

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

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

#### **4.2.2 Macrominerales**

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

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

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

**TABLA 17**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**TABLA 18**

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

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

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

**TABLA 19**

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

En todos los casos (Gramíneas y Arbustivas), las concentraciones fueron mayores al NC<sub>d</sub> (0.70%).

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

### 4.2.3 Minerales Traza

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

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

**TABLA 20**

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

Elemento	NC	Región Norte			Región Centro			Región Sur		
		Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC	Media	DE	% de muestras menores del NC
<b>PC</b>	7.0	6.50	1.21	84.6	6.90	0.08	52	7.0	0.82	23.5
		5.10	1.47	84.6	5.40	1.15	92	5.4	1.15	94.1
<b>Ca</b>	0.30	0.62	0.64	46.2	0.56	0.58	60	0.56	0.65	64.7
		0.56	0.61	57.7	0.58	0.71	6	0.51	0.58	58.8
<b>P</b>	0.25	0.15	0.07	80.8	0.14	0.04	100	0.15	0.07	88.2
		0.16	0.19	92.3	0.19	0.24	100	0.10	0.03	100
<b>Mg</b>	0.10	0.27	0.20	19.2	0.35	0.26	0	0.24	0.16	0
		0.20	0.17	19.2	0.28	0.21	0	0.21	0.13	5.9
<b>Na</b>	0.08	0.22	0.12	7.7	0.22	0.18	0	0.21	0.12	5.9
		0.16	0.09	15.4	0.12	0.07	36	0.11	0.05	35.3
<b>K</b>	0.70	1.81	0.74	0	1.76	0.86	0	1.89	0.62	0
		1.41	0.50	7.7	1.40	0.62	8	1.10	0.69	29.4

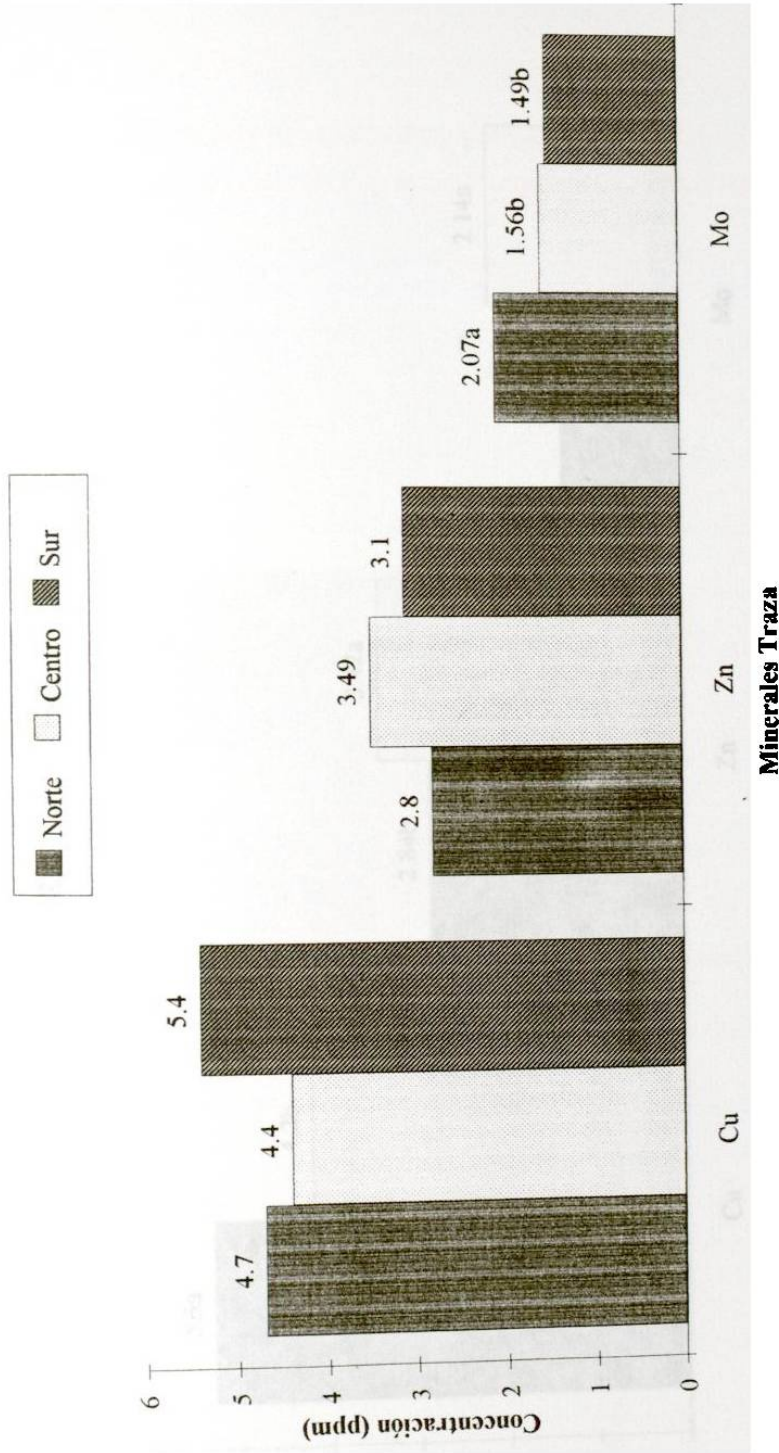


Figura 7. Concentraciones promedio (ppm) de minerales traza (Zn x 10) en forrajes de las regiones. Norte, Centro y Sur del estado de Nuevo León  
 a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).

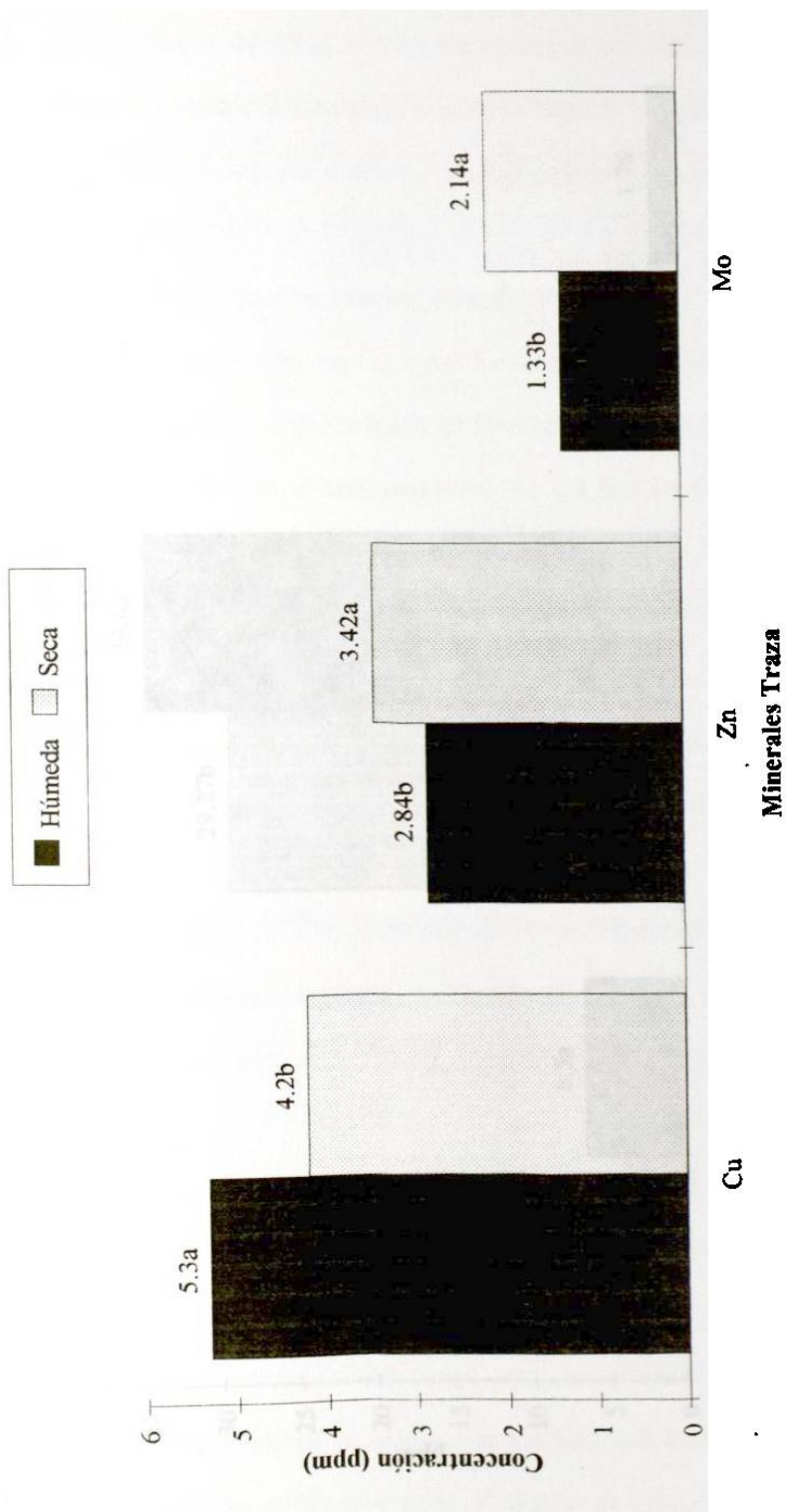


Figura 8. Concentraciones promedio (ppm) de minerales traza (Zn x 10) en forrajes durante las épocas Húmeda y Seca en el estado de Nuevo León. a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ( $P < 0.05$ ).

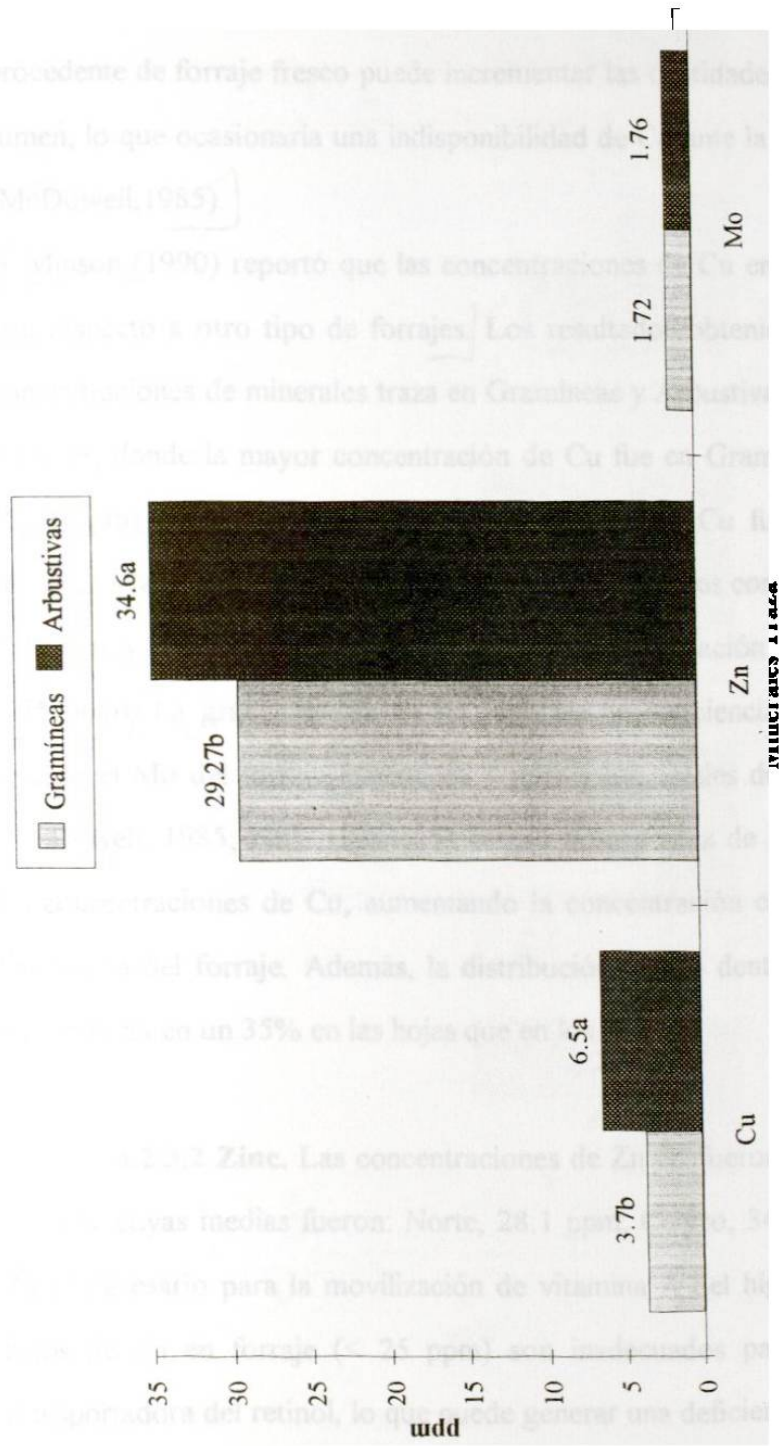


Figura 9. Concentraciones promedio (ppm) de minerales traza (Zn x 10) en Gramíneas y Arbustivas del estado de Nuevo León a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si (P< 0.05).

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

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

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



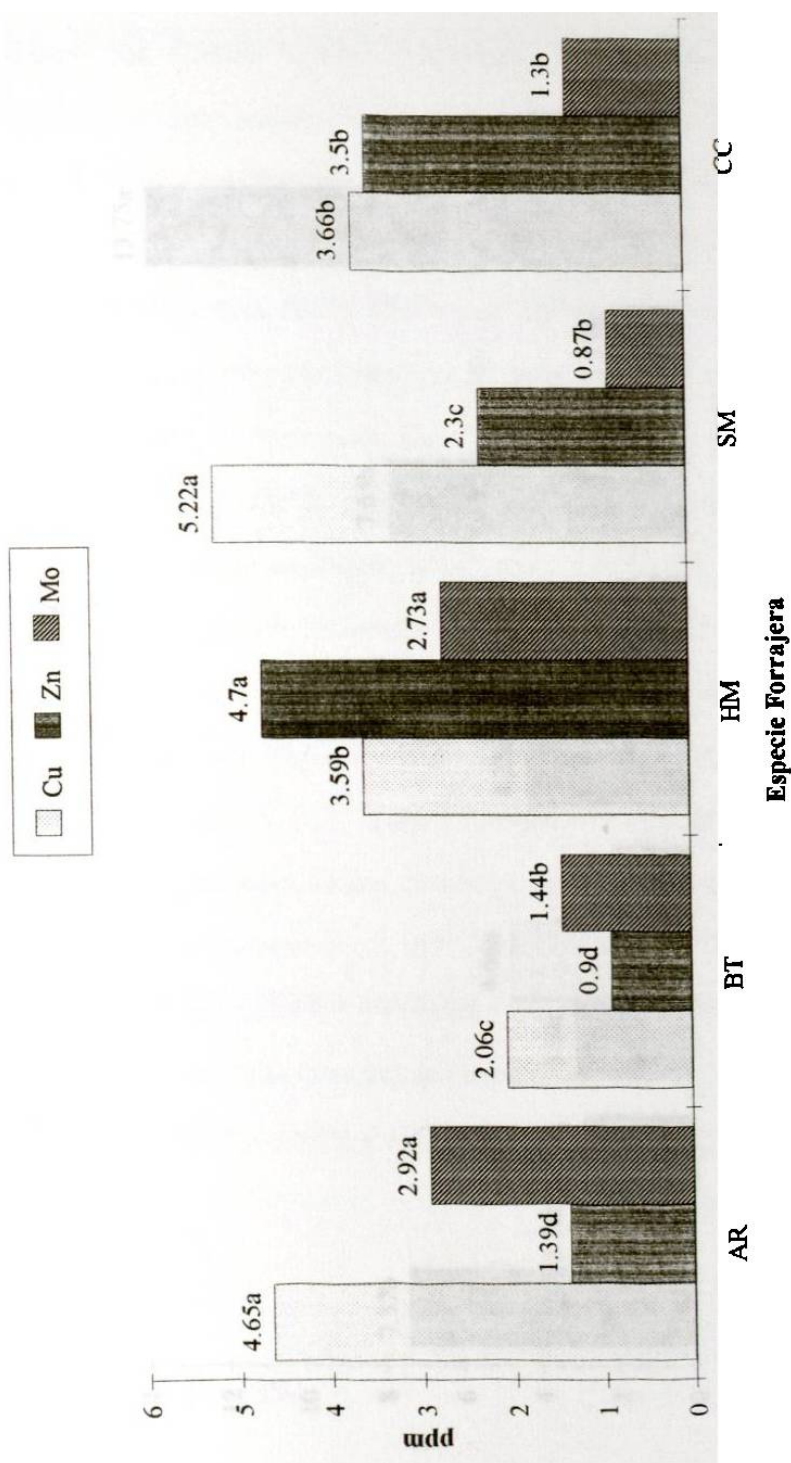


Figura 10. Concentraciones (ppm) promedio de minerales traza (Zn x 10) en 5 especies de Gramíneas del estado de Nuevo León. a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ( $P < 0.05$ ).



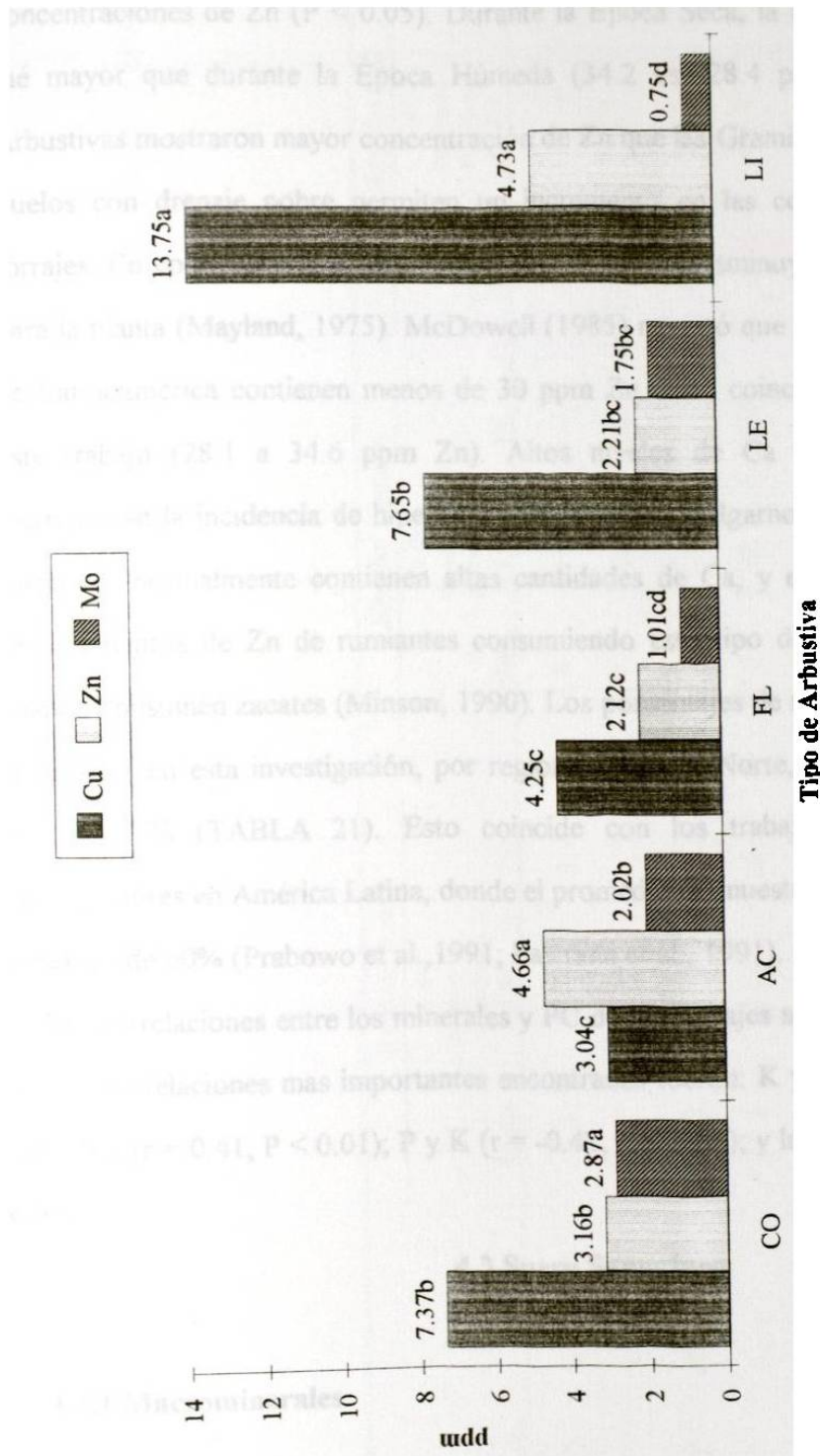


Figura 11. Concentraciones (ppm) promedio de minerales traza (Zn x 10) en 5 especies de Arbustivas del estado de Nuevo León. a,b,cValores promedio en columnas con letras superíndices diferentes, difieren entre si ( $P < 0.05$ ).

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

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

### **4.3 Suero Sanguíneo**

#### **4.3.1 Macrominerales**

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

**TABLA 21**

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

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

**TABLA 22**

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

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

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

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

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

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

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

**4.3.1.2 Época del Año.** Diferencias estacionales ( $P < 0.05$ ) solo fueron encontradas para el Mg (2.45 y 2.29 mg/dl para las Épocas Húmeda y Seca, respectivamente). Estos resultados son semejantes a los reportados por Prabowo et al. (1991). El número de muestras deficientes en Mg (solamente presentadas durante la Época Seca) se ubicó en un rango que osciló desde 6.6% para la Región Sur, hasta un 37.5% para la Región Centro. McDowell et al. (1984), en una revisión sobre el diagnóstico específico de deficiencias y toxicidades de minerales en el ganado, reportó que los niveles séricos de Mg de 1 a 2 mg/dl son considerados deficientes, mientras que niveles menores a 1 mg/dl indican una fuerte susceptibilidad a incidencia de tetania.

#### **4.3.2 Minerales Traza**

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

Todas las concentraciones de minerales traza fueron afectadas por la Región y Época de Año ( $P < 0.05$ ). La Región Sur fué la que presentó las concentraciones (ppm) más bajas de Cu, Zn y Se (0.61, 0.74 y 0.008, respectivamente). Normalmente, la disponibilidad de Cu en la dieta es menor al 10% y varios factores intervienen reduciendo sus niveles de absorción/retención. Los tiomolibdatos ( $\text{CuMoOS}_3$  y  $\text{CuMoS}_4$ ), son responsables del antagonismo que se presenta durante la absorción del Cu en rumiantes, siendo la concentración de S determinante de esta interacción. Las deficiencias de Cu han sido asociadas con inmunosupresión, ya que se ha detectado una reducción en la actividad de la citocromo oxidasa y de la dimutasa Cu-Zn superoxidasa, ambas asociadas con la capacidad fagocitaria del organismo para destruir a los microorganismos (Graham, 1991).

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

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

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

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

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

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

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



**TABLA 23**

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

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

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

## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Los suplementos minerales son ofrecidos para corregir las deficiencias de elementos minerales en la dieta del ganado de cría en praderas y agostaderos. La información generada en este estudio, podrá ser utilizada para efectuar recomendaciones mas precisas sobre la suplementación de minerales para mejorar la salud, la reproducción, y otros parámetros de producción del ganado. La utilización de suplementos específicos que consideren las concentraciones de los macrominerales y minerales traza en forrajes y agua consumida por el ganado de las diferentes zonas ecológico-geográficas del país, es indispensable para maximizar la producción del ganado en pastoreo. Los perfiles de minerales en suelo y tejidos del ganado (sangre, hígado, hueso y pelo) ayudan solamente a avalar los resultados obtenidos cuando se detectan deficiencias o intoxicaciones en los resultados de análisis de forrajes y agua que consume el ganado, los cuales son los mejores indicadores de deficiencias minerales del ganado en pastoreo. En el estado de Nuevo León, los suelos son principalmente de tipo calcáreo y con pH alcalino, especialmente en las regiones Centro y Norte. Aunque la concentración de Ca fué mayor en suelos de la Región Centro, la concentración de Na fue significativamente mayor en suelos de la Región Norte, razón por la cual posiblemente el pH de estos suelos fue mayor. En terrenos alcalinos, la disponibilidad de P y Zn para la planta se reduce conforme aumenta el pH del suelo, como se observó en este estudio. Los minerales mas deficientes en Gramíneas y Arbustivas consumidas por el ganado en agostaderos del

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

## **5.2 Recomendaciones**

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

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

## LITERATURA CITADA

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

- Fiske, C. H. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66:375-386.
- Fonseca, H., E. Vargas, C. Campabadal y J.M. Sánchez. 1988. *Agronomía Costarricense.* 12:155-165.
- Fuentes, R. 1989. *Fundamentos en el Manejo de Suelos.* Editorial Acribia. España.
- Gartenberg, P.K., D. Rodriguez, L.R. McDowell, N.S. Wilkinson and F.G. Martin. 1989. Evaluation of the mineral status of cattle in Northeast Mexico. I. **Macrominerals.** Florida Agric. Exp. Station. Scientific paper No. 9601.
- Gartenberg, P.K., D. Rodriguez, L.R. McDowell, N.S. Wilkinson and F.G. Martin. 1989. Evaluation of the mineral status of cattle in Northeast Mexico. II. **Microminerals.** Florida Agric. Exp. Station. Scientific paper No. 9601.
- Goodrich, J. and C.B. Ammerman. 1983. **Cobalt Deficiencies and Subdeficiencies in Ruminants.** Center D' Information Du Cobalt, Brussels.
- Graham, T.W. 1991. Trace element deficiencies in cattle. *Vet. Clin. North Am: Food Animal.* 7: 153-209.
- Grunes, D.L. 1989. Plants contents of magnesium, calcium and potassium in relation to ruminant nutrition. *J. Anim. Sci.* 67:3485-3434.
- Guevara, J. A. 1982. **Resumen de información sobre la deficiencias y toxicidades de minerales en el área de Nuevo León y recomendaciones para su uso y divulgación.** Tesis sin publicar. ITESM. Monterrey, N.L.
- Hafez, E. y R. Deyer. 1980. *Nutrición Animal.* Ed. Acribia. España.
- Hartmans, J. 1970. The detection of copper deficiency and other trace element deficiencies under field conditions. In: C.F. Mills (Ed) **Trace Element Metabolism in Animals.** E & S Livingstone, Edinburgh.
- Holechek, J.L., R.D. Pieper and C.H. Herbel. 1989. *Range Management.* Prentice Hall. New Jersey.
- Huss D. y E. Aguirre. 1981. *Fundamentos de Manejo de Pastizales.* I.T.E.S.M. Monterrey, Mexico.
- Irving, J.T. 1964. Dynamics and functions of phosphorus. In C.L. Comar and F. Bronner. **Minerals Metabolism.** Vol. 2. Academic Press, New York.

- Kawas, J.R. and J.E. Houston. 1990. Nutrient Requirement of hair sheep in tropical and subtropical environments. Small Ruminant in: Hair sheep production in Tropical and Subtropical environments. Chapter 4. Collaborative Research Program, University of California-Davis/US-AID.
- Kiatoko, M., L.R. McDowell, J.E. Bertrand, H.L. Champan, F.M. Pate, F.G. Martin and J.H. Conrad. 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from our soil order regions of Florida. I. Macroelements, protein, carotene, vitamin A and E, Hemoglobin and Hematocrit. *J. Anim. Sci.* 55:28-37.
- Kincaid, R.L. and J.D. Cronrath. 1983. Amounts and distribution of minerals in Washington forages. *J. Dairy Sci.* 66:821-824.
- Klooster, A. 1976. Adaptation of calcium absorption from the small intestine of dairy cows to changes in the dietary calcium intake and at the onset of lactation. *Tierphysiol.* 37: 169-175.
- Knebusch, C., J. Valdes and L.R. McDowell. 1988. Seasonal effect of mineral supplementation on microelement status and performance of grazing steers. *Nutrition Reports International.* 38:399-412.
- Lebdoesoekojo, S., C.B. Ammerman, N.S. Raun, J. Gómez and R.C. Litell. 1982. Mineral nutrition of beef grazing native pastures on eastern plains of Colombia. *J. Anim. Sci.* 51: 1249-1260.
- Loosli, J. K. and J. Beltran. 1976. Latin American Symposium on Mineral Nutrition research with grazing ruminants. Belo Horizonte, Brazil. p- 27-29.
- Marschner H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Boston, U.S.A.
- Mayland, H.F. 1975. Zinc increases range cattle weight gains. *J. Anim. Sci.* 41:337 (Abstr.).
- McDowell, L.R. 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. *Animal Feeding and Nutrition: A Series of Monographs.* Academic Press, Inc. New York.
- McDowell, L.R. 1989. Vitamins in Animal Nutrition, comparative aspects to human nutrition. *A Series of Monographs.* Academic Press, Inc. New York.
- McDowell, L.R. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 1993. Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville, Florida.
- McDowell, L.R. B. Bauer, E. Galdo, M. Koger, J.K. Loosli and J.H. Conrad. 1982. Mineral supplementation of beef cattle in the Bolivian tropics. *J. Anim. Sci.* 55:964-970.



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

- Pastrana R., L.R. McDowell, J.H. Conrad and N.S. Wilkinson. 1991. Macromineral status in the Paramo region of Colombia. *Small Ruminant Research*. 5:9-21
- Peeler, H.T. 1972. Biological availability of nutrients in feeds: Availability of nutrients in feeds. *J. Anim.Sci.* 35:695-712
- Perkin-Elmer. 1980. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer. Norwalk, Connecticut.
- Pérez V. 1993. Evaluación de los perfiles minerales del suelo, forraje y tejido del ganado en el norte de Coahuila, México. U.A.N.L. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis sin Publicar. Monterrey, N.L. México.
- Pfander, W.H. 1971. Animal nutrition in the Tropics-problems and solutions. *J. Anim.Sci.* 33:843-849.
- Pope, A.L. 1971. A review of the practice of feeding mineral research with sheep. *J. Anim. Sci.*33:1332-1343.
- Prabowo, A., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson, C.J. Wilcox and J.H. Conrad. 1991. Mineral status of grazing cattle in south Sulawesi, Indonesia: 1. Macrominerals. *A.J.A.S.* 4:111-120.
- Prabowo, A., L.R. McDowell, N.S. Wilkinson, C.J. Wilcox and J.H. Conrad. 1991. Mineral status of grazing cattle in south Sulawesi, Indonesia: 1. Microminerals. *A.J.A.S.* 4:121-130.
- Reid, R.L. and G.A. Jung. 1991. Plant/soil interaction in nutrition of grazing animal. p 48-63. In Proc. 2nd Grazing Livestock Nutrition Conf., Aug. 2-3, 1991, Steamboat Springs, CO.
- Rojas, M. y M. Rovalo. 1986. *Fisiología Vegetal*. Ed. McGrawHill. Mexico.
- Rhue, R.D. and G. Kidder G., 1983. Analytical procedures used by the Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) extension soil testing laboratory and the interpretation of results. Mimeograph. Soil Science Department, University of Florida, Gainesville.
- Salisbury, F.B. and R. Ross. 1985. *Plant Physiology*. Ed. Wadsworth. California.
- Sarker, S., D.N. Basak and M.K. Bhowmik. 1990. Micromineral status of soil and plantas of grazing fields in Hooghly district of West Bengal. *J.V.A.S.* 21:19-23.

- Spears, J.W. 1994. Mineral in Forages. Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of agronomy, Inc. Crop Science Society of America Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- StatView SE+ Graphics. 1990. Abacus Concepts, Inc. Berkeley, CA.
- Tejada, R., L.R. McDowell, F.G. Martin and J.H. Conrad. 1987. Evaluation of cattle trace mineral status in specific regions of Guatemala. *Trop. Agr.* 64:55-60.
- Tilley, J.M. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. British Grassland Soc.* 18:104-111.
- Underwood, E.J. 1981. The Mineral Nutrition of Livestock. London: Commonwealth Agricultural Bureau.
- Valdes, J.L., L.R. McDowell and M. Koger. 1988. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala. I. Macroelements and Animal Performance. *J. Prod. Agric.* 1:351-355.
- Valdes, J.L., L.R. McDowell and M. Koger. 1988. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala. II. Microelements and Animal Performance. *J. Prod. Agric.* 1:356-361.
- Vallentiene, J.F. 1990. Grazing Management. Academic Press. New York.
- Van Soest P. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. Ed. O&B Books Inc. Oregon, U.S.A.
- Velasco, H. A. 1992. Zonas Áridas y Semiáridas del Semidesierto Mexicano. LIMUSA. Mexico.
- Ven, G. 1990. The potassium cycle in grasslands. *Agrobiologish.* 123: 60-63.
- Viets, F.G. and Lindsay, W.L. 1973. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. In: L.M. Walsh and J.D. Beaton (Editors), Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin, pp. 153-172.
- Volkweiss, S.J. and N.M. Rodriguez. 1978. Propiedades de los suelos que influyen las deficiencias minerales o toxicidades en los animales y las plantas. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en Nutrición Mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brazil. (Ed.) Universidad de Florida. pp. 22-27.
- Ward, G., L.H. Harbers and J.J. Blaha. 1979. Calcium-containing crystals in alfalfa: Their fate in cattle. *J. Dairy Sci.* 62:715-722

## **APENDICES**

**APENDICE A**

**TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA**

**TABLA 24**

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

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

\* P < 0.05; \*\*P < 0.01

**TABLA 25**

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

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

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01.

**TABLA 26**

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

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

\* P < 0.05; \*\*P < 0.01



**TABLA 27**

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

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

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01

**TABLA 28**

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

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

\* P < 0.05; \*\*P < 0.01

**TABLA 29**

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

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

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01

**TABLA 30**

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

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

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01

**TABLA 31**

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

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

\* P < 0.05; \*\*P < 0.01

**TABLA 31**

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

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

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01

**TABLA 32**

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

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios						
		Macrominerales			Minerales Traza			
		Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se	
Región (R)	2	1.619*	6.672	0.331	0.44**	0.586**	1.0**	( x 10 <sup>-3</sup> )
Época (E)	1	1.244	0.277	1.398**	0.168**	2.456**	1.0**	
R x E	2	0.006	0.097	0.003	0.011	0.565**	0.0016	
Error	214	0.441	2.442	0.215	0.024	0.070	0.0021	

\* P < 0.05, \*\*P < 0.01

**APENDICE B**

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



**TABLA 33**

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

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

\* P < 0.05

\*\* P < 0.01

**TABLA 34**

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

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

\* P < 0.05

\*\* P < 0.01

**TABLA 35**

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

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

\* P < 0.05

\*\* P < 0.01

## **RESUMEN AUTOBIOGRAFICO**

Gilberto T. Armienta Trejo

Candidato para el grado de

Doctor en Ciencias con Especialidad en Producción Animal

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

Campo de Estudio: Nutrición Animal.

### **Biografía:**

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

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

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

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



