360.

Paterson, J.A., R.L. Beleyea, J.P. Bowman, M.S. Kerley, and J.E. Williams.1994. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. National Conference on Forage quality, evaluation, and utilization. University of Nebraska-Lincoln.

Patton, R.S.1990. Chelated minerals: What are they, do they work? Feedstuffs Vol. 62, Number 9.

Penumarthy, L. and F.W. Oehme.1978. Molybdenum toxicosis in cattle. *Vet. and Human Toxicology*. 20:11-12.

Perdomo, J.T., R.L. Shirley and C.F. Chicco.1977. Availability of nutrient mineral in four tropical forages freshly chopped to sheep. *J. Anim. Sci*. 45:1114.

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

Prabowo, A., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson, C.J. Wilcox and J.H. Conrad. 1991a. Mineral status of grazing cattle in south Sulawesi, Indonesia: 1. Macrominerals. *AJAS*. 4(2):111-120.

Prabowo, A., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson, C.J. Wilcox and J.H. Conrad. 1991b. Mineral status of grazing cattle in south Sulawesi, Indonesia: 2. Microminerals. *AJAS*. 4(2):121-130.

Prada, F., M.A. Zogno, M.A. H.G. Russo, F. Zylberkan, J.L. Araujo and C.X. Mendonca-Junior.1983. Study of the mineral composition of several forage plants from areas of the state of Mato Grosso do Sul. III. Manganese. *Revista da Faculdade de Medicina Veterinaria e Zootecnia da Universidade de Sao Paulo*.20 :1,63-67. (Abstr.).

Reina, J.F.1985. Determinación de deficiencias y toxicidades de minerales de bovinos en pastoreo en Tuxtepec, Oaxaca. 1. Determinación de niveles. Tesis. Chapingo, México.

Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. *Plant analysis. An interpretation manual*. Inkata Press Proprietary Limited Melbourne and Sydney.

Rhykerd, C.L., S.W. Fowler, A. Almeida, A.M. Ferreira, N. Moreira, C.H. Noller and Ahlrichs. 1984. Survey of the mineral composition of crops in Portugal. *Proceedings of the Indiana Academy of Science*. 94, 518-519. (Abstr.).

Risco, C.A., J.P. Reynolds, and D. Hird. 1984. Uterine prolapse and hypocalcemia in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc*. 185:1517.

Rittich, B. y R. Zaludova.1987. Chemical composition of the leaves and roots of the winged bean, *Psophocarpus tetragonolobus*. *Agricultura Tropica et Subtropica*. 20, 91-100. (Abstr.).

Rojas, L.X., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson and F.G. Martin. 1993. Mineral status of soils, forages and beef cattle in southeastern Venezuela. *International Journal of Animal Sciences*. 8:2,183-188.

Sánchez, P.A.1981. Suelos del trópico. Características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Sánchez, P.A.1989. Suelos del trópico. Características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Sánchez, J. M., E. Vargas, C. Campabal and H. Fonseca.1986. Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica. 1. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. *Agronomía Costarricense*. 10:1-2, 179-190. (Abstr.).

Sanders, E.E. 1983. Cooper deficiency in food animals.. Diplomate, ACT. Urbana Veterinary Clinic. Urbana, Ohio. Education Article No. 8.

Sarkar, S., D.N. Basak, A.K., M.K. Bhowmik and S.K.1994. Status of zinc in soil, forage and the young grazing ruminants in relation to livestock production. *Indian Veterinary Journal*. 71: 4, 377-381.

Schillo, K.K.1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci*. 70:1271-1282.

Sherman, B.R. and R.D. Rowland.1990. Mineral chelates.Piggyback nutrients. *Feed Management*. 41,5.

Silva, R.M. y K.R. Fick.1978. Técnicas de muestreo de tejido animal y análisis. Latin American symposium on mineral nutrition research with grazing ruminants. Belo Horizonte, Brazil, March 22-26, 1976.

Soares, J. y C. A. Lever.1978. El tipo de información que las industrias de mezclas minerales desean de los investigadores. Latin American symposium on mineral nutrition research with grazing ruminants. Belo Horizonte, Brazil, March 22-26, 1976.

Somlo, R., C. Duranona and R. Ortiz.1985. Nutritive value of patagonian forage species. *Revista Argentina de Producción Animal*. 5: 9/10, 589-605. (Abstr.).

Soltanpour, P.N., S.M. Workman, and A.P. Schwab.1979. Use of inductively-coupled plasma spectrometry for the simultaneous determination of macro- and micronutrients in NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>-DTPA extracts of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 75-78.

Spears, J.W.1994. Minerals in forrajes. Forage quality evaluation, and utilization. National Conference on forage quality evaluation, and utilization. University of Nebraska, Lincoln.

Stryer, L.1988. *Biochemistry*. Third edition. W.H. Freeman and Co. New York.

Stunzi, H.1989. Selenium deficiency? Studies of the selenium status of meadow forage. *Landwirtschaft- Schweiz*. 2:8:437-441.(Abstr.)

Suttle, N.F.1991. The interactions between copper, molybdenum, and sulfur in ruminant nutrition. *Annu. Rev. Nutr.* 11:121.

Suttle, N.F., P. Abrahams, and I. Thornton.1984. The role of a soil x dietary sulfur interaction in the impairment of copper absorption by ingested soil in sheep. *J. Agric. Sci.*103: 81.

Tejada, R., L.R. McDowell, L.R. Martin and J.H. Conrad.1985. Mineral element analyses of various tropical forages in Guatemala and their relationship to soil concentrations. *Nutrition Reports International*. 32: 2, 313-324.

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. Agri. (Trinidad)*. 64: 55-60.

Thompson, D.J. y C.M. Campabaldal.1978. El calcio, fosforo y el flour en la nutrición de los rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brazil. Marzo 22-26, 1976.

Thompson, D.J. y T L. Carrion. 1978. Disponibilidad de los macro elementos. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brazil. Marzo 22-26, 1976.

Thompson, D.J. y J.F.Villalba.1978. Potasio y Yodo en nutrición de rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brazil. Marzo 22-26, 1976.

Valdés. J.L., L.R. McDowell, and M. Koger.1988a. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala: I. Macrominerals. *J. Prod. Agric.*1:347. (Abstr.).

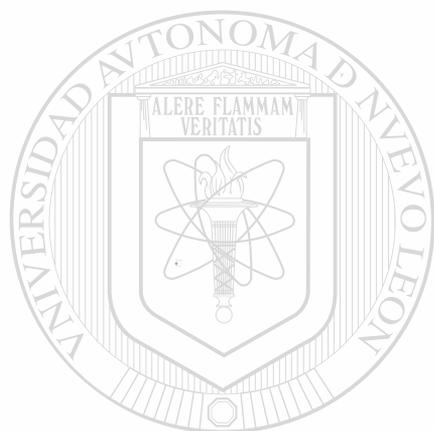
Valdés. J.L., L.R. McDowell, and M. Koger.1988b. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala: II. Microminerals and animal performance. *J. Prod. Agric.* 1: 351-355. (Abstr.).

Vargas, E. and J.M. y Sanchez.1993. Crude protein and mineral contents of forages in Huetar Norte and Atlantica regions of Coast Rica. II. Effect of species. *Agronomía Costarricense*. 17:2, 61-70. (Abstr.).

Volkweiss, S.J. y N.M. Rodríguez. 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. Marzo 22-26, 1976.

Ward, G.M. 1978. Molybdenum toxicity and hipocuprosis in ruminants: A review. J. Anim. Sci. 46: 1078-1085.

Williams, P.E.V. 1987. Cellulose and lignin digestion in the rumen: How can dietary factors improve utilization. Biotechnology in the feed industry. Alltech Technical Publications.



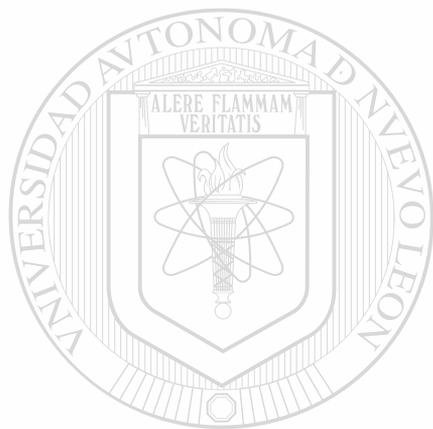
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**APENDICES**

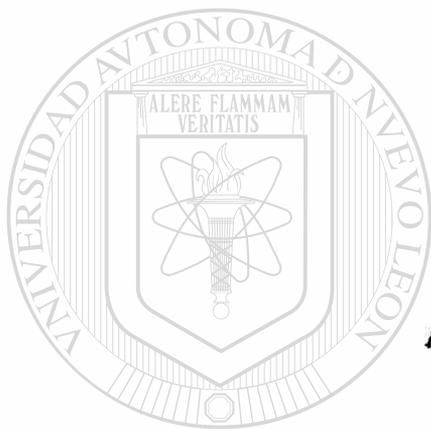
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





**APENDICE A**

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 41**  
**Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del estado de**  
**Tabasco durante el período de lluvias de 1995.**

Fuente de variación	Grados de libertad			Cuadrado medio
	Mpio	Error	Mpio	
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	10	84	2603659*	1669161
P	10	84	2760857	796795
Mg	10	83	829225	364466
K	10	84	62859165	20982373
Na	10	84	511229*	358495
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	10	84	13.6*	12.2
Fe	10	83	341.9	102.4
Zn	10	84	1465.9*	1041.9
Mn	10	83	201.2	515.4

\* P<0.05

**Tabla 43**  
**Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del norte del estado de Veracruz durante el periodo de lluvias de 1995.**

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Municipio	Error	Municipio	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	10	31	6154495*	3404152
P	10	31	992560*	612160
Mg	10	31	968589	103069
K	10	31	12527872	3210371
Na	10	31	13475261	539880
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	10	31	3.2*	5.2
Fe	10	31	1800.5	221.6
Zn	10	31	149.5*	161.3
Mn	10	31	529.9	104.0

\*P<0.05

**Tabla 44**  
**Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1995.**

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Municipio	Error	Municipio	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	1	30	7236423*	3444372
P	1	30	2571*	60495
Mg	1	30	471242*	321850
K	1	30	63470680*	50372536
Na	1	30	4363*	1834953
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	1	30	39.3*	21.4
Fe	1	30	529.5*	795.0
Zn	1	30	38.2*	202.2
Mn	1	30	230.4*	807.9

\*P < 0.05

**Tabla 45**  
**Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993 y el periodo de sequía de 1994.**

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Periodos	Error	Periodos	Error
<b>Macrominerales , ppm</b>				
Ca	1	64	0.013*	0.025
P	1	64	0.104	0.013
Mg	1	64	0.015*	0.012
K	1	64	13.174	0.263
Na	1	64	0.076	0.016
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	1	64	1058.8	11.7
Fe	1	64	1793.6*	525.3
Zn	1	64	3363.1	136.2
Mn	1	64	6473.9	575.0
Co	1	64	0.03*	0.02
Se	1	64	0	0
Mo	1	64	174.3	4.8

\*P<0.05

**Tabla 46**  
**Análisis de varianza de perfiles minerales de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.**

Fuente de variación	Grados de libertad			Cuadrado medio		
	Zona geográfica	Error	Zona geográfica	Error	Zona geográfica	Error
<b>Macrominerales, %</b>						
Ca	3	213	13654635	213	2240187	813087
P	3	213	3025648	212	383089	31025231
Mg	3	212	1927050	213	7404836	1287322
K	3	213	1393353116	213		
Na	3	213		213		
<b>Minerales traza, ppm</b>						
Cu	3	213	185.6	212	10.6	612.6
Fe	3	212	30820.7	213	754.6	6394.2
Zn	3	213	4427.3	212		
Mn	3	212	12287.2*			

\*P<0.05

**Tabla 47**  
**Análisis de varianza de perfiles minerales de diferentes especies forrajeras introducidas y nativas de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995.**

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Especies forrajeras	Error	Especies forrajeras	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	21	195	7331925	1867453
P	21	195	2993007	612366
Mg	21	194	976991	342677
KI	21	195	0.871	0.464
Na	21	195	6928225	773955
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	21	195	12.9*	13.1
Fe	21	194	2264.0	901.0
Zn	21	195	920.1*	793.2
Mn	21	194	16174.8*	5426.6

\*P < 0.05

1 Parámetros determinados en %.

**Tabla 48**  
**Análisis de varianza para minerales del zacate Insurgente (*Braquiaria brizantha*) de dos zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995.**

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Zona geográfica	Error	Zona geográfica	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	1	17	460845*	1780565
P	1	17	7900*	621189
Mg	1	17	6662*	381835
K	1	17	95439617*	29359095
Na	1	17	425*	148529
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	1	17	4.0*	22.0
Fe	1	17	856.3	5.9
Zn	1	17	432.0*	1763.7
Mn	1	17	12.0*	240.0

\*P<0.05

**Tabla 49**  
**Análisis de varianza para minerales del zacate Señal o Chontalpo (*Braquiaria decumbens*) de tres zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995.**

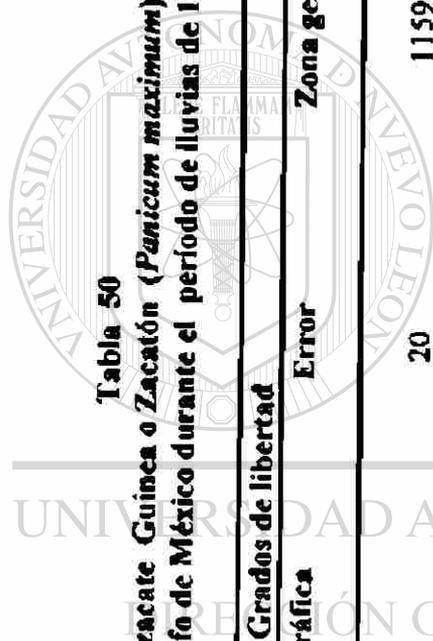
Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Zona geográfica	Error	Zona geográfica	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	2	10	747183*	453032
P	2	10	317408*	347993
Mg	2	10	583188*	157337
K	2	10	6964185*	10299533
Na	2	10	38668*	67285
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	2	10	4.7*	4.4
Fe	2	10	932.1	99.1
Zn	2	10	567.6*	293.5
Mn	2	10	35.3*	81.3

\*P<0.05

**Tabla 50**  
**Análisis de varianza para minerales del zacate Guineo o Zacatón (*Panicum maximum*) de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.**

Fuente de Variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Zona geográfica	Error	Zona geográfica	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	3	20	11592338	1971660
P	3	20	786948*	402768
Mg	3	20	1248459	356043
K	3	20	558674740	22750691
Na	3	20	1267383*	687449
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	3	20	49.0	14.4
Fe	3	20	5511.6	196.4
Zn	3	20	246.4*	843.6
Mn	3	20	7004.4	342.1

\*P < 0.05



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

**Tabla 51**  
**Análisis de varianza para minerales del zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el periodo de lluvias de 1995.**

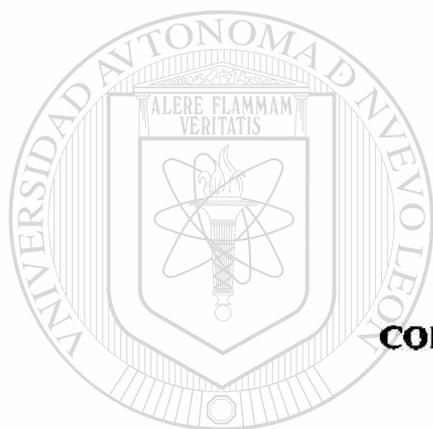
Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Zona geográfica	Error	Zona geográfica	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	3	16	472376	3118831
P	3	16	435282*	356707
Mg	3	16	746585	462429
K	3	16	261431021	29571654
Na	3	16	3433216	3384852
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	3	16	2.9	6.2
Fe	3	16	4229.8	718.5
Zn	3	16	451.1	222.0
Mn	3	16	1772.8	846.5

\*P < 0.05

**Tabla 52**  
**Análisis de varianza de minerales del zacate Estrella (*Cynodon plectostachyus*) de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1995.**

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrado medio	
	Zona geográfica	Error	Zona geográfica	Error
<b>Macrominerales, %</b>				
Ca	3	59	3301233*	937729
P	3	59	1176763*	650664
Mg	3	59	1626290*	270602
K	3	59	402384738	21994829
Na	3	59	3909371*	117316
<b>Minerales traza, ppm</b>				
Cu	3	59	181.7*	8.9
Fe	3	59	13308.0	705.0
Zn	3	58	3676.6*	414.4
Mn	3	58	4708.0*	86.1

\*P<0.05



**APENDICE B**

**COEFICIENTES DE CORRELACIÓN**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 53

Coefficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México durante el período de lluvias de 1993 y 1995.

	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
Ca		0.23**	0.4**	0.34**	0.27**	0.43**	0.35**	0.29**	0.07
P			0.27**	0.36**	-0.02	0.29**	0.09	0.24**	0.09
Mg				0.59**	0.11	0.41**	0.46**	0.24**	0.16*
K					-0.06	0.56**	0.55**	0.21**	0.18**
Na						0.02	0.15*	0.16*	0.0
Cu							0.41**	0.58**	0.14*
Fe								0.06*	0.17*
Zn									0.0
Mn									
Co									

\* P&lt;0.05

\*\* P&lt;0.01

Tabla 54

Coefficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras del estado de Tabasco durante el periodo de lluvias de 1995.

	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Ma
Ca		0.51**	0.36**	0.31**	0.40**	0.49**	0.26*	0.52**	0.03
P			0.34**	0.46**	0.45**	0.30**	0.21*	0.31**	0.07
Mg				0.62**	-0.05	0.34**	0.57**	0.31**	0.08
K					0.15	0.52**	0.54**	0.36**	0.11
Na						0.45**	-0.02	0.49**	-0.05
Cu							0.31**	0.78**	0.06
Fe								0.24*	0.33**
Zn									-0.08
Mn									
Co									

\*  $P < 0.05$ \*\*  $P < 0.01$

Tabla 55

**Coefficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras del estado de Campeche durante el período de lluvias de 1995.**

	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
Ca		0.26	0.17	0.13	-0.05	0.28	-0.04	0.27	0.23
P			0.35*	0.51**	0.23	0.25	0.06	0.15	0.22
Mg				0.71**	0.06	0.33*	0.23	0.07	0.46**
K					0.40**	0.48**	0.19	0.21	0.69**
Na						0.49**	0.13	0.36*	0.42**
Cu							0.21	0.73**	0.38**
Fe								0.02	0.19
Zn									0.15
Mn									
Co									

\* P&lt;0.05

\*\* P&lt;0.01

Tabla 56

Coefficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras del norte del estado de Veracruz durante el período de lluvias de 1995.

	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
Ca		-0.1	0.63**	-0.15	0.58**	0.09	0.5**	0.27	0.22
P			-0.13	0.35*	-0.24	-0.16	-0.22	-0.18	-0.13
Mg				-0.12	0.69**	0.0	0.76**	0.27	0.73**
K					-0.39*	0.20	-0.25	0.20	-0.20
Na						-0.05	0.75**	0.13	-0.73**
Cu							-0.06	0.33*	0.11
Fe								0.30	0.64**
Zn									0.20
Mn									
Co									

\*  $P < 0.05$ \*\*  $P < 0.01$

Tabla 57

Coefficientes de correlación entre concentraciones de macrominerales y minerales traza de especies forrajeras del litoral del estado de Tamaulipas durante el periodo de lluvias de 1993.

	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
Ca		0.0	0.83**	0.73**	-0.14	0.57**	0.51**	0.52**	0.64*
P			0.10	0.0	-0.28	0.34	0.16	0.18	-0.09
Mg				0.72**	-0.11	0.65**	0.56**	0.55**	0.60**
K					0.11	0.45**	0.53**	0.42*	0.59**
Na						-0.14	0.26*	0.0	0.02
Cu							0.62**	0.73**	0.43*
Fe								0.71**	0.54**
Zn									0.39*
Mn									
Co									

\* P &lt; 0.05

\*\* P &lt; 0.01

## RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

José Jesús Kawas Garza

Candidato para el Grado de

Doctor en Ciencias con Especialidad en Producción Animal

**Tesis: DETERMINACION DEL PERFIL MINERAL DE ESPECIES FORRAJERAS DE CUATRO ZONAS GEOGRAFICAS DEL LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO.**

**Campo de Estudio:** Nutrición Animal (Rumiante).

**Biografía:** Nacido en Monterrey, N. L., el 21 de Julio de 1954, hijo de José Kawas Cassis y María del Carmen Garza Clark.

**Educación:** Licenciatura. Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Universidad de Tamaulipas, Cd. Victoria Tamaulipas en 1977.

Maestría en Ciencias. Universidad de Wisconsin, Madison, Wisconsin en 1979.

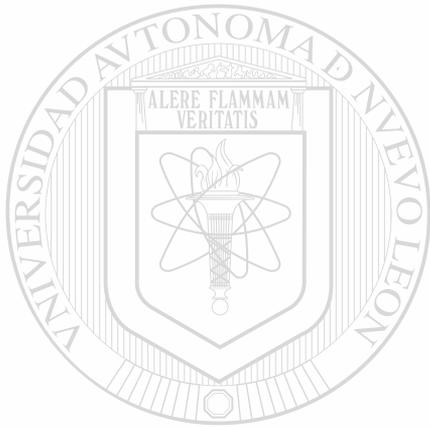
**Experiencia Profesional:** Maestro de tiempo parcial en la Facultad de Medicina Veterinaria de la UANL durante dos períodos (1980 y 1985).

Maestro Investigador de tiempo completo en el Departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de 1980 a 1988.

Director y consultor de la Empresa Micronutrientes y Aditivos S. de R. L. de C. V. de 1991 a la fecha.



FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOTECIA  
SECRETARÍA DE POSTGRADO  
E INVESTIGACIÓN



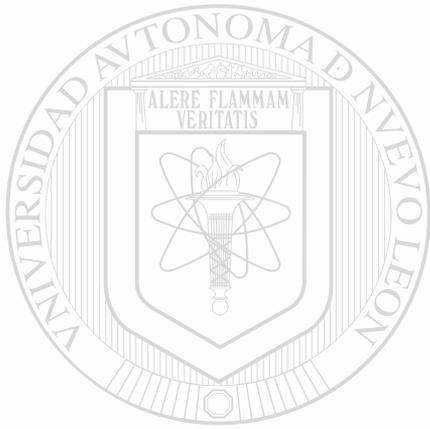
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



