

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**

**Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**Subdirección de Estudios de Postgrado e Investigación**



**"Concentración de Macro-minerales y Minerales Traza en suelos y forrajes en el Eje Neovolcánico del Estado de Nayarit"**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**BIOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**  
**EN EL ÁREA DE NUTRICIÓN ANIMAL**

presenta:

**MVZ AGAPITO GÓMEZ GURROLA**

Asesores:

**Dr. Jorge R. Kawas Garza**  
**Dr. Everardo Becerra Bernal**  
**M. en C. J. Vidal Rubio Ceja**  
**Dr. José Guadalupe Herrera Haro**



Compostela, Nayarit; a 10 de Noviembre de 2004.

M.V.Z. POMPLIO ARTEAGA NOCHEBUEÑA  
DIRECTOR DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE  
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
P R E S E N T E .-

AT'n Dr. Clemente Lemus Flores  
Subdirector de Posgrado e Investigación UAMVZ-UAN.

Los suscritos C. Dr. Jorge R. Kawas, Dr. Everardo Becerra Bernal, M.C. J. Vidal Rubio Ceja y Dr. José Guadalupe Herrera Haro; integrantes del consejo tutelar para revisar, ordenar y asesorar la tesis de Maestría en Ciencias del Posgrado en Biología de la Producción Agropecuaria, titulada "Concentración de macrominerales y minerales traza en suelos y forrajes en el Eje Neovolcánico del Estado de Nayarit".

Que presenta ante el Honorable jurado calificador el C.M.V.Z.:

AGAPITO GÓMEZ GURROLA

Comparecemos para manifestar que después de revisar su presentación y contenido, no existe inconveniente para continuar con los tramites legales de este proceso de obtención de Maestría en el área de Nutrición Animal, por estar de acuerdo en los aspectos de forma y contenido.

ATENTAMENTE  
CONSEJO TUTELAR

  
DR. JORGE R. KAWAS

  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
DR. EVERARDO BECERRA BERNAL

  
M.C. VIDAL RUBIO CEJA



  
DR. JOSÉ GUADALUPE HERRERA HARO

Ccp. Interesado.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nayarit que a permitido mi superación académica y personal.

Agradezco a la subdirección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Unidad Académica de Veterinaria y Zootecnia por ofrecerme la oportunidad de escalar un paso más en mi vida profesional.

Al apoyo brindado al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) y al COCYTEN, para la culminación de este trabajo.

A la planta de facilitadores, del área Agropecuaria, en especial al Dr. Morteo, Dr. Clemente, M.C. José Carmen, M.C. Antonio, M.C. Venancio, Dr. Candelario, Dr. Arturo y Dr. Jorge, por el tiempo ofrecido y estar siempre disponibles para su consulta.

A los asesores el Dr. Jorge R Kawas, Dr. Everardo Becerra Bernal, M.C. J. Vidal Rubio Ceja y Dr. José Guadalupe Herrera Haro, por la amistad, por las sugerencias hechas a los planteamientos del trabajo, por la ayuda incondicional en la escritura, corrección, culminación y presentación de la tesis.

\* Mi reconocimiento para el personal técnico del laboratorio de la Unidad Académica de Agricultura, en especial al Ingeniero Químico Farmacobiólogo Eduardo Becerra Verdín.

A mis amigos de generación; Marisa, Celso, German, Mauro, Garza y Marcelino, por el compañerismo y amistad que siempre perdurará.

A la 13ª generación de M.V.Z.

A mi honorable Jurado, Gracias.

## DEDICATORIAS

**A LA MEMORIA DE MI PADRE<sup>º</sup>.** Sr. Viviano Gómez Aguilar, de quien en vida supo guiar el rumbo de sus hijos y su recuerdo se encuentra en lo más profundo de mi corazón y mente.

**A MI MADRE.** Sra. Ma. Irene Gurrola Navarrete Vda. de Gómez. Que ha sido el pilar principal, de quien obtengo el apoyo y consejos para vivir por el camino del bien.

**A MI ESPOSA MARICELA RODRÍGUEZ TORRES.** Por su amor, apoyo y paciencia, al ofrecer el tiempo para seguir preparándome.

**A MIS HIJOS.** Edith Yosibi y Ronald Debriam, por ser mi inspiración y lo más grandioso que me ha ofrecido Dios en la vida.

**A MIS HERMANOS.** Ismael<sup>º</sup>, Julio Alfonso, Dora Edith, Sonia, Rosa Maura, Angélica, Viviano y Héctor.

**A DIOS.** Por seguirme dando la oportunidad de vivir y darme la fortaleza para continuar ofreciendo lo mejor de mí.

## INDICE

	Pág.
RESUMEN.....	viii
SUMMARY .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Hipótesis .....	2
1.2. Objetivos.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Generalidades sobre la nutrición mineral de rumiantes en pastoreo.....	3
2.2. Función de los Minerales.....	4
2.2.1. Macrominerales .....	4
2.2.2. Minerales traza .....	7
2.3. Síntomas de deficiencias.....	10
2.3.1. Macrominerales .....	10
2.3.2. Minerales traza .....	12
2.4. Requerimientos de minerales sugeridos para rumiantes.....	14
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
* 3.1. Generalidades .....	27
3.1.1. Descripción del área.....	27
3.2. Metodología para obtención y preparación de muestras .....	28
3.2.1. Forraje .....	28
3.2.1.1. Colección de muestras .....	28
3.2.1.2. Metodología de muestreo de forraje.....	30
3.2.1.3. Material utilizado para el muestreo .....	30

3.2.1.4. Dilución de los elementos minerales.....	31
3.2.1.5. Diseño experimental para muestras de forraje .....	32
3.2.2. Suelo.....	33
3.2.2.1. Colección y preparación de muestras para análisis .....	33
3.2.2.2. Metodología de análisis de minerales.....	33
3.2.2.3. Análisis estadístico de los datos de suelos.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Perfil mineral de forrajes .....	36
4.1.1. Promedio individual en cada localidad.....	36
4.1.1.1. Macrominerales .....	36
4.1.1.2. Minerales traza .....	40
4.1.2. Promedio general y porciento de muestras deficientes .....	41
4.1.2.1. Macrominerales .....	41
4.1.2.1.1. Fósforo.....	47
4.1.2.1.2. Calcio.....	47
4.1.2.1.3. Sodio.....	49
4.1.2.1.4. Potasio.....	50
4.1.2.1.5. Magnesio .....	51
4.1.2.2. Minerales traza .....	51
4.1.2.2.1. Hierro .....	52
4.1.2.2.2. Cobre .....	54
4.1.2.2.3. Manganeso .....	55
4.1.2.2.4. Zinc.....	56
4.1.3. Porcentaje de Proteína Cruda (PC) .....	56

4.2. pH de suelos.....	57
4.3. Perfil mineral de suelos.....	61
4.3.1. Promedio individual de cada localidad.....	61
4.3.1.1. Macrominerales .....	61
4.3.1.2. Minerales traza .....	69
4.4. Correlación entre los minerales en los suelos y forrajes.....	75
V. CONCLUSIONES.....	78
VI. LITERATURA CONSULTADA.....	79

## RESUMEN

La actividad ganadera en México ocupa el 60% de la superficie total del país. 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 el trópico seco de México los rumiantes no pueden lograr un nivel aceptable de productividad, aun con abundante cantidad de forrajes, siendo necesaria la suplementación del ganado con minerales para mejorar el crecimiento y la eficiencia reproductiva. Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de establecer un mapeo sistemático de las concentraciones de proteína cruda (PC), macro-minerales y minerales traza de suelos y forrajes del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias. El periodo de muestreo se efectuó en la segunda quincena del mes de septiembre y el mes de octubre del año 2001. Las 121 muestras de zacate fueron secadas en una estufa a 50°C y molidas a través de una criba de 1 mm de diámetro en un molino Wiley. Muestras de suelo, colectadas en los sitios donde se obtuvieron las muestras del forraje, fueron secadas, desmolidas y pasadas por un tamiz de acero inoxidable y poros de 2 mm de diámetro, para su posterior análisis de laboratorio. Las concentraciones de calcio (Ca), potasio (K) y sodio (Na) de las muestras de forrajes fueron determinadas con un fotoflamómetro. El fósforo (P) fue analizado por colorimetría. Magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), cobalto (Co) y zinc (Zn) fueron analizados por espectrofotometría de absorción atómica. Proteína cruda fue determinada como N Kjeldahl x 6.25. La determinación de pH del suelo se utilizó usando un potenciómetro. El contenido de materia orgánica del suelo se determinó por el método de Walkley-Black. Ca y Mg en suelo fueron determinados por EDTA, Na y K por fotoflamometría, P por colorimetría, y Fe, Cu, Mn, Co y Zn por espectrofotometría de absorción atómica. El promedio de PC en forraje fue de 6.69%. El perfil mineral promedio de las especies forrajeras fue el siguiente: Ca, 1.12%; P, 0.21%; K, 2.39%; Na, 0.36%; y Mg, 0.49%. Considerando el NCD de 0.25% para P, el 34.71% de las muestras fueron deficientes en este elemento. Los minerales traza fueron el Fe (166 ppm), Cu (14 ppm), Mn (26 ppm), Zn (43 ppm), no detectándose Co. Estos niveles, comparados con los requeridos para ganado bovino del Fe (50-100 ppm), Cu (4-10 ppm), Mn (20-40 ppm) y Zn (20-30 ppm); se puede considerar como limitante el Mn. Los suelos tuvieron un pH ácido promedio de 5.86. Las concentraciones promedio de macrominerales en los suelos fueron: Ca, 265.3 ppm; P, 17.3 ppm; K, 593.4 ppm; Na, 91.7 ppm; y Mg, 97.0 ppm. El promedio de minerales traza de los suelos fue: Fe, 4.11 ppm; Co, 2.02 ppm; Mn, 1.30 ppm; Zn, 0.57 ppm; mientras que el Cu no se pudo detectar. Los coeficientes de correlación más altos entre concentraciones de minerales en suelo y forraje fueron obtenidos para: Ca y Ca ( $r = 0.43$ ); Ca y Fe ( $r = 0.33$ ); Ca y P ( $r = 0.38$ ); K y Mn ( $r = 0.30$ ); K y P ( $r = 0.56$ ); K y Fe ( $r = 0.85$ ); Na y Mn ( $r = 0.40$ ); Na y P ( $r = 0.56$ ); Na y Fe ( $r = 0.89$ ); Mg y Fe ( $r = 0.57$ ); Mg y P ( $r = 0.62$ ); y Mn y P ( $r = 0.53$ ).

## SUMMARY

In Mexico, approximately 60% of the country's total surface area can be used for cattle production. In tropical regions of the country, although large quantities of forage are readily available for cattle to consume, these are not well utilized. Forages provide nutrients for grazing cattle, but these are not in sufficient quantities to maximize production. Therefore, mineral supplementation is required to improve growth, reproductive efficiency, and milk production. The purpose of this study was to map the concentrations of crude protein, macrominerals and trace minerals of soils and forages of the volcanic region of Nayarit, during the rainy season. Samples were obtained at the end of September and during the month of October of 2001. All 121 forage samples were dried in an air draft oven at 60°C and ground through a 1 mm screen in a Wiley mill. Soil samples, obtained at sites where forage samples were collected, were dried, and crumbles were broken and passed through a 2 mm stainless steel screen, for further analysis. Crude protein was determined as Kjeldahl N x 6.25. Concentrations of calcium (Ca), potassium (K) and sodium (Na) of forage samples were determined with a flame photometer. Phosphorus was analyzed using a colorimetric method. Magnesium (Mg), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn), cobalt (Co) and zinc (Zn) were determined with an atomic absorption Spectrophotometer. Soil pH was determined with a Beckman pH meter. Organic matter content of soil was determined with the Walkley-Black method. Sodium and K were analyzed by flame photometry. Phosphorus was determined with a colorimetric procedure. Concentrations of Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Co y Zn were obtained using atomic absorption spectroscopy. Mean crude protein (CP) content of forages was 6.69%. Mineral concentrations of forage species was as follows: Ca, 1.12%; P, 0.21%; K, 2.39%; Na, 0.36%; and Mg, 0.49%. Considering the critical level (CL) of deficiency for P in forages of 0.25%, 34.7% of all samples were deficient. Soils were acid, with a pH of 5.86. Trace minerals in soil were: Fe, 166 ppm; Cu, 14 ppm; Mn, 26 ppm; Zn, 43 ppm. In soil, Cu was not detected. These levels, compared to the CL of deficiency for Fe (50 ppm), Cu (10 ppm), Mn (40 ppm) y Zn (30 ppm), were considered limiting. All forage samples were deficient in these four elements. Soil macromineral concentrations were: Ca, 265.3 ppm; P, 17.3 ppm; K, 593.4 ppm; Na, 91.7 ppm; and Mg, 97 ppm. Mean trace mineral concentrations of soil were: Fe, 4.11 ppm; Co, 2.02 ppm; Mn, 1.30 ppm; Zn, 0.57 ppm; whereas Cu was not detected. Highest correlation coefficients were observed between the following minerals of soil and forage: Ca and Ca ( $r = 0.43$ ); Ca and Fe ( $r = 0.33$ ); Ca and P ( $r = 0.38$ ); K and Mn ( $r = 0.30$ ); K and P ( $r = 0.56$ ); K and Fe ( $r = 0.85$ ); Na and Mn ( $r = 0.40$ ); Na and P ( $r = 0.56$ ); Na and Fe ( $r = 0.89$ ); Mg and Fe ( $r = 0.57$ ); Mg and P ( $r = 0.62$ ); and Mn and P ( $r = 0.53$ ).



## I. INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera en México ocupa el 60% de la superficie total del país. En esta área hay miles de hectáreas de agostadero y pastizal, en los que hay disponible millones de toneladas de forraje que crece en las montañas, valles y desiertos, la mayoría siendo aprovechado por el ganado como su principal fuente de alimento (Sánchez., 1990). Aun con esta abundancia de forraje, es evidente la baja productividad de las tierras agrícolas y ganaderas del campo mexicano (Carrete, 1991).

En el trópico seco de México, los parámetros reproductivos son particularmente bajos y han propiciado un estancamiento de la actividad pecuaria, a pesar del potencial de la región (Garcés, 1997). Debido a que la desnutrición afecta la producción del ganado en pastoreo en regiones tropicales (McDowell *et al.*, 1993), para satisfacer los requerimientos del ganado, es necesario conocer el contenido mineral del suelo y forraje, ya que una deficiencia de estos nutrientes limita la productividad agropecuaria.

La suplementación de minerales es esencial para maximizar la producción del ganado que pastorea los agostaderos y praderas de regiones tropicales, reduciendo la incidencia de enfermedades y problemas reproductivos (McDowell *et al.*, 1997). Debido a que en Nayarit el ganado se mantiene principalmente en sistemas extensivos y semi-intensivos de pastoreo, un mapeo del perfil de minerales en suelos y forrajes en la zona del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, es necesario para el diseño de suplementos minerales que mejor satisfagan las deficiencias de estos elementos que limitan la producción del ganado en pastoreo.

## **1.1. Hipótesis**

Dos hipótesis del estudio fueron:

- (1) Existen deficiencias de minerales en suelos y forrajes de la región del eje neo-volcánico del estado de Nayarit en la época de lluvias; y
- (2) Existe una relación entre las concentraciones de minerales en suelo y forraje del eje neo-volcánico del estado de Nayarit en la época de lluvias.

## **1.2. Objetivos**

Un objetivo de este trabajo fue determinar las concentraciones de proteína cruda y minerales como calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc y cobalto, en forrajes de la zona del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias.

Otro objetivo fue determinar en suelos, materia orgánica, nitrógeno, pH textura, y los mismos minerales que fueron determinados en las muestras de forraje.

Además, se obtuvieron relaciones entre las concentraciones de minerales en suelo y forraje.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades sobre la nutrición mineral de rumiantes en pastoreo

El término mineral se adopta en nutrición animal para referirse a aquellos elementos químicos inorgánicos utilizados en la alimentación de las diferentes especies animales de interés zootécnico. Los elementos minerales no son materiales inertes ya que pueden cambiar su valencia y son transferibles de un compuesto químico a otro. Los minerales son participantes activos en reacciones enzimáticas, cumpliendo con funciones específicas, por lo que son críticos para la vida. La distinción entre macrominerales y microminerales o minerales traza. El término mineral traza se utiliza en la actualidad para referirse a un elemento presente en los tejidos animales en niveles correspondientes a partes por millón o menos (Church *et al.*, 1993).

El desequilibrio de minerales (deficiencias o excesos) en sueltos y forrajes han sido considerados responsables de problemas de baja producción y reproductivos entre los rumiantes en pastoreo en regiones tropicales (McDowell *et al.*, 1994).

Aunque la mayoría de los elementos minerales se encuentran en los tejidos animales, se considera que muchos de ellos se hallan, sencillamente, porque se encuentran en las raciones de los animales, sin realizar funciones esenciales en el metabolismo animal. La expresión "elementos minerales esenciales", se reserva para aquellos minerales participantes en las funciones metabólicas del organismo. Para que un elemento sea considerado esencial, es necesario comprobar que las dietas purificadas en las que falta el elemento provocan síntomas de deficiencia en los animales, y que dichos síntomas pueden curarse o prevenirse al incluir en la dieta experimental el elemento en cuestión (McDonald *et al.*, 1999).

El cuerpo animal contiene probablemente más de 25 elementos minerales como constituyentes de su composición química (De Alba, 1979). Hasta 1950, se consideraban como esenciales 13 elementos minerales. Los macrominerales son calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), azufre (S) y magnesio (Mg). Los primeros microminerales o elementos traza reconocidos fueron hierro (Fe), yodo (I), Cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), y cobalto (Co). En 1970, se añadieron a esta lista el molibdeno (Mo), selenio (Se), cromo (Cr) y flúor (F). Posteriormente, se incluyeron el arsénico (As), Boro (B), Plomo (Pb), Litio (Li), Níquel (Ni), Silicio (Si), estaño (Sn), y vanadio (V). Sin embargo, es muy probable que la relación no esté completa, ya que se ha sugerido que en algunas de las funciones metabólicas de tejidos animales pueden participar hasta 40 o más elementos minerales. Afortunadamente, la mayoría de estos elementos traza, en especial los descubiertos recientemente, se necesitan en cantidades tan pequeñas, y se encuentran en muchos de los alimentos para animales, que las deficiencias son extraordinariamente raras en condiciones prácticas de explotación.

## **2.2. Función de los minerales**

### **2.2.1. Macrominerales**

**Calcio.** El Ca es el elemento mineral más abundante en el organismo animal, principalmente en el sistema esquelético, específicamente huesos y dientes (Bores *et al*, 2003), en los cuales se encuentra, aproximadamente, el 99 por ciento del Ca total del organismo. Además, es componente esencial de las células vivas y líquidos de los tejidos. El Ca es esencial para el funcionamiento de diversos sistemas enzimáticos, la transmisión de los impulsos nerviosos y las contracciones

musculares. Así mismo, interviene en la coagulación de la sangre para permitir la conversión de protrombina en trombina e interviene también en la permeabilidad celular; esencial para la producción de leche (McDowell *et al*, 1993). Las dietas deficientes en Ca causan trastornos en todos los procesos señalados, impidiendo el crecimiento normal de los huesos, y retrasando el desarrollo general de las crías, exponiéndolas a posibles fracturas, en su estructura ósea (Velázquez, 1997).

**Fósforo.** Las funciones conocidas del P en el organismo animal, son más numerosas que las de los demás elementos minerales, encontrándose además en las fosfoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos, Este elemento realiza funciones vitales en el metabolismo energético, en la formación de fosfatos de azúcares y en los di- y trifosfatos de adenosina, interviniendo también en la regulación del pH de la sangre y los fluidos, en muchos sistemas enzimáticos y en el metabolismo de las proteínas (McDowell *et al*, 1993). Una de las principales acciones donde interviene este elemento, es en la fosforilación de todas las fuentes de energía en el cuerpo. Además, forma parte integral de muchas de las proteínas, y es especialmente importante en la formación del ácido, portador de los elementos de la herencia (De Alba, 1979). Aproximadamente 20% del P en el cuerpo no es parte del esqueleto sino que está distribuido entre los tejidos blandos, concentrado especialmente en los glóbulos rojos y en los tejidos musculares y nerviosos. Además de la formación ósea, el P también es esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen, especialmente los que digieren las células de la plantas ingeridas, para aprovechamiento de la energía de los alimentos (McDowell *et al*, 1993).

**Relación calcio:fósforo (Ca:P).** Al administrar suplementos de Ca al ganado, es importante tener en cuenta la relación Ca:P de la ración, ya que las desviaciones

de las relaciones normales puede resultar tan perjudiciales como las deficiencias en cualquiera de los elementos normales. Se considera que la relación Ca:P más adecuada para los animales de interés zootécnico para el hombre, exceptuando a las aves, oscila entre 1:1 y 2:1, aunque existen pruebas de que los rumiantes pueden tolerar relaciones más amplias, siempre que queden cubiertas las necesidades de fósforo (NRC, 2001).

**Sodio.** El Na y el Cl, al igual que el K, actúan en el mantenimiento de la presión osmótica y en la regulación del equilibrio ácido-base (Bores *et al.*, 2003). Estos dos elementos minerales funcionan como electrolitos en el fluido corporal y están íntimamente relacionados con el metabolismo del agua a nivel celular, la toma de nutrientes y la transmisión de impulsos nerviosos (NRC, 2001).

**Potasio.** El K es el tercer elemento mineral de mayor abundancia en el cuerpo animal (McDowell *et al.*, 1993); y, junto con el Na, Cl y los iones bicarbonato, realiza funciones importantes en la regulación osmótica de los líquidos del organismo, y en el mantenimiento del equilibrio ácido-base. En tanto que el Na es el principal catión inorgánico de los líquidos extracelulares, el K se encuentra fundamentalmente, en el interior de las células. El K interviene además en la excitabilidad nerviosa y muscular, participando en el metabolismo de los carbohidratos.

**Magnesio.** El Mg se encuentra estrechamente relacionado con el Ca y P. Aproximadamente, el 70 por ciento del Mg total se encuentra en el esqueleto, y el resto distribuido entre los tejidos blandos y líquidos orgánicos (Bondi, 1989). El Mg es un activador de las fosfato transferasas (creatina quinasa), activando la piruvato carboxilasa, piruvato oxidasa y las reacciones de los ácidos tricarbóxicos. Por lo tanto, el Mg resulta esencial para el eficiente metabolismo de los carbohidratos y los

lípidos, e interviene en la respiración celular y numerosas reacciones celulares, formando complejos tri, di y monofosfatos con la adenosina. La formación del adenosin monofosfato (AMP cíclico) y otros mensajeros secundarios necesitan Mg. Por lo tanto, se entiende que el Mg es un elemento clave en la bioquímica y funcionamiento celular (NRC, 2001).

### 2.2.2. Minerales traza

**Hierro.** Mas del 90 por ciento del Fe del organismo, se encuentra enlazado con proteínas (hemoproteínas) formando complejos heme (hemoglobina o mioglobina), como enzimas heme (citocromos en la mitocondria, microsomas, catalasas y peroxidasas), o como compuestos no heme (flavo enzimas férricas, transferrina y ferritina). El Fe es un elemento vital en el metabolismo del animal, principalmente en el proceso de respiración celular (McDowell *et al*, 1993). La proteína más importante a la cual se encuentra combinada es la hemoglobina. También se encuentra en el suero sanguíneo, unidos a una proteína llamada transferrina, cuya misión es el transporte del Fe en el organismo. La ferritina, es una proteína que contiene hasta 200 g de hierro por Kg., se encuentra en el bazo, hígado, riñón y médula ósea, y sirve como reserva de Fe. La hemosiderina es un compuesto de reserva semejante, que puede contener hasta 350 g de Fe por Kg. El Fe realiza funciones importantes en muchas reacciones bioquímicas, especialmente las relacionadas con las enzimas de la cadena de transporte de electrones (citocromos). Los electrones se transportan por la actividad de oxidación y reducción del Fe ligado. Entre las enzimas que contienen Fe o son activadas por el mismo, se

encuentran la catalasa, peroxidasa, fenilalanina hidroxilasa, e incluso las que intervienen en el ciclo de los ácidos tricarbóxicos (McDonald *et al.*, 1999).

**Cobre.** El Cu es necesario para la respiración celular, la formación de huesos, una apropiada función cardíaca, el desarrollo del tejido conectivo, mielinización de la médula espinal, keratinización y pigmentación de los tejidos. El Cu es un componente esencial de varias metaloenzimas importantes, entre las cuales están la citocromo oxidasa, lisil oxidasa, superóxido dismutasa, dopamino-beta-hidroxilasa y tirosinasa. En relación con el sistema inmunológico, la deficiencia de Cu afecta las células T y B, los neutrófilos y los macrófagos, reduciendo como consecuencia la cantidad de células que producen anticuerpos (McDowell *et al.* 1993).

En experimentos realizados con ratas, se observó que el Cu era necesario para la formación de la hemoglobina, ya que aunque el Cu no forma parte de la hemoglobina, se encuentra en otras proteínas plasmáticas, como la ceruloplasmina, la cual interviene en la liberación del Fe de las células al plasma. La deficiencia del Cu, reduce la capacidad de absorción de Fe de los animales, la movilización hacia los tejidos y su utilización en la síntesis de hemoglobina. Además, el Cu forma parte de otras proteínas de la sangre. Una de ellas, la eritrocupreina, que se encuentra en los eritrocitos, interviene en el metabolismo de oxígeno. El Cu realiza importantes funciones en numerosos sistemas enzimáticos; por ejemplo, es componente de la citocromo oxidasa, importante para la fosforilación oxidativa. Se encuentra en ciertos pigmentos, especialmente en la turacina, pigmento de las plumas. El Cu resulta necesario para la pigmentación del pelo, piel y lana. Se considera que se encuentra en todas las células, especialmente en las del hígado, que actúa como principal



reservorio del organismo. Se ha comprobado que el Cu reduce directamente la susceptibilidad a las infecciones en los corderos (McDonald *et al*, 1999).

**Manganeso.** El Mn es necesario para la estructura normal de los huesos, la reproducción, y la función normal del sistema nervioso (Bores *et al*, 2003). El Mn es un cofactor de muchas enzimas asociadas con el metabolismo de los carbohidratos y la síntesis de mucopolisacáridos (McDowell *et al*, 1993).

El contenido de Mn en el organismo animal, es extremadamente bajo. La mayoría de los tejidos contienen trazas del elemento, encontrándose las mayores cantidades en hueso, hígado, riñón, páncreas y glándula pituitaria. El Mn es importante en el organismo como activador de muchas enzimas como las hidrolasas y las quinasas, y como componente de la arginasa piruvato carboxilasa y la manganeso superóxido dismutasa (McDonald *et al*, 1999).

**Cobalto.** El Co es requerido por los microorganismos del rumen para la síntesis de vitamina B<sub>12</sub> (cianocobalamina), que contiene aproximadamente 4.5% de Co. La síntesis de esta proteína en el rumen depende de la presencia de Co, el contenido de forraje en la dieta y del consumo total de la dieta. En rumiantes, no hay evidencia de que exista síntesis de vitamina B<sub>12</sub>, dependiendo estos de la capacidad de los microorganismos ruminales para su síntesis. La vitamina B<sub>12</sub> es una parte esencial de varios sistemas enzimáticos que realizan muchas funciones metabólicas básicas. Una de las funciones más importante de la B<sub>12</sub> es la concerniente con el metabolismo de los aminoácidos y proteínas, interviniendo también en el metabolismo de los lípidos y carbohidratos. Otras de las funciones de la vitamina B<sub>12</sub> son, la síntesis de purina y pirimidina, y la transferencia de grupos metilo. Por otro lado, la principal fuente de energía para los rumiantes no es la glucosa, sino los

ácidos acético y propiónico. La vitamina B<sub>12</sub> es necesaria para el funcionamiento normal de varios sistemas enzimáticos que intervienen en la utilización de energía y una deficiencia de esta vitamina en los rumiantes causa que la conversión de ácido propiónico a ácido succínico, paso metabólico importante en la síntesis de glucosa, sea ineficiente (McDowell *et al*, 1993).

**Zinc.** Se ha encontrado Zn en todos los tejidos del organismo; con tendencia a acumularse en los huesos más que en el hígado, que es principal órgano de almacenamiento para la mayoría de los elementos traza. Se encuentra en gran cantidad en la piel, pelo y lana de los animales. El Zn, es componente de algunas enzimas como la carbónico anhidrasa, carboxipeptidasa pancreática, lactato deshidrogenasa, alcohol deshidrogenasa, fosfatasa alcalina y timidina quinasa. Además, este mineral es activador de varios sistemas enzimáticos que intervienen en la replicación y diferenciación celular, especialmente en el metabolismo del ácido nucleico. Otras funciones fisiológicas del Zn son la producción, conservación y secreción de hormonas, en el sistema inmune y el balance de electrolitos (McDonald *et al*, 1999; Bores *et al*, 2003).

## 2.3. Síntomas de deficiencias

### 2.3.1. Macrominerales

**Calcio y fósforo.** La deficiencia de Ca y P en la ración, o la falta de vitamina D que impiden la absorción y utilización de dichos minerales, determinan anomalías en huesos y dientes, crecimiento y producciones subnormales y menor apetito y eficiencia alimenticia. Las anomalías óseas provocadas por trastornos minerales pueden presentarse a cualquier edad, pero se presentan con mayor frecuencia en

animales jóvenes de todas las especies. Esta calcificación defectuosa se conoce como raquitismo en animales jóvenes, mientras que en los animales adultos, la enfermedad se denomina osteomalacia, la cual puede deberse a la excesiva movilización de minerales del hueso. La osteoporosis es otro trastorno del metabolismo del hueso de los animales adultos (Bondi, 1989). La deficiencia de P provoca también la pérdida del apetito y, en muchas ocasiones, lo que se denomina apetito depravado o pica, que consiste en la avidez por comer huesos, madera, ropas, y muchos otros materiales a los cuales pueden tener acceso los animales. Este trastorno es común en hatos de animales que pastorean en sitios donde el suelo y, desde luego, las praderas, son deficientes en P (Maynard, 1995).

**Sodio.** La deficiencia de Na causa una disminución en el crecimiento, producción de leche, consumo de alimento y condición corporal del animal. Según progresa la deficiencia, se presenta pérdida de peso corporal, temblores, incoordinación, debilidad general, arritmias cardíacas y muerte. La diarrea provoca una secreción neta de Na hacia la luz intestinal, con una pérdida importante en las heces. La diarrea es acompañada de una menor pérdida de Na en la orina. La inanición causa también una pérdida de Na que no se evita con la suplementación de este mineral (Church *et al.*, 1993).

**Potasio.** Normalmente el contenido de K en los productos de origen vegetal es muy elevado. Por ejemplo, en los forrajes puede superar el 2.5% de la MS, por lo que la ingestión por el ganado es mayor que la de los demás elementos. Por lo tanto, es muy rara la deficiencia de K en animales mantenidos en condiciones normales de los sistemas de producción (McDonald, 1999). Una deficiencia de K provoca descenso en el consumo de forraje, aspereza del pelo, pica y acidosis celular, debido

a la sustitución de iones K por iones hidrógeno en las células. El agotamiento de K origina situaciones de tetania, calambres, espasmos musculares, contracciones, dolor muscular, fatiga, debilidad muscular, atrofia muscular, pica y muerte (Church *et al*, 1993).

**Magnesio.** La deficiencia de Mg se caracteriza por un descenso en la concentración del mineral en el líquido cefalorraquídeo y en el suero, con trastornos neuromusculares agudos como hiperirritabilidad, incoordinación muscular y convulsiones. En condiciones prácticas, en los bovinos se presentan dos tipos de deficiencias en Mg. La primera se presenta en terneros alimentados exclusivamente con leche durante periodos de tiempo prolongados (ya que la leche es deficiente en Mg). La segunda, conocida como "tetania de los pastos", es común en vacas lecheras en pastoreo (Bondi, 1989).

### 2.3.2. Minerales traza

**Hierro.** Los ruminantes jóvenes son más susceptibles a la deficiencia de Fe debido a que la leche contiene bajos niveles de este mineral. Los terneros alimentados exclusivamente con leche pueden presentar anemia microcítica, normocrómica o hipocrómica. Además de la anemia, otros signos clínicos son, baja ganancia de peso, letargo, incapacidad de soportar el esfuerzo circulatorio, respiración difícil después del ejercicio moderado, atrofia en las papilas de la lengua y palidecimiento de las mucosas (McDowell *et al*, 1993).

**Cobre.** Cuando existe deficiencia de Cu en el ganado bovino se reduce el crecimiento y hay anemia, fragilidad ósea, diarrea y fibrosis miocárdica. Los extremos de los huesos de las patas se agrandan y la capa pierde color. La producción de

leche disminuye, la fertilidad se reduce y los terneros pueden mostrar raquitismo congénito. En muchos casos, la deficiencia de Cu se puede deber simplemente a una deficiencia del elemento (primaria). En otras regiones, en donde hay un exceso de Mo y sulfatos en los alimentos, que pueden reducir la absorción del Cu en el sistema digestivo e inducir una deficiencia (condicionada) del elemento (Fraser, 1988).

**Manganeso.** Los signos clínicos y las condiciones típicas de la deficiencia de Mn son: (1) subóptimo tejido blando y crecimiento del esqueleto; (2) reducción de la fuerza del esqueleto al quebrado.; (3) malformación de huesos; (4) reducción del almacenamiento de Mn en huesos, hígado, pelo y ovarios; (5) reducción en la producción de leche; (6) reabsorción fetal; (7) deformaciones fetales; y (8) bajo peso al nacimiento. Las anomalías del esqueleto se presentan como cojeras en animales adultos y con incoordinación en los recién nacidos (McDowell *et al*, 1993).

**Cobalto.** Los bovinos con signos de deficiencia de Co presentan signos de indiferencia, pierden apetito, se muestran débiles y anémicos (Maynard, 1995), apáticos, pérdida de peso y crecimiento, disminución de la producción de leche y palidez de las mucosas. Los cambios característicos en animales gravemente afectados incluyen bajos niveles de glucosa en plasma y de la enzima alcalino fosfatasa, degeneración grasa del hígado y hemosiderosis del bazo. Se puede presentar hipoplasia y otras anomalías de la médula ósea (Church *et al*, 1993).

**Zinc.** Los síntomas iniciales de la deficiencia de Zn incluyen reducciones en consumo de alimento, tasa de crecimiento, y eficiencia alimenticia, seguidos por desórdenes de la piel. Los signos de una deficiencia severa de Zn incluyen piel seca, escamosa y rajadas en la cabeza, cuello, estómago, escroto y piernas. Los machos

jóvenes intactos frecuentemente muestran primero lesiones de la piel. Otros signos clínicos incluyen inflamación de la nariz y boca, endurecimiento de las articulaciones, pérdida de pelo y aspereza del mismo. Los efectos importantes de la deficiencia de Zn ocurren en casos marginales donde los signos clínicos pueden no ser expresados. La espermatogénesis, el crecimiento testicular y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho, y todas las fases de los procesos productivos en la hembra, desde el estro al parto y la lactancia, pueden afectarse adversamente por la deficiencia de Zn. La paraqueratosis de la piel es tal vez el signo clínico más obvio de los rumiantes severamente deficientes en Zn. Los terneros, presentan paraqueratosis en el escroto, la cabeza, y el área alrededor de las fosas nasales, el cuello y las piernas, las patas traseras se encorvan y las articulaciones se endurecen. En las vacas lactantes, los pezones pueden resultar dañados de forma considerable por este padecimiento.

#### **2.4. Requerimientos de minerales sugeridos para rumiantes.**

Los requerimientos aproximados y los niveles tóxicos de minerales sugeridos por el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council) para diversos tipos de animales rumiantes se presentan en el Cuadro 1. Muchos factores afectan los requerimientos minerales, entre ellos el tipo y nivel de producción, la edad, nivel y la forma química de los elementos en los ingredientes alimenticios, el consumo suplementario del animal, la raza, y la adaptación de los animales (McDowell *et al.*, 1993).

La primera referencia sobre la falta de minerales en los pastizales de la región noroeste de Argentina y en zonas limítrofes de Paraguay y de Brasil, fue observada

por Don Felix de Azara, en 1802. En los últimos años, diversos grupos de investigadores realizaron estudios que han demostrado diferentes deficiencias de minerales en los pastizales de la región de Corrientes, Chaco, Formosa, Norte de Santa Fe y Sur de Misiones en Argentina. Los análisis químicos hechos en muestras de diferentes tipos de pastizales, de los departamentos de Mercedes, Curuzú Cuatiá, Paso de los Libres, Santo Tomé y San Roque, han demostrado que el contenido de Na en la materia seca de los pastos es de 0.03%. Los mayores valores se encontraron en primavera (0.03 a 0.06 g. Na/100g MS) con los rebrotes y los menores se presentaron en los pastos ya maduros al final del otoño (0.005 a 0.03%). En 1983, se analizó el P en sangre de vacas provenientes del departamento de San Roque, a orillas de Río Corrientes, Argentina, donde los resultados promediaron 2.05 mg/dl, mostrando una deficiencia. En ese lugar el forraje natural tenía un promedio de 0.02% de Na y 0.10% de P (Mufarrage, 1985). Ríos (1984) reportó una deficiencia de P en 78.8% de los animales de los estados de Bolívar, 30.4% en Monagas, 15.3% en Guárico, 13.2% en Anzoátegui y 8.5% en Apure. El mismo autor señala una deficiencia de Ca, observada en los estados de Anzoátegui y Monagas, en un 19.2 y 12.9% del ganado, respectivamente. Esta deficiencia no solo se manifestó en los animales, sino también en los suelos de los llanos occidentales, donde los contenidos de minerales son muy bajos y variables. La deficiencia de minerales en casi toda Venezuela, hace necesario llevar a cabo un estudio de concentraciones minerales en el sistema suelo-pasto-animal, según recomienda el autor.

Cuadro 1. Requerimientos y toxicidad de minerales para rumiantes (base seca).

Elementos Requeridos	Unidades	Ganado bovino de carne		Vacas lecheras en lactancia	
		Valor Sugerido	Rango	Valor Sugerido	Rango
<b>Macrominerales</b>					
Calcio	%	--	0.17-1.53	--	0.43-0.77
Fósforo	%	--	0.17-0.59	--	0.25-0.48
Magnesio	%	0.10	0.05-0.25	--	0.20-0.25
Potasio	%	0.65	0.50-0.70	--	0.90-1.00
Sodio	%	0.08	0.06-0.10	0.18	--
Azufre	%	0.10	0.08-0.15	--	0.20-0.25
<b>Microelementos</b>					
Cobalto	ppm	0.10	0.07-0.11	0.1	--
Cobre	ppm	8.0	4-10	10.0	--
Yodo	ppm	0.5	0.20-2.00	0.6	--
Hierro	ppm	50.0	50-100	50.0	--
Manganeso	ppm	40.0	20-50	40.0	--
Molibdeno	ppm	--	--	--	--
Selenio	ppm	0.2	0.05-0.30	0.3	--
Zinc	ppm	30.0	20-40	40.0	--
<b>Minerales Tóxicos</b>					
Cobre	ppm	115		80	
Flúor	ppm	30-100		30	
Molibdeno	ppm	6		6	
Selenio	ppm	5		5	
Zinc	ppm	500		500	

El conocimiento de la composición mineral de los pastizales de la región noroeste de Argentina, se amplió a partir de 1990, cuando comenzaron a efectuarse en la Estación Experimental Agropecuaria de Mercedes, análisis de Ca, Mg, Mn, Zn y Cu. Estos análisis de pastizales pudieron ser comparados con los datos obtenidos por investigadores en nutrición mineral del ganado en el Estado de Rio Grande do Sur, Brasil, obteniéndose un panorama de la problemática de los minerales en una gran parte de la región subtropical, donde la ganadería es una de las principales

actividades económicas. La deficiencia mineral más importante para la ganadería de la región, fue P y Na (Mufarrage, 1995).

En los Estados de Carabobo y Guárico, Di Michele *et al.* (1989) analizaron muestras de suero sanguíneo de bovinos, encontrando baja concentración sérica de Cu y Zn.

Minatel *et al.* (1987) evaluaron las deficiencias de minerales en la zona noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, tomando muestras de sangre, hígado y pelo. El plasma se analizó para determinar Ca y P por espectrofotometría; y Mg, Fe, Zn y Cu por espectrofotometría de absorción atómica (EAA). En las muestras de hígado y pelo se determinó Cu y Zn por espectrofotometría de absorción atómica. Los valores obtenidos fueron normales para Ca, P, Mg, Fe, y Zn en bovinos de la región. En el caso del Cu, las medias de las concentraciones plasmáticas fueron inferiores a 55  $\mu\text{g}\%$  en el hígado, de las cuales el 57.1% tenían concentraciones inferiores a 25 ppm. Por otro lado, el 41.4% de las muestras de pelo tuvieron valores de Cu por debajo de las 5 ppm. Estos resultados muestran los bajos niveles de Cu en sangre de bovinos de la región.

En Buenos Aires, Argentina, Buffarini (2000) midió la concentración de minerales tanto en el forraje como en el agua bebida por el ganado, sangre, hígado y pelo, observando que algunos minerales como Cu y Zn que podían incidir sobre la producción animal.

En un estudio donde se compararon las concentraciones de Na en saliva y la tasa de concepción de 1000 vacas de 46 granjas en Alemania, encontraron que cuando la saliva tenía una concentración de Na de 87 milimoles o menos, las tasa de concepción promedió 51%, cuando el Na estaba entre 131-147 milimoles, la tasa

de concepción eran 70% o mas. Estos ensayos proporcionan evidencia que la deficiencia de Na baja la tasa de concepción (Berger, 1995).

Walter (1999) analizó forrajes de 5 ranchos en Luque, Calchín y Río Segundo, en la Provincia de Córdoba, Argentina, encontrando una deficiencia de Cu en todos los ranchos, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Concentración promedio de Minerales traza en cinco Establecimientos de la provincia de Córdoba.

Fincas	Minerales, ppm			
	Cu	Fe	Zn	Mn
1	8.1	174	45.8	66.1
2	7.6	618	34.8	89.1
3	6	447	40.8	56.5
4	5.4	713	35.4	89.8
5	6.1	527	21.6	45.0
Valor sugerido <sup>1</sup>	8	50	30	40

<sup>1</sup>NRC (2001).

Con la finalidad de estudiar la calidad de los forrajes del estado Portuguesa, Venezuela, con respecto a la composición mineral y proteína cruda (PC), Muñoz *et al.* (1981) colectaron muestras de pastos consumidos en 33 fincas pecuarias, durante dos épocas del año, febrero-marzo y junio-julio. Durante febrero-marzo se encontraron valores promedio de 6.5–16.1% PC; 0.13–0.24% Ca; 0.13–0.24% P y 0.19–0.36% Mg. Durante junio-julio, las concentraciones promedio fueron 4.9–13.8% PC; 0.13–0.38% Ca; 0.13–0.15% P; y 0.17–0.35% Mg.

Ramírez *et al.* (2001) realizó un estudio con Zacate Buffel común en estación experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo

León (Cuadro 3), localizada en el municipio de Marín, obteniendo los siguientes resultados en base seca (g/kg). Los macrominerales deficientes fueron P y N, mientras que el micromineral con concentraciones menores a NCd fue Cu.

Cuadro 3. Concentración de macrominerales en Zacate Buffel común en diferentes épocas del año, en el municipio de Marín Nuevo León.

Macrominerales					
Estación	Ca	P	Mg	K	Na
Otoño, 1998	3.84	0.69	1.34	23.9	1.66
Invierno, 1999	3.04	0.29	1.24	18.9	1.14
Primavera, 1999	1.88	0.59	1.46	16.1	1.16
Verano, 1999	4.62	0.81	1.54	31.8	1.65
Media	3.26	0.60	1.40	22.7	1.40
Parte de la planta					
Completa	3.55	0.62	1.36	22.0	1.43
Hojas	4.77	0.69	1.51	24.2	1.55
Tallos	1.72	0.47	1.31	21.8	1.23
Media	3.26	0.59	1.39	22.7	1.40
Microminerales					
Estación	Cu	Mn	Fe	Zn	
Otoño, 1998	5.77	32.9	195	41.1	
Invierno, 1999	3.06	32.4	139	34.9	
Primavera, 1999	1.53	25.4	109	32.3	
Verano, 1999	12.3	76.7	208	64.1	
Media	2.99	41.9	163.3	42.9	
Parte de la planta					
Completa	5.67	42.5	167	42.8	
Hojas	5.58	56.8	224	47.23	
Tallos	4.76	26.3	98.6	39.3	
Media	5.59	41.9	163	42.9	

Miles *et al.* (1996) reportó concentraciones de P, Ca, Na, Mg y K en forrajes de Colombia, Bolivia y Brasil. Los minerales deficientes fueron P, Ca y Na durante la

época de lluvias en Colombia y Bolivia, mientras que el Na fue deficiente en Brasil (Cuadro 4).

El problema de deficiencia de P en el forraje que consumen bovinos en Venezuela es grave. Gamboa *et al.* (1991) observó que dicha deficiencia es un reflejo de los bajos valores plasmáticos.

En el Estado Guárico, Venezuela se analizaron suelos, los cuales tuvieron bajo contenido de Ca (López *et al.*, 1994). En la región oriente de Venezuela, Faria (1985) realizó análisis de suelos, en los que detectó un bajo contenido de P (1-5 ppm) y Calcio (< 150 ppm).

En el Distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, República de Panamá, Quiroz *et al.* (1983) determinaron los niveles de P, Ca, Mg, Mn, K, Zn y Cu en suelo y pasto, encontrando notoria deficiencia de P, tanto en el suelo y como en el pasto.

En países tropicales de América Latina, Valdez *et al.* (1988) y Tejada *et al.* (1987) reportaron deficiencias de minerales en forrajes, especialmente de Cu, Zn, y Co.

McDowell *et al.* (1993) menciona que en casi todas las regiones del mundo existe deficiencia de minerales en pastos, principalmente de Ca, P, Na, Co, Cu, y Zn. En ciertas regiones, en condiciones específicas, hay deficiencia de Mg, K, Fe y Mn, y un exceso de Mo y Se, causando daños a la ganadería.

Cuadro 4. Concentración promedio de Macrominerales y Minerales traza en forrajes de Colombia, Brasil y Bolivia.

Macrominerales, %							
País/Época	P	Ca	Na	Mg	S	K	
Colombia							
Sequia	0.15 m	0.12 s	0.01 s	0.14 b	NA	1.01	
Lluvia	0.11 s	0.14 s	0.05 s	0.17 b	0.07 m	0.82	
Bolivia							
Santa Cruz	0.15 m	0.21 m	0.01 s	0.16 b	NA	1.38	
Beni	0.12 s	0.25	0.01 s	0.19	NA	0.85	
Brasil							
Sequia	0.08 s	0.67	0.01 s	0.24	NA	0.82	
Lluvia	0.20 b	0.34	0.01 s	0.25	NA	1.93	
NCd	0.18	0.20	0.10	0.16	0.11	0.65	
Microminerales, ppm							
País/Época	Zn	Cu	Co	Se	Mn	Fe	Mo
Colombia							
Sequia	14 s	2.0 s	0.13 b	0.10 b	127 e	540 e	0.68
Lluvia	13 s	1.5 s	0.08 m	0.08 m	159 e	587 e	0.47
Bolivia							
Santa Cruz	30 m	5.9 m	0.16	0.08 m	133 e	134	0.86
Beni	26 m	1.3 s	0.13 b	0.10 b	252 e	122	0.85
Brasil							
Sequia	28 m	2.5 s	0.10	NA	204 e	212	1.86
Lluvia	25 m	5.4 m	0.14	NA	87	263	2.30
NCd	40	10	0.10	0.10	20	20	---

<sup>1</sup>Concentración: b, marginal; m, moderada; s, severa; e, excesivo.

<sup>2</sup>NA, no analizado.

Gartenberg *et al.* (1990) evaluaron las concentraciones de minerales en forrajes del Norte de México. En Nuevo León, se encontró una deficiencia de Cu y Zn. En Zacatecas, deficiencias de Cu, Zn y Mn. En Coahuila, se observaron deficiencias de Cu y Zn, mientras que las concentraciones Co y Fe fueron normales.

En el Centro de Investigaciones Pecuarias del estado de Sonora (CIPES), Velásquez (1997) analizó las principales plantas de los agostaderos del estado de Sonora, encontrando un promedio de 6.99% de PC, 0.96% de Ca y 0.14% de P.

En la zona ganadera del Estado de Yucatán, México, Segura *et al.* (2000) confirmó una deficiencia de P, además de la ausencia total de Co y Se. Por otro lado, mientras que el Co y el Zn estuvieron en un nivel marginal y el Fe en un nivel elevado, Segura *et al.* (1995) determinaron que en la zona oriente del estado de Yucatán, el pasto tuvo un contenido muy bajo de P.

Téllez *et al.* (1995) realizaron un estudio con el fin de conocer las concentraciones de minerales en suero sanguíneo de vacas de la Unidad de Producción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UAEM, durante las épocas de lluvia y seca, encontrando valores por encima del NCd para Ca, P, Mg, K, Co y Fe, aunque si hubo deficiencias de Zn, encontrándose un 96.8% y 70% de vacas deficientes en ambas épocas (lluvias y secas), y 30% de animales deficientes en P en la época seca.

Sánchez *et al.* (1995) evaluaron el contenido mineral en suero sanguíneo de vacas Holstein en Tenango del Valle, México, en tres establos lecheros, observando una deficiencia de Ca, con valores medios de los tres establos de 5.4, 5.6 y 5.3 mg/100 ml, en relación al valor normal para ganado lechero de 9-11 mg/100 ml. Con respecto al P, solo en un establo se notó una deficiencia (4.7 mg/100 ml). Mientras que el contenido de Zn fue muy deficiente en los tres establos (0.30, 0.71 y 0.31 ug/ml), por lo que el 76.5% de los animales fueron deficientes. Además, un establo fue deficiente de Fe (0.61 ug/ml) y el 42% de las vacas presentaron niveles de Fe menores a 1 ug/ml de suero.

Kawas (1996) determinó el perfil mineral de especies forrajeras en Tabasco. Las concentraciones promedio fueron: Mg, 0.1%; Ca, 0.32%; P, 0.20%; K, 0.59%; Fe, 15.4%; Mn, 19.9%; Zn, 38.9%; y Cu, 5.6%. El promedio general y porcentaje de

muestras deficientes en el estado de Campeche, Litoral de Tamaulipas y Veracruz se presentan en los Cuadros 5, 6 y 7.

Cuadro 5. Promedio general en la concentración de macrominerales y minerales traza en forrajes de Campeche, Litoral de Tamaulipas y Veracruz, durante la época de lluvias.

Elemento	NCd <sup>1</sup>	Estado		
		Campeche	L. Tamaulipas	Veracruz
Calcio	0.3	0.33	0.44	0.39
Fósforo	0.14-0.28	0.17	0.22	0.16
Magnesio	0.1-0.2	0.10	0.14	0.09
Sodio	0.08	0.11	0.06	0.18
Potasio	0.65-0.90	0.92	1.80	0.59
Hierro	50	35.9	74.8	29.1
Manganeso	40	20.1	51.5	12.4
Zinc	30	32.3	30.7	17.5
Cobre	10	4.8	9.4	4.8
Cobalto	0.1		0.08	
Selenio	0.1		ND	
Molibdeno	3		4.1	

<sup>1</sup>NCd, niveles críticos de deficiencia.

Cuadro 6. Porcentaje de muestras deficientes en Macrominerales en forrajes de diferentes estados durante la época de lluvias.

Estado	Macromineral				
	Ca	P	Na	Mg	K
Tamaulipas	30	63	79	94	*****
Veracruz	36	79	33	95	74
Campeche	40	81	43	92	43
Tabasco	50	73	32	93	73

Cuadro 7. Porcentaje de muestras deficientes en minerales traza en forrajes de diferentes estados de durante la época de lluvias.

Estado	Mineral traza			
	Fe	Mn	Zn	Cu
Tamaulipas	15	39	55	49
Veracruz	81	93	91	95
Campeche	85	87	68	100
Tabasco	97	90	55	90

Rubio *et al.* (1999) analizó forrajes y suelos en el norte del estado de Nayarit, reportando concentraciones bajas de P en forrajes del municipio de Huajicori, Rosamorada y Santiago Ixcuintla. El Mg sé encontró en concentraciones de 0.14, 0.19, 0.35 y 0.26% en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla, respectivamente (Cuadro 8). El Fe y Zn se reportaron como bajos en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla (Cuadro 9).

Las concentraciones reportadas de K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn en suelos de los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla se presentan en los Cuadros 10 y 11.

Cuadro 8. Concentración de macrominerales en muestras de forraje en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla del estado de Nayarit.

Mineral (Rango)	Huajicori	Estado <sup>1</sup>	Tecuala	Estado <sup>1</sup>	Rosamorada	Estado <sup>1</sup>	Santiago	Estado <sup>1</sup>
P (0.18-0.43%)	0.10	B	0.20	N	0.18	B	0.15	B
Ca (0.18-0.6%)	0.59	N	0.95	A	0.88	A	0.69	A
Mg (0.15-0.18%)	0.14	B	0.19	A	0.35	A	0.26	A
K (0.50-0.70%)	1.33	A	1.30	A	0.69	B	1.30	A

<sup>1</sup>A, alto; B, bajo; N, normal.

Cuadro 9. Concentración de Minerales Traza en muestras de forraje en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla del estado de Nayarit.

Mineral (Rango)	Huajicori	Estado <sup>1</sup>	Tecuala	Estado <sup>1</sup>	Rosamorada	Estado <sup>1</sup>	Santiago	Estado <sup>1</sup>
Fe (0.1-0.17%)	0.052	B	0.055	B	0.025	B	0.081	B
Zn (0.3-0.33%)	0.002	B	0.002	B	0.001	B	0.001	B

<sup>1</sup>A, alto; B, bajo; N, normal.

Cuadro 10. Concentración de Macrominerales en suelos de los municipios de Huajicori, Acaponeta, Rosamorada y Santiago Ixcuintla del estado de Nayarit.

Mineral (Rango)	Huajicori	Estado	Acaponeta	Estado	Rosamorada	Estado	Santiago	Estado
P (48-60 ppm)	47.3	B	49.7	N	60.6	A	125.4	A
K (81.169 ppm)	427.5	A	652.5	A	478.9	A	451.0	A
Ca (1501-5000 ppm)	1782.7	N	1472.6	B	1691.8	N	1904.1	N
Mg (81-160 ppm)	407.5	A	416.0	A	344.4	A	371.2	A
Na (300-1300 ppm)	457.5	N	688.5	N	498.6	N	553.9	N

A, alto; B, bajo; N, normal.

Cuadro 11. Concentración de Minerales Traza en suelos de los municipios de Huajicori, Acaponeta, Rosamorada y Santiago Ixcuintla del estado de Nayarit.

Mineral (Rango)	Huajicori	Estado	Acaponeta	Estado	Rosamorada	Estado	Santiago	Estado
Cu (5.1-1.0 ppm)	2.16	B	1.91	B	1.13	B	0.84	B
Fe (20.1-40.0 ppm)	459.1	A	226.1	A	163.4	A	120.9	A
Mn (40.1-80.0 ppm)	92.3	A	80.7	A	64.4	N	45.7	N
Zn (5.1-10.0 ppm)	10.9	A	3.75	B	5.03	B	2.12	B

A, alto, B, bajo, N, normal.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Generalidades

##### 3.1.1. Descripción del área

**Localización Geográfica.** El presente estudio se llevó a cabo en 15 localidades del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, zona que comprende los municipios de Compostela, Santa María del Oro, Tepic, Xalisco, Ixtlán del Río, Ahuacatlán y San Pedro Lagunillas.

La localización geográfica y altitud sobre el nivel del mar de las cabeceras municipales del área de estudio se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Localización geográfica y altitud de las cabeceras Municipales del área de estudio<sup>1, 2</sup>.

Municipio	Latitud (N)	Longitud (W)	Altitud (msnm)
Compostela	21° 14'	104° 54'	860
Santa María del Oro	21° 20'	104° 35'	1160
Tepic	21° 31'	104° 54'	920
Jalisco	21° 27'	104° 54'	990
Ixtlán de Río	21° 02'	104° 22'	1040
Ahuacatlán	21° 03'	104° 29'	990
San Pedro Lagunillas	21° 13'	104° 45'	1300

<sup>1</sup>N, Norte; W, Oeste; msnm, metros sobre el nivel del mar.

<sup>2</sup>(INEGI, 1999).

**Selección de localidades.** Se consideró cada rancho o ejido como una localidad. Para la selección de las localidades muestreadas se consideró la población de ganado bovino de cada Municipio o Ejido. También se tomaron en cuenta las cartas de uso de suelo del INEGI, siguiendo el diseño de muestreo simple aleatorio.

### **3.2. Metodología para obtención y preparación de muestras**

El periodo de muestreo se efectuó durante la segunda quincena del mes de septiembre y todo el mes de octubre del año 2001. Los municipios fueron muestreados en el siguiente orden: Compostela, Santa María del Oro, Tepic, Xalisco, Ixtlán del Río, Ahuacatlán y San Pedro Lagunillas. Se obtuvieron 121 muestras con el propósito de evaluar el perfil mineral. Debido a que el propósito del estudio era obtener un muestreo representativo de las especies forrajeras de la zona a evaluar, se solicitó el apoyo técnico de las asociaciones ganaderas locales y asesores en Desarrollo de Proyectos Agropecuarios Integrales (DPAI) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), que ofrecen consultoría permanente en la zona donde se realizaría la colección de las muestras. En el Cuadro 13, se enlistan los municipios, número de localidades o ejidos, y número de muestras consideradas en este estudio. Los nombres comunes y científicos de las especies forrajeras dominantes que fueron muestreadas se enlistan en el Cuadro 14.

#### **3.2.1. Forraje**

##### **3.2.1.1. Colección de muestras**

Se colectaron muestras de las principales especies de gramíneas que fueron consumidas por el ganado bovino (Cuadro 14), según observación visual y consulta con ganaderos. Las muestras fueron colectadas de aquellas áreas accesibles y de mayor utilización por el ganado.

Cuadro 13. Numero de muestras consideradas para coleccionar en cada una de las localidades, en los municipios correspondientes.

Municipio	Localidad	No. de muestras
Compostela	Borbollón	7
	Carrillo Puerto	10
	Compostela	11
Santa María del Oro	Santa María del Oro	9
	Cerro Blanco	8
Tepic	Trapichillo	11
Xalisco	Pantanal	7
Ixtlan del Río	El Terrero	6
	Ixtlan del Río	8
	San José	5
Ahuacatlan	Ahuacatlán	10
	La Campana	6
San Pedro Lagunillas	San Pedro Lagunillas	10
	Milpillas	8
	Las Guasitas	5

Cuadro 14. Nombres común y científico de especies forrajeras que se muestrearon en el eje neo-volcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias.

Nombre Común	Nombre Científico
Jaragua	<i>Hyparrhenia ruffa</i>
Insurgente	<i>Brachiaria brizantha</i>
Pasto chino	<i>Cynodon dactylon</i>
Gordura*	<i>Melinis minutiflora</i>
Pitillo	<i>Ixophorus unisetus</i>
Zacate grama	<i>Axonopus spp.</i>
Pata de Gallo	<i>Chloris gallana</i>
Llanero	<i>Adropogon gayanus</i>
Navañilla	<i>Bouteloua hirsuta</i>
Fresadilla	<i>Digitaria spp.</i>
Mombaza	<i>Panicum maximum</i>
Cabeza de burro	<i>Paspalum notatus</i>
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>
Tanzania	<i>Panicum maximum</i>
Estrella	<i>Cynodon plectostachyus</i>

### **3.2.1.2. Metodología de muestreo de forraje**

La técnica de muestreo para el forraje descrita por (Fick *et al.*, 1979), se describe a continuación:

- (1) Antes de realizar la toma de muestras, se observaron cuidadosamente los animales en pastoreo y se colectaron las muestras en las áreas donde estos comen. No se tomaron muestras de forrajes en áreas donde los animales no estuvieron apacentando. Además, se tomaron separadamente muestras de las especies más importantes.
- (2) Las muestras se cortaron utilizando tijeras de acero inoxidable.
- (3) Para muestrear la parte aérea de la planta, se seleccionaron al azar, diez o más sitios en el potrero, dependiendo del tamaño de este.
- (4) Se mezclaron las muestras tomadas de diferentes sitios en una sola muestra compuesta, con un peso aproximado de 500 g de materia fresca. Cuando existían grandes diferencias entre potreros en el tipo de suelo y la vegetación, se tomaron muestras para establecer el porcentaje de cada una de las especies principales (Castellanos *et al.*, 1990).

### **3.2.1.3. Material utilizado para el muestreo**

Para coleccionar las muestras, se utilizaron bolsas de plástico. Las bolsas eran identificadas con números, y estos, registrados en una libreta de control con los datos correspondientes a cada muestra. Posteriormente, fueron colocadas en bolsas de papel, y secadas en estufa de aire forzado a 50°C, hasta un peso constante, en el laboratorio de Nutrición Animal de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN). Una vez secas, en el Laboratorio de la

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nayarit, las muestras fueron molidas en un Molino Wiley con una criba de acero inoxidable a través de una malla de 1 mm. Posteriormente, 200 g de la muestra fue almacenada en bolsas papel y estas en bolsas de plástico e identificadas, para su posterior análisis (Sosa, 1981).

#### 3.2.1.4. Dilución de los elementos minerales

**Análisis de laboratorio.** Los minerales fueron analizados de acuerdo con metodología descrita por AOAC (1990) y Becerra (2000):

1. Se pesó 0.25 g de muestra y se puso en un matraz para su digestión.
2. A la muestra se le agrego 6 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).
3. El matraz se puso en el digestor previamente calentado, a una temperatura de  $440^{\circ}C$ , durante 7 minutos.
4. Se agrego 10 ml de Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) al 50%.
5. Posteriormente, la muestra se dejo digerir durante 5 minutos.
6. Después, el matraz se retiró del digestor, esperando que se enfriara, para posteriormente aforar con agua destilada a 100 ml.

La solución ácida que resultó de la digestión, se uso para la determinación de varios minerales. Las determinaciones de calcio (Ca), potasio (K) y sodio (Na) fueron realizadas usando un fotóflamómetro.

El análisis de fósforo (P) fue realizado por colorimetría utilizando la reacción del vanadato de amonio descrito por Chapman (1984).

Las determinaciones de magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), cobalto (Co) y zinc (Zn) fueron realizadas mediante el uso de un espectrofotómetro de absorción atómica, en el Laboratorio de Análisis Químicos de Suelos y Forrajes, de la Facultad de Agricultura, de la Universidad Autónoma de Nayarit.

El contenido de nitrógeno de los forrajes fue determinado usando el método micro-Kjeldahl, por medio de la reacción Nessler. El contenido de proteína cruda (PC) fue calculado como  $N \times 6.25$  (AOAC, 1990).

### 3.2.1.5. Diseño experimental para muestras de forraje

Los datos fueron analizados considerando los perfiles minerales de muestras obtenidas en las diferentes localidades. Las concentraciones de minerales fueron analizadas usando el programa estadístico SAS (1988), usando un diseño completamente al azar, con un número diferente de repeticiones. Posteriormente, las concentraciones promedio de minerales se compararon ( $P < 0.05$ ) mediante una prueba Tukey (Herrera *et al.*, 2000).

Modelo estadístico asociado al diseño:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij} \quad i = 1, 2, 3 \dots t \quad j = 1, 2, 3 \dots r$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en tratamiento  $i$ , repetición  $j$

$\mu$  = Media general

$t_i$  = Efecto del tratamiento  $i$ ;  $i = 15$  Localidades.

$E_{ij}$  = Error aleatorio

### **3.2.2. Suelo**

#### **3.2.2.1. Colección y preparación de muestras para análisis**

Las muestras de suelo fueron colectadas de áreas donde se obtuvieron las muestras de forraje. Muestras de 500 g se obtuvieron a una profundidad de aproximadamente 15 a 25 cm (dependiendo del tipo de suelo y profundidad de las raíces de las especies muestreadas. Con un cuchillo de acero inoxidable se extrajo la muestra, y se depositó en una bolsa de plástico previamente identificada. Las muestras fueron secadas al sol colocándolas sobre papel. Una vez secas, se desmoronaron y se pasaron por un tamiz con maya de acero inoxidable y poros de 2 mm de diámetro. Posteriormente, se almacenaron en bolsas de plástico para su análisis en el laboratorio (Fick *et al*, 1979).

El pH del suelo se determinó en muestras obtenidas a una profundidad de 15 a 25 cm. Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Forrajes de la Facultad de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, utilizando un potenciómetro Beckman.

#### **3.2.2.2. Metodología de análisis de minerales**

El análisis de minerales de las muestras de suelos se efectuó a través de la siguiente metodología:

1. Una muestra de 0.5 g se introdujo en un matraz para su digestión.
2. Posteriormente, se le agregó 10 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).
3. La muestra se puso en el digestor previamente calentado a una temperatura de 440°C durante 7 minutos.

4. Después, se agregaron 15 ml de peróxido de hidrógeno al 50% ( $H_2O_2$ ), y se prosiguió a digerir la muestra durante 5 minutos.
5. Finalmente, se retiró el matraz y se esperó a que se enfriara, para posteriormente aforar con agua destilada a 100 ml.

La materia orgánica del suelo fue determinada usando el método Walkley-Black (León *et al.*, 1987). Para la determinación del contenido de nitrógeno de la muestra húmeda digerida con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, se usó el método micro-kjeldhal, por medio de la reacción Nessler (AOAC, 1990).

La solución ácida obtenida de la muestra húmeda digerida, se usó para determinar varios minerales. El Ca y el Mg fueron determinados con el uso de EDTA (Arredondo, 1998). El Na y el K se analizaron usando un fotoflamómetro, mediante su extracción con acetato de amonio (Cottenie, 1984). Los análisis de fósforo de las muestras de suelo fueron realizadas por colorimetría, utilizando la reacción del vanodato de amonio descrito por Chapman (1984). Con el espectrofotómetro de absorción atómica se determinaron Fe, Cu, Mn, Co y Zn.

### **3.2.2.3. Análisis estadísticos de los datos de suelos**

Los datos fueron analizados considerando los perfiles minerales de las localidades muestreadas. Los perfiles minerales obtenidos fueron analizados usando el programa estadístico SAS (1988), mediante un diseño completamente al azar, con tres repeticiones en cada una de las localidades. Posteriormente, las concentraciones promedio de minerales se compararon ( $P < 0.05$ ) mediante una prueba Tukey (Martínez, 1988).

El modelo estadístico utilizado en este estudio fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij} \quad i = 1, 2, 3 \dots t \quad j = 1, 2, 3 \dots r$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en tratamiento  $i$ , repetición  $j$

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento  $i$ ;  $i = 15$  Localidades.

$E_{ij}$  = Error aleatorio

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Perfil mineral de forrajes

El perfil mineral y porcentaje de muestras de forraje deficientes obtenidas de 15 localidades, de los siete municipios del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, se muestran en los Cuadros 15 y 16. Los resultados obtenidos de muestras de las principales especies forrajeras más abundantes de la región se ilustran en las Figuras 1, 2, 3 y 4.

El zacate Llanero fue la especie forrajera más común, con un total de 37 de las 121 muestras colectadas durante el periodo que comprende el estudio. En el Cuadro 17, se presenta la relación de las especies forrajeras dominantes en cada municipio.

#### 4.1.1. Promedio individual en cada localidad

##### 4.1.1.1. Macrominerales

Las concentraciones (%) de Ca, P, K, Na y Mg de los forrajes (Cuadro 15), (Figura 1 y 2), se presenta a continuación:

**Calcio.** El contenido de Ca en los forrajes varió ( $P < 0.05$ ) entre las localidades, siendo el promedio más bajo (0.82%) el de la localidad de Las Guasimas, del municipio de San Pedro Lagunillas. El nivel más alto (1.81%) se obtuvo en forrajes de la localidad y municipio de Ahuacatlán.

**Sodio.** La concentración promedio de Na de diferentes especies forrajeras de las 15 localidades de la zona del eje Neovolcánico del estado de Nayarit fue mayor al Ncd para este elemento (0.08%). Los niveles más elevados de Na se observaron en forrajes de Cerro Blanco (0.37%), La Campana (0.37%) y Las Guasitas (0.70%),

Cuadro 15. Concentraciones de macro-minerales de especies forrajeras de varias localidades de la región del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias del 2001.

Localidad	n	Minerales, %					
		Ca	P	K	Na	Mg	
Juan Escútia (Borbollón)	7	0.97 <sup>b</sup>	0.24 <sup>abc</sup>	2.88 <sup>abcde</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.44 <sup>c</sup>	
Carrillo Puerto	10	1.26 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	2.99 <sup>abcd</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.46 <sup>bc</sup>	
Compostela	11	1.27 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>abcd</sup>	3.28 <sup>ab</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.46 <sup>bc</sup>	
Santa María del Oro	9	1.20 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>abcd</sup>	1.93 <sup>ef</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.48 <sup>abc</sup>	
Cerro Blanco	8	1.29 <sup>ab</sup>	0.12 <sup>cd</sup>	1.93 <sup>def</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.48 <sup>abc</sup>	
Trapichillo	11	0.96 <sup>b</sup>	0.11 <sup>d</sup>	1.46 <sup>f</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.53 <sup>ab</sup>	
Pantanal	7	0.88 <sup>b</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	2.96 <sup>abcde</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.45 <sup>bc</sup>	
El Terrero	6	0.89 <sup>b</sup>	0.20 <sup>abcd</sup>	1.47 <sup>f</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.51 <sup>ab</sup>	
Ixtlán de Río	8	1.12 <sup>ab</sup>	0.31 <sup>a</sup>	1.85 <sup>ef</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.51 <sup>abc</sup>	
San José	5	1.03 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	1.30 <sup>f</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.49 <sup>abc</sup>	
Ahuacatlán	10	1.81 <sup>a</sup>	0.17 <sup>abcd</sup>	2.40 <sup>bcdef</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.55 <sup>a</sup>	
La Campana	6	1.17 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>abcd</sup>	1.96 <sup>def</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.53 <sup>ab</sup>	
San Pedro Lagunillas	10	1.05 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>abcd</sup>	3.04 <sup>abc</sup>	0.33 <sup>b</sup>	0.46 <sup>bc</sup>	
Milpillas	8	1.09 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>abc</sup>	3.59 <sup>a</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.53 <sup>ab</sup>	
Las Guásimas	5	0.82 <sup>b</sup>	0.21 <sup>abcd</sup>	2.81 <sup>abcde</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.47 <sup>abcd</sup>	
Promedio		1.12±0.39	0.21±0.08	2.39±0.93	0.36±0.09	0.49±0.05	
Nivel crítico <sup>1</sup>		0.3	0.25	0.7	0.08	0.2	
Requerimientos <sup>2</sup>		0.17-1.53	0.17-0.59	0.5-1.00	0.06-0.18	0.05-0.25	

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

<sup>1</sup> Nivel crítico (%) de deficiencias de minerales en los forrajes.

<sup>2</sup> Requerimientos de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo.

n = Número de muestras.

Figura 1. Concentraciones (%) de calcio y fósforo de especies forrajeras de localidades de la región del eje neovolcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias del 2001.

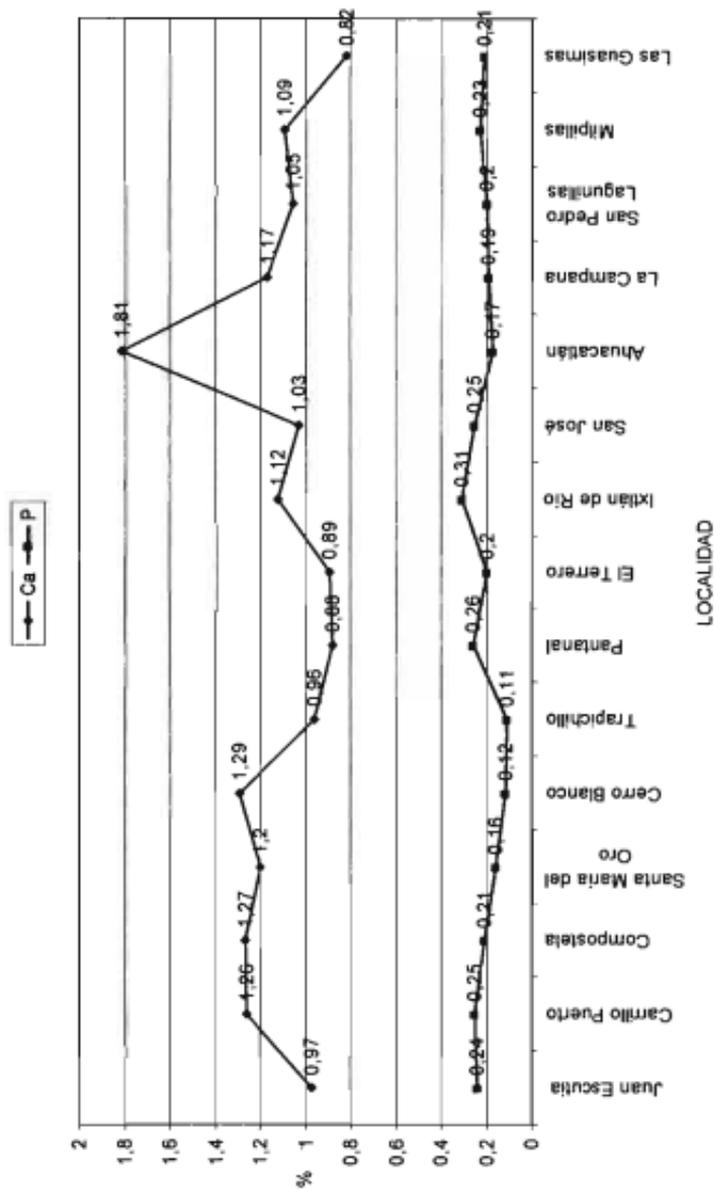
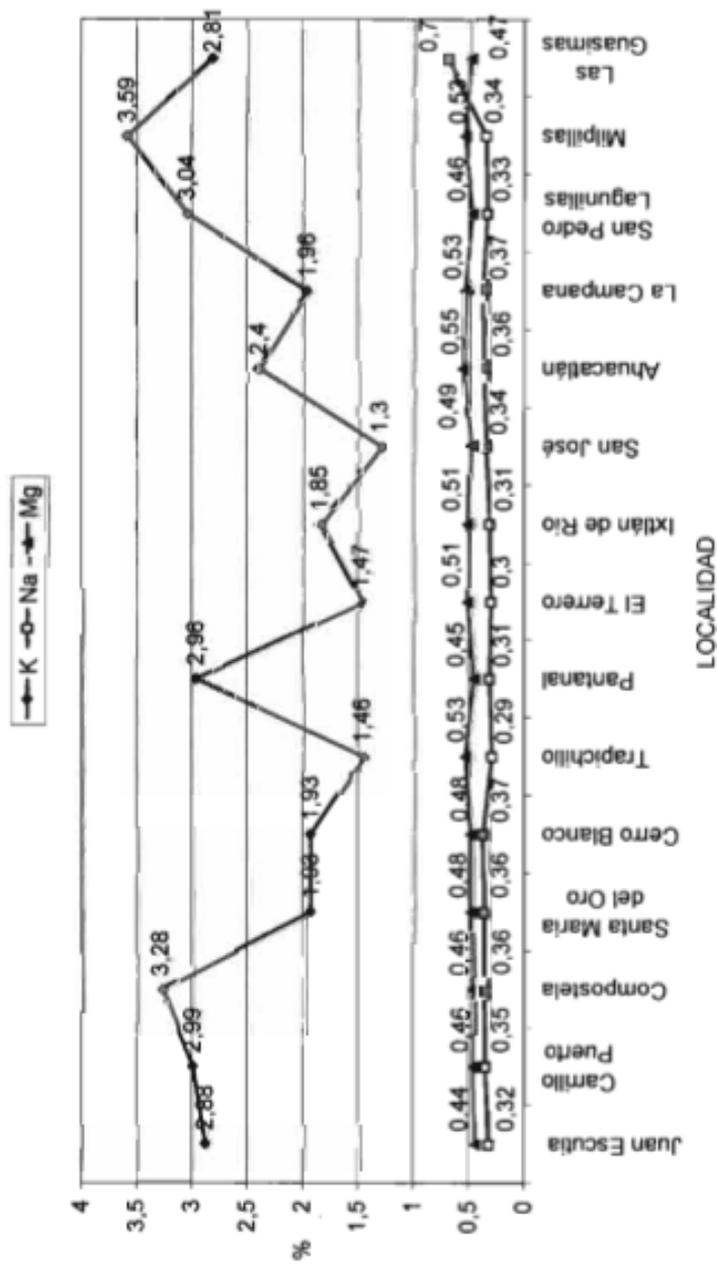


Figura 2. Concentraciones (%) de potasio, sodio y magnesio de especies forrajeras de localidades de la región del eje neovolcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias del 2001.



siendo éste último, significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) al de otras localidades.

La concentración (%) de K de los forrajes fue mayor ( $P < 0.05$ ) al NCd de 0.7% sugerido por McDowell *et al.*, (1993), en todas las localidades. Las concentraciones de K fueron: Milpillas, 3.59%; Compostela, 3.28%; San Pedro Lagunillas, 3.04%; y Carrillo Puerto, 2.99%. El nivel más bajo de K se obtuvo en San José, municipio de las localidades de Ixtlán del Río (1.30%), el Trapichillo (1.46%) y El Terrero (1.47%).

La concentración (%) de P varió ( $P < 0.05$ ) entre localidades, con valores inferiores al NCd en las localidades de Trapichillo, en el municipio de Tepic (0.11%), y Cerro Blanco (0.12%) y Santa María del Oro (0.16%) en el municipio de Santa María del Oro. La localidad donde se obtuvieron muestras de forrajes con el nivel más elevado de P, fue Ixtlán del Río (0.31%).

Con respecto a la concentración de Mg en forraje, se detectaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre localidades. Los niveles más altos fueron obtenidos en las localidades de Ahuacatlán (0.55%), Trapichillo (0.53%), La Campana (0.53%), Milpillas (0.53%) y El Terrero (0.51%). En contraste, la localidad en donde se obtuvo muestras de forraje con menor contenido de Mg fue Juan Escutia (0.44%). Sin embargo, el contenido promedio de Mg en todas las localidades fue mayor al NCd (0.2%).

#### **4.1.1.2. Minerales traza**

Las concentraciones (ppm) de minerales traza (Fe, Mn, Cu y Zn) en forrajes del eje neovolcánico, se presentan en el Cuadro 16, y Figura 3 y 4.

La concentración de Fe en los forrajes de todas las localidades fue mayor al NCd (50 ppm). El nivel más elevado de Fe se obtuvo en la localidad de Pantanal (329 ppm), siendo significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) al de las otras localidades.

La concentración de Cu en las especies forrajeras de las 15 localidades que se muestrearon en el eje Neovolcánico del estado de Nayarit, varió ( $P < 0.05$ ) de 11 a 20 ppm. Estas concentraciones son mayores al NCd (10 ppm).

Las concentraciones promedio de Mn de todas las localidades fueron menores al NCd (40 ppm), que varió ( $P < 0.05$ ) de 16 ppm en Carrillo Puerto a 34 ppm en San José. Por otro lado, la concentración de Zn varió ( $P < 0.05$ ) de 37 ppm en Las Guasitas a 49 ppm en el Terrero.

#### **4.1.2. Promedio general y porciento de muestras deficientes**

Las concentraciones promedio ( $n = 121$ ) de macrominerales y minerales traza, de las 15 localidades de los siete municipios del eje Neovolcánico del estado de Nayarit, se enlistan en los Cuadros 15 y 16. Del total de muestras de los 7 municipios, el porcentaje de estas que tuvieron concentraciones menores al NCd, se presentan en los Cuadros 18 y 19.

##### **4.1.2.1. Macrominerales**

Las concentraciones promedio ( $n = 121$ ) de los macro-minerales, de muestras de forraje obtenidas en los 7 municipios de la zona del eje Neovolcánico del estado de Nayarit fueron: Ca, 1.12%; Na, 0.36%; K, 2.39%; P, 0.21%; y Mg, 0.49%.

Cuadro 16. Concentraciones de minerales traza de especies forrajeras de localidades de la zona del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias del 2001.

LOCALIDAD	Minerales, ppm				
	n	Fe	Cu	Mn	Zn
Juan Escutia (Borbollón)	7	138 <sup>b</sup>	15 <sup>ab</sup>	20 <sup>ab</sup>	39 <sup>b</sup>
Carrillo Puerto	10	142 <sup>b</sup>	14 <sup>ab</sup>	16 <sup>b</sup>	39 <sup>b</sup>
Compostela	11	159 <sup>b</sup>	15 <sup>ab</sup>	21 <sup>ab</sup>	38 <sup>b</sup>
Santa María del Oro	9	152 <sup>b</sup>	11 <sup>b</sup>	24 <sup>ab</sup>	47 <sup>a</sup>
Cerro Blanco	8	127 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	33 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>
Trapichillo	11	136 <sup>b</sup>	11 <sup>b</sup>	27 <sup>ab</sup>	47 <sup>a</sup>
Pantanal	7	329 <sup>a</sup>	14 <sup>ab</sup>	33 <sup>a</sup>	40 <sup>b</sup>
El Terrero	6	250 <sup>ab</sup>	20 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>
Ixtlán de Río	8	241 <sup>ab</sup>	16 <sup>ab</sup>	29 <sup>a</sup>	45 <sup>b</sup>
San José	5	171 <sup>b</sup>	17 <sup>ab</sup>	34 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>
Ahuacatlán	10	138 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	25 <sup>ab</sup>	46 <sup>a</sup>
La Campana	6	141 <sup>b</sup>	13 <sup>ab</sup>	31 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>
San Pedro Lagunillas	10	131 <sup>b</sup>	14 <sup>ab</sup>	20 <sup>ab</sup>	38 <sup>b</sup>
Milpillas	8	144 <sup>b</sup>	15 <sup>ab</sup>	29 <sup>a</sup>	38 <sup>b</sup>
Las Guasimas	5	130 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	18 <sup>ab</sup>	37 <sup>b</sup>
Promedio		166 ± 84	14 ± 4	26 ± 9	43 ± 4
NCd <sup>1</sup>		50	10	40	30
Requerimientos <sup>2</sup>		50-100	4-10	20-50	20-40

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

<sup>1</sup> NCd, nivel crítico de deficiencia (ppm) de minerales en los forrajes.

<sup>2</sup> Requerimientos de ganado vacuno de carne y lechero en pastoreo sugeridos por McDowell *et al.*, 1993).

n = número de muestras.

Figura 3. Concentraciones (ppm) de hierro de especies forrajeras de localidades de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.

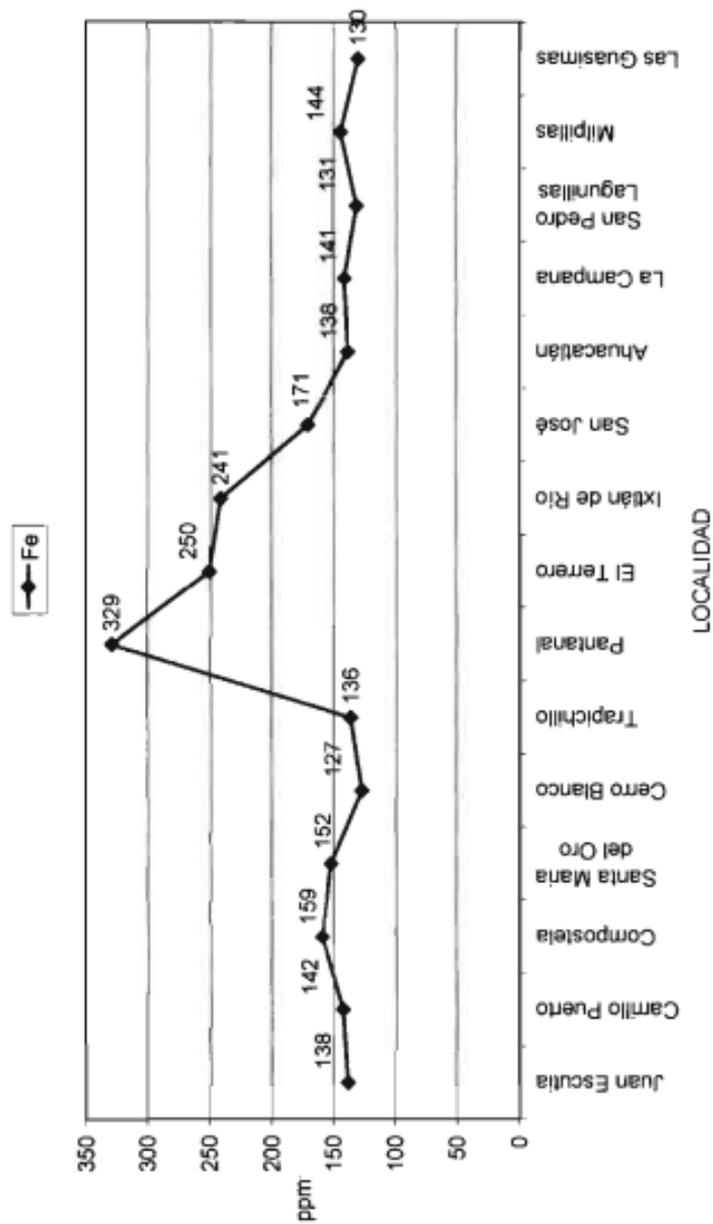
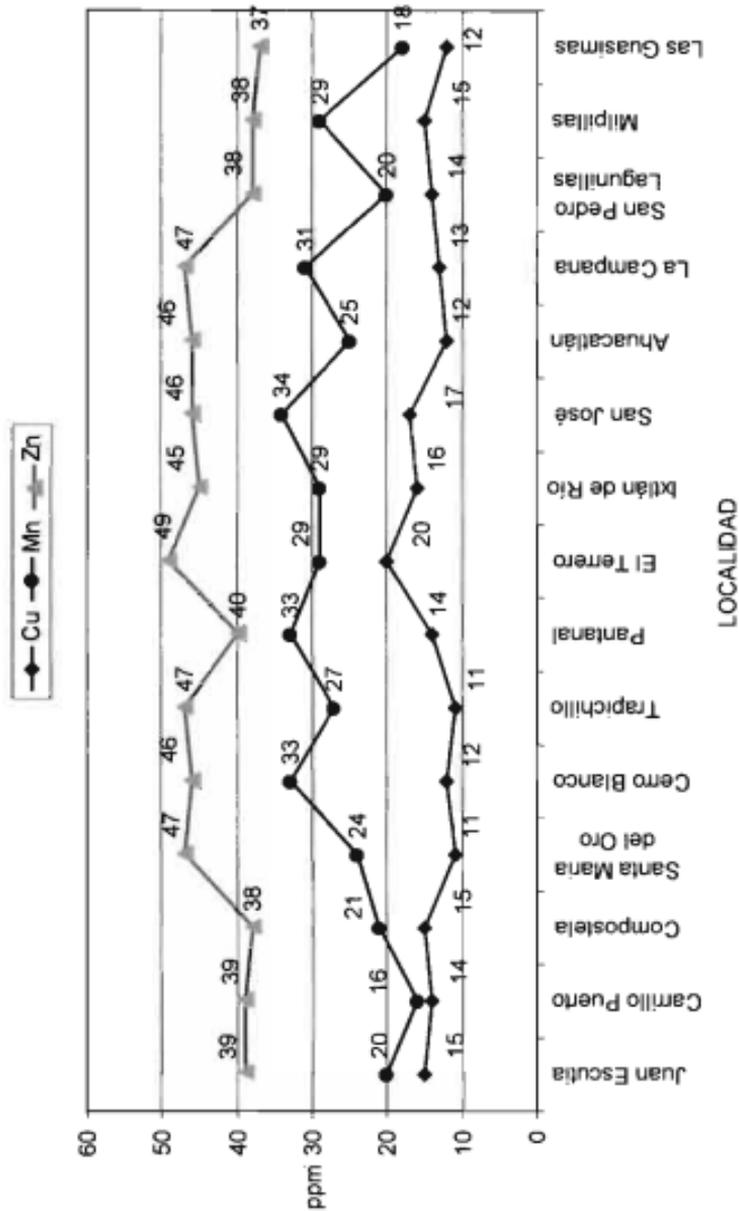


Figura 4. Concentraciones (ppm) de cobre, manganeso y zinc de especies forrajeras de localidades de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.



Cuadro 17. Especies forrajeras dominantes en cada municipio del eje neovolcánico del estado de Nayarit.

Nombre común	Municipio
Jaragua	Tepic
Insurgente	Tepic, Ahuacatlán, Compostela, San Pedro Lagunillas.
Rodillon	Ahuacatlán
Pasto chino	Tepic, Santa María de Oro, Ahuacatlán, Ixtlán del Río, Compostela.
Gordura	Ixtlán del Río
Pitillo	Ahuacatlán, Compostela.
Zacate grama	Xalisco
Pata de Gallo	Xalisco
Llanero	Tepic, Santa María del Oro, Ahuacatlán, Ixtlán del Río, Compostela, San Pedro Lagunillas.
Navajilla	Compostela
Fresadilla	Ahuacatlán, Compostela, San Pedro Lagunillas
Mombaza	San Pedro Lagunillas
Cabeza de burro	Tepic, Santa María del Oro, Ahuacatlán, Ixtlán del Río, Compostela, San Pedro Lagunillas.
Pangoia	Compostela
Tanzania	San Pedro Lagunillas
Estrella	Santa María del Oro, Ahuacatlán,, Ixtlán del Río, Xalisco, Compostela, San Pedro Lagunillas.
Cola de Pato	San Pedro Lagunillas.

Cuadro 18. Cantidad de muestras deficientes (%) en macrominerales de especies forrajeras de localidades del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.

Localidad	Macrominerales					
	n	Ca	Na	K	P	Mg
Juan Escutia (Borbollón)	7	0	0	0	14.3	0
Carrillo Puerto	10	0	0	0	20	0
Compostela	11	0	0	0	18.2	0
Santa María del Oro	9	0	0	0	66.6	0
Cerro Blanco	8	0	0	0	87.5	0
Trapichillo	11	0	0	0	90.9	0
Pantanal	7	0	0	0	14.3	0
El Terrero	6	0	0	0	33.3	0
Ixtlán de Río	8	0	0	0	0	0
San José	5	0	0	0	0	0
Ahuacatlán	10	0	0	0	30	0
La Campana	6	0	0	0	33.3	0
San Pedro Lagunillas	10	0	0	0	40	0
Milpillas	8	0	0	0	25	0
Las Guasimas	5	0	0	0	0	0
Promedio		0	0	0	34.7	0

n = Número de muestras.

Muestras de forrajes deficientes en macrominerales de acuerdo a niveles críticos (NRC, 2001; McDowell *et al.*, 1993) como sigue: Ca (0.3 %), Na (0.08 %), K (0.7 %) P (0.25 %) y Mg (0.2 %).

#### 4.1.2.1.1. Fósforo

De los macro-minerales, el único elemento cuyo promedio general fue menor al NCd fue el P (Cuadro 15). El porcentaje de muestras deficientes en P fue de 34.71% (Cuadro 18). La concentración de P (0.21%) de los forrajes durante la época de lluvias fue inferior al NCd (0.25%).

**Regiones tropicales.** Los niveles de P en muestras de forraje obtenidas en Colombia, Bolivia y Brasil, durante la época de lluvias, no fue suficiente para cubrir los requerimientos del ganado en pastoreo (Miles *et al.*, 1996). En los estados de Tabasco, Campeche, y litoral de Tamaulipas, Kawas (1996) observó valores de 0.20, 0.17 y 0.22%, respectivamente. Por otro lado, en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante la época húmeda, Olivera (1996) reportó en zacates tropicales, concentraciones de P que variaron de 0.05 a 0.09%. En el municipio de Apatzingán, Michoacán, Pérez (1999) observó concentraciones de 0.15% en los zacates.

**Regiones semiáridas.** En el estado de Sonora, Velásquez (1997) notaron que el contenido promedio de P de algunas plantas de agostadero fue de 0.14%. Por otro lado, Luna (1996) analizó zacates nativos en los municipios de San Buenaventura, Castaños y La Madrid, en el norte de Coahuila, observando concentraciones promedio de 0.09, 0.10 y 0.09%, respectivamente, siendo el 100% de las muestras deficientes en este elemento.

#### 4.1.2.1.2. Calcio

El NCd para el Ca de 0.3% ha sido sugerido por McDowell *et al.* (1993). Las concentraciones de Ca de los forrajes analizados en este estudio, fueron en promedio, 4 veces mayor al NCd.

**Regiones tropicales.** En México, en el estado de Tabasco, Campeche y litoral de Tamaulipas, Kawas (1996) evaluó la concentración de Ca en varias especies forrajeras, observando concentraciones promedio por estado, de 0.32, 0.33 y 0.44%, respectivamente. En contraste, en el estado de Nayarit, Rubio (2001) observó concentraciones inferiores de 0.17, 0.14, 0.16 y 0.19% en forrajes de los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla, respectivamente.

En Venezuela, muestras de zacate obtenidas durante la época de Lluvias de 33 fincas pecuarias del estado Portuguesa, fueron analizadas por Muñoz *et al.* (1981), obtuvieron niveles de Ca que variaron entre 0.13 y 0.38%. También en fincas de Guárico Oriental, Venezuela, Faria (1985) encontró que el contenido promedio de Ca en pastos nativos fue de 0.18%. En pastos nativos de las sabanas altas de Apure, Venezuela, Tejos (1981) observó concentraciones de éste mineral que variaron de 0.33 a 0.40%. Rojas *et al.* (1993,1994) reportaron niveles de Ca en forrajes de los llanos de Venezuela que estuvieron en un rango de 0.03-0.18%.

En Colombia, Laredo *et al.* (1987) realizaron un estudio en el centro regional de investigación "La Libertad" en Villavicencio Colombia, observando un nivel de Ca de 0.42% durante la época de lluvias.

En Bolivia, McDowell *et al.* (1982) reportaron concentraciones de Ca en muestras de forraje obtenidas durante la época de lluvias de 0.44, 0.20 y 0.27%, durante los años de 1977, 1978 y 1979, respectivamente. Faria (1985) observó un promedio de 0.21% de Ca en muestras de pastos nativos del Guarico Oriental, Venezuela durante la época húmeda. Laredo *et al.* (1987) notaron que la concentración de Ca fue de 0.26% en pasto *Brachiaria*, durante la misma época del año.

**Regiones semiáridas.** Guarneros *et al.* (1998) reportaron un promedio de 0.38 y 0.25% de Ca en zacates de la zona norte y centro del estado de Tamaulipas, respectivamente. En el estado de Sonora, Velásquez (1997) observó un promedio de Ca de 0.96%, en las principales especies de plantas en agostaderos del estado de Sonora. En el municipio de Marín, estado de Nuevo León, Ramírez *et al.* (2001) obtuvieron niveles de Ca en Zacate Buffel Común (*cenchrus ciliaris* L.) de 0.32%.

#### 4.1.2.1.3. Sodio

El contenido de Na promedio de 0.36% fue mayor que el NCd para rumiantes (base seca) de 0.06 a 0.18% sugerido por McDowell *et al.* (1993).

**Regiones Tropicales.** Kawas (1996) reportó concentraciones de este mineral en zacates del estado de Tabasco y Campeche de 0.12 y 0.11%, respectivamente. Millán *et al.* (1990) observaron que la concentración de Na del pasto Guinea en el Oriente de Yucatán, durante la época de lluvias, fue de 0.40%. Pérez (1999) observó que el contenido promedio de Na fue de 0.07% en forrajes del municipio de Apatzingan, Michoacán. Olvera (1996) obtuvo concentraciones de Na que en promedio variaron de 0.01 a 0.12% en zacates del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante las épocas húmeda y seca, respectivamente.

**Regiones Semiáridas.** Luna (1996) obtuvo concentraciones promedio de Na de 0.31, 0.27 y 0.32% en zacates nativos de los municipios de La Madrid, San Buenaventura y Castaños, del norte de Coahuila. Por otro lado, Armienta (1995) observó que el promedio de Na en forrajes consumidos por el ganado (en condiciones de agostadero) en el estado de Nuevo León fue de 0.22% durante la época húmeda.

#### 4.1.2.1.4. Potasio

La concentración promedio de K fue de 2.39% en forrajes del eje neovolcánico del estado de Nayarit, siendo mayor al NCd de 0.7% sugerido por McDowell *et al.* (1993).

**Regiones tropicales.** Muestras de forraje obtenidas durante la época de lluvias en Colombia, Bolivia y Brasil fueron analizadas por Miles *et al.* (1996), quienes reportaron valores promedio de K de 0.82, 0.85 y 1.93%, respectivamente. Durante la época de lluvias, Kawas (1996) obtuvo concentraciones de K en forraje de 0.59% en el estado de Tabasco, 0.92% en Campeche, y 0.91% en el litoral de Tamaulipas. En Nayarit, Rubio *et al.* (1999) analizaron forrajes cuyas concentraciones promedio fueron de 1.32, 1.30, 0.69 y 1.29% en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla, respectivamente. McDowell *et al.* (1982) observaron en forrajes Bolivianos, concentraciones de K de 1.2, 2.59 y 1.71%, durante la época de lluvias, en los años de 1977, 1978 y 1979, respectivamente. Rojas *et al.* (1993) reportaron que el contenido promedio de este mineral fue de 0.49% en los pastos del sureste de Venezuela. Rojas *et al.* (1994) obtuvieron concentraciones del 1% de K en forrajes producidos en el suroeste de los llanos de Venezuela durante la época de lluvias. Velásquez *et al.* (1996) observaron que el nivel promedio de este mineral en forrajes en Nicaragua fue de 1.4%.

**Regiones semiáridas.** Carrete (1991) observó que el K de los forrajes de la región sur del estado de Coahuila varió de 1.42 a 3.57%. Por otro lado, Guarneros *et al.* (1998) determinaron el contenido promedio de K en forrajes del estado de Tamaulipas, el cual fue de 1.1% en la zona fronteriza y 0.83% en la zona centro.

#### 4.1.2.1.5. Magnesio

El promedio general de Mg (0.49%) en muestras de los forrajes colectados fue mayor al NCd, no existiendo muestras deficientes.

**Regiones tropicales.** Los valores de Mg reportados en este estudio fueron superiores a los observados por Kawas (1996) en los estados de Tabasco (0.1%), Campeche (0.1%) y litoral de Tamaulipas (0.14%). Por otro lado, Rubio *et al.* (1999) observaron valores de 0.14, 0.19, 0.35 y 0.25% en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuntla del estado de Nayarit, respectivamente, siendo los valores normales de 0.05 a 0.25% sugeridos por McDowell *et al.* (1993). Faria (1985) obtuvo un promedio de Mg de 0.19% en los pastos nativos del Guarico Oriental, Venezuela. Al estudiar la calidad de los forrajes del estado Portuguesa, Venezuela, Muñoz (1981) observó una concentración de 0.17% de Mg, durante la época de lluvias.

**Regiones semiáridas.** Armienta (1995) determinó el contenido de Mg de forrajes de los agostaderos de la zona norte, centro y sur del estado de Nuevo León, obteniendo concentraciones de 0.24, 0.31 y 0.23%, respectivamente. Luna (1996) analizó las concentraciones de este macro-mineral en zacates nativos de tres municipios del norte de Coahuila, encontrando un promedio de 0.18%.

#### 4.1.2.2. Minerales traza.

Las concentraciones de micro-minerales en muestras de forraje obtenidas de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit se presentan en el Cuadro 16. El promedio general de Fe, Cu, Mn y Zn, considerando todas las muestras obtenidas de

las 15 localidades, fueron 166, 14, 26 y 43 ppm, respectivamente. El porcentaje de muestras deficientes se presentan en el Cuadro 19.

#### 4.1.2.2.1. Hierro

**Región tropical.** Miles *et al.* (1996) observaron niveles altos de Fe en el forraje colectado durante la época de lluvias en Colombia (587 ppm), Bolivia (122 ppm) y Brasil (263 ppm). Kawas (1996) reportó concentraciones de Fe en forrajes de los estados de Tabasco (15.4 ppm), Campeche (35.9 ppm), y el litoral de Tamaulipas (74.8 ppm). De las muestras analizadas, 97, 85 y 15% fueron deficientes en Fe, en los estados de Tabasco, Campeche y el litoral de Tamaulipas, respectivamente. En estudios realizados por Rubio *et al.* (1999) en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla del estado de Nayarit, se registraron concentraciones promedio de Fe de 0.52, 0.55, 0.25 y 0.81 ppm, respectivamente. Pérez (1999) obtuvo una concentración promedio de Fe en forrajes del municipio de Apatzingan, Michoacán, de 748.1 ppm. Olvera (1996) observó que en zacates del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante la época húmeda, el rango en la concentración de Fe fue de 209.8 a 570.2 ppm. Faria (1985) obtuvo concentraciones de Fe que variaron de 30 a 100 ppm, en pastos nativos del Guarico Oriental, Venezuela. Laredo *et al.* (1987) (1987) reportó que el pasto *Brachiaria* contenía una concentración de Fe de 280 ppm durante la época de lluvias.

Cuadro 19. Muestras deficientes (%) en minerales traza de especies forrajeras de localidades del eje neovolcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias de 2001.

Localidad	Minerales traza				
	n	Fe	Cu	Mn	Zn
Juan Escutia (Borbollón)	7	0	0	100	0
Carrillo Puerto	10	0	0	100	0
Compostela	11	0	0	100	0
Santa María del Oro	9	0	0	100	0
Cerro Blanco	8	0	0	87.5	0
Trapichillo	11	0	0	90.9	0
Pantanal	7	0	57.14	85.71	0
El Terrero	6	0	0	100	0
Ixtlán de Río	8	0	0	100	0
San José	5	0	0	100	0
Ahuacatlán	10	0	0	100	0
Lá Campana	6	0	0	83.33	0
San Pedro Lagunillas	10	0	20	100	0
Mípillas	8	0	0	75	0
Las Guasimas	5	0	0	100	0
Promedio		0	4.96	95.04	0

n = número de muestras.

Muestras de forrajes deficientes en minerales traza de acuerdo a niveles críticos (NRC, 2001; McDowell *et al.*, 1993) como sigue: Fe (50 ppm), Cu (10 ppm), Mn (40 ppm) y Zn (30 ppm).

**Regiones semiáridas.** Ramírez *et al.* (2001) evaluó la concentración de Fe en zacate Buffel común (*Cenchrus Ciliaris*) en el municipio de Marín, Nuevo León, México, observando un promedio de 163.3 ppm. Por otro lado Guarneros *et al.* (1998) notaron que el contenido promedio de Fe en forrajes de la zona fronteriza de Tamaulipas fue de 268 ppm, mientras que en la zona centro fue de 168 ppm. Carrete (1991) obtuvo una concentración de Fe en forrajes de la región sur del estado de Coahuila que varió de 135 a 791 ppm.

#### 4.1.2.2.2. Cobre

**Región tropical.** Kawas (1996) observó concentraciones de Cu en los estados de Tabasco, Campeche, Veracruz y litoral de Tamaulipas, que promediaron 5.6, 4.8, 4.8 y 9.5 ppm, respectivamente. Pérez (1999) analizó forrajes del municipio de Apatzingan, Michoacán y observó una concentración promedio de Cu de 3.7 ppm. Por otro lado, Olvera (1996) reportó que la mayoría de los zacates del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz tenían deficiencias en Cu. Rojas *et al.* (1994) notaron que todas las muestras analizadas del sureste de los llanos de Venezuela estuvieron por debajo del NCd.

**Región semiárida.** Armienta (1995) reportó que la concentración promedio de Cu en la zona norte, centro y sur del estado de Nuevo León fue de 4.7, 4.4 y 5.4 ppm, respectivamente. Por otro lado, Ramírez *et al.* (2001) observaron que las muestras de zacate Buffel en el municipio de Marín, Nuevo León, contenían un promedio en Cu de 5.59 ppm. Guarneros *et al.* (1998) obtuvieron una concentración promedio de Cu en forrajes de 4.98 y 3.7 ppm en las zonas fronteriza y centro del estado de Tamaulipas. Carrete (1991) observó que la concentración de Cu en los

forrajes consumidos por bovinos en la región sur del estado de Coahuila varía de 5.94 a 16.88 ppm.

#### 4.1.2.2.3. Manganeso

**Región tropical.** Fariá (1985) realizaron un análisis en pastos nativos de los distritos de Infante y Zaraza, en el Estado de Guárico, Venezuela, observando un promedio de 99.3 ppm de Mn. Laredo *et al.* (1987) analizaron pastos en Pie de Monte Llanero, Colombia, obteniendo un promedio de 280 ppm de este mineral. McDowell *et al.* (1982) obtuvieron muestras de forraje en Bolivia durante la época de lluvias en los años 1977, 1978 y 1979, observaron una concentración de Mn de 365, 325 y 293 ppm, respectivamente. Rojas *et al.* (1994) reportaron una concentración promedio de Mn de 136 ppm, en forrajes del Suroeste de los llanos de Venezuela. Kawas (1996) notó que la concentración promedio de Mn de los forrajes en los estados de Tabasco, Campeche, Veracruz y Litoral de Tamaulipas, durante la época de lluvias, fue de 19.9, 20.1, 12.4 y 40 ppm, y que el 89.5, 87.2, 92.9 y 93.9% de las muestras analizadas se consideraban deficientes en este elemento, respectivamente. Olvera (1996) determinó el contenido de Mn en forrajes del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, observó un promedio de 28.5 ppm. Pérez (1999) obtuvo en el Municipio de Apatzingan, Michoacán, una concentración promedio de Mn en muestras de forrajes de 70 ppm.

**Región semiárida.** Ramírez *et al.* (2001) analizó muestras de zacate Buffel en el municipio de Marín, Nuevo León, México, observando un contenido promedio de Mn de 41.9 ppm. Carrete (1991), al determinar la concentración de Mn en la región ganadera del sur de Coahuila, observó una variación de 48.4 a 296.5 ppm.

#### 4.1.2.2.4. Zinc

**Región tropical.** Faria (1985) obtuvo concentraciones promedio de 35.4 ppm de Zn al analizar los pastos nativos de Guarico Oriental, Venezuela. McDowell *et al.* (1982) notaron que las concentraciones de Zn en forrajes Bolivianos colectados durante los años de 1977, 1978 y 1979, fueron de 23, 22 y 21 ppm, respectivamente. Kawas (1996) reportó que en especies forrajeras de los estados de Tabasco, Campeche, Veracruz y Litoral de Tamaulipas, las concentraciones promedio de Zn y el porcentaje de muestras eficientes, fueron de 38.9, 5.6, 17.5 y 31 ppm y 54.7, 68.1, 90.5 y 54.5%, respectivamente. Olvera (1996) observó que el contenido promedio de Zn en los forrajes del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, fue de 29.1 ppm. Por otro lado, Pérez (1999) reportó que la concentración promedio de Zn en forrajes de municipio del Apatzingan, Michoacán, fue de 20.7 ppm.

**Región semiárida.** Armienta (1995) analizó forrajes del Norte, Centro y Sur de estado de Nuevo León durante la época de lluvias, observando que la concentración promedio de Zn para cada una de las zonas fue de 25.1, 32.6 y 27.3 ppm, mientras que el porcentaje de muestras menor al NC fue de 65.4, 36 y 64.7, respectivamente. Carrete (1991) observó que la concentración de este elemento en los forrajes de la región sur del estado de Coahuila varió de 28.3 a 102.9 ppm.

#### 4.1.3. Porcentaje de Proteína Cruda (PC).

En el Cuadro 20 y Figura 5, se presenta el contenido de proteína cruda (PC) de forrajes de las quince localidades del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias. Los niveles de PC en forrajes de las diferentes

localidades varió significativamente ( $P < 0.05$ ) de 5.3% en la localidad de el trapichillo a 8.3% en la localidad de Milpillas.

Mata (1989) reportó concentraciones de 4.9 a 7.0% de PC en gramíneas del sureste del estado Guarico, Venezuela. También en Venezuela, Rojas *et al.* (1994) observaron que los forrajes de una finca en el suroeste contenía un promedio de 13.3% PC. Muñoz *et al.* (1981) observaron que el contenido de PC de pastos en llanos del estado portuguesa, Venezuela, varió de 6.5 a 16.1%. En un estudio realizado en pastos nativos de Sabanas de Apure, Venezuela, Tejos (1981) reportó concentraciones que fluctuaron de 7.5 a 9.4%. Luna (1996) obtuvo de zacates nativos de los municipios de La Madrid, San Buenaventura y Castaños del norte de Coahuila, 4.18, 4.40 y 3.49% de PC, respectivamente. Olvera (1996) reportó que el contenido PC varió de 4.1% para el zacate Señal a 12% en el zacate Privilegio, en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz. Armienta (1995) analizó muestras de gramíneas y arbustivas del estado de Nuevo León, observando concentraciones promedio de 5.5 y 6.94%, respectivamente.

#### **4.2. pH de Suelos.**

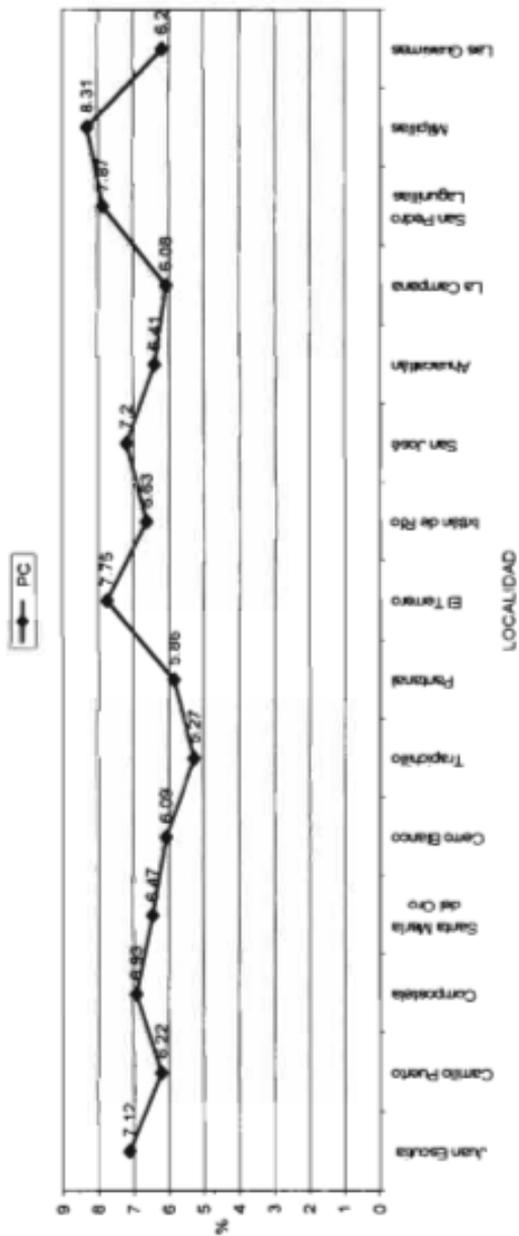
El pH de 45 muestras de suelo de las quince localidades del eje neo-volcánico del estado de Nayarit durante el periodo de lluvias del 2001, se muestran en el Cuadro 21. El rango de pH obtenido de las muestras varió de 5.04 a 6.65. El valor más bajo de 5.04 se obtuvo en Milpillas, considerado como ácido, mientras que el más alto se obtuvo en Ixtian del Río (6.65), siendo clasificado como ligeramente ácido.

Cuadro 20. Contenido de proteína cruda (PC) de los forrajes del eje neovolcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias.

Localidad	PC (%)
Juan Escutia (Borbollón)	7.12 <sup>abc</sup>
Carrillo Puerto	6.22 <sup>abc</sup>
Compostela	6.93 <sup>abc</sup>
Santa María del Oro	6.47 <sup>abc</sup>
Cerro Blanco	6.09 <sup>abc</sup>
Trapichillo	5.27 <sup>c</sup>
Pantanal	5.86 <sup>bc</sup>
El Terrero	7.75 <sup>ab</sup>
Ixtlán de Río	6.63 <sup>abc</sup>
San José	7.2 <sup>abc</sup>
Ahuacatlán	6.41 <sup>abc</sup>
La Campana	6.08 <sup>abc</sup>
San Pedro Lagunillas	7.87 <sup>ab</sup>
Milpillas	8.31 <sup>a</sup>
Las Guasimas	6.2 <sup>abc</sup>
Promedio	6.69 ± 1.42

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

Figura 5. Contenido de proteína cruda (%) de forrajes de la región del eje neovolcánico, del estado de Nayarit, durante la época de lluvias.



Alvarado *et al.* (1985) obtuvo un pH promedio de 5.8 en suelos de Sabanas de Barinas, Venezuela. Kawas (1996) analizó el pH de suelos del Litoral de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche, en donde los resultados obtenidos fueron de 6.7 a 7.0; 7.0 a 8.0; 7.4 a 8.8 y 5.2 a 8.4, respectivamente. Pérez (1999) observó que el pH de los suelos del municipio de Apatzingan, Michoacán, varió de 6.54 a 8.72. Armienta (1995) reportó que el pH de los suelos del norte, centro y sur del estado de Nuevo León fue de 8, 7.7 y 7.3, respectivamente. Por otro lado, Olvera (1996), al analizar muestras de suelos en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, observó un pH promedio de 7.1 y 6.6, en las épocas húmeda y seca, respectivamente.

**Contenido de Nitrógeno.** El contenido de nitrógeno (N) en muestras de suelos del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias del 2001, se reportan en el Cuadro 21. El contenido de N varió de 0.22% en la localidad de Juan Escutia a 0.76% en Milpillas, considerados estos niveles deficientes, de acuerdo a lo reportado por Laredo *et al.* (1987) como normal (1%).

**Materia Orgánica.** La materia orgánica (MO) del suelo varió de 2.4% en Ahuacatlán a 8.2% en Pantanal. Las medias de la MO para cada una de las localidades se muestran en el Cuadro 21. Ortiz *et al.* (1980) y Buckman *et al.* (1977) mencionan que los suelos que contienen una MO mayor a 3%, son considerados como ricos en esta. Storie (1970) menciona que los suelos de pastizal generalmente tienen de 6 a 8 % de MO. Pérez (1999) observó que la MO de los suelos del municipio de Apatzingan, Michoacán, variaron de 1.1 a 10.7%. Olvera (1996) observó que el porcentaje promedio de MO en suelos del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, fueron de 3.03 y 4.61 para las épocas húmeda y seca, respectivamente.

**Textura del suelo.** El contenido (%) de arena (Are), arcilla (Arc) y limo (Lim) de los suelos del eje neo-volcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias, se reportan en el Cuadro 21. Considerando como referencia el triangulo para clasificación de los suelos de Buckman *et al.* (1977), estos suelos se clasifican como francos. Alvarado *et al.* (1985) observaron suelos franco-arcillo-arenosos en sabanas de Barinos, Venezuela.

#### 4.3. Perfil mineral de suelos

Se evaluaron cinco macro-minerales en 45 muestras obtenidas de las quince localidades (tres repeticiones en cada una) de la zona del eje Neovolcánico del estado de Nayarit, durante el periodo de lluvias del 2001 (Cuadro 22). Los resultados obtenidos consideran las localidades de Juan Escutia (Borbollón), Carrillo Puerto, Compostela, Santa María del Oro, Cerro Blanco, Trapichillo, Pantanal, El Terrero, Ixtlán del Río, San José, Ahuacatlán, La Campana, San Pedro Lagunillas, Milpillas y Las Guasitas (Figuras 6 y 7).

##### 4.3.1. Promedio individual de cada localidad

###### 4.3.1.1. Macrominerales.

Los macrominerales evaluados fueron Ca, Na, K, P y Mg. Los 5 elementos difirieron entre las localidades ( $P < 0.05$ ).

**Calcio.** Los niveles de Ca de los suelos de eje neo-volcanico del estado de Nayarit (Cuadro 22), muestran un mínimo de 130.2 ppm en la localidad de Ahuacatlán y una máximo de 367.6 ppm Carrillo Puerto, siendo superiores al NCd ( $> 71$  ppm) observados por McDowell *et al.* (1982).

Cuadro 21. Materia orgánica (MO), nitrógeno (N), pH, arena (Are), arcilla (Arc) y limo (Lim) en suelos del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.

Localidad	MO (%)	N (%)	pH	Are (%)	Arc (%)	Lim (%)
Juan Escutia (Borbollón)	4.80	0.22	5.48	42.76	36.68	20.56
Carrillo Puerto	4.20	0.25	5.91	50.76	30.68	18.56
Compostela	4.20	0.30	5.55	42.76	36.68	20.56
Santa María del Oro	4.80	0.53	6.20	61.32	18.73	19.95
Cerro Blanco	4.80	0.47	5.30	49.93	26.12	23.95
Trapichillo	4.40	0.41	6.18	51.32	24.07	24.61
Pantanal	8.20	0.59	6.31	40.28	28.01	31.71
El Terrero	4.20	0.42	5.88	54.04	25.96	20.00
Ixtlán de Río	6.60	0.44	6.65	56.04	19.96	24.00
San José	5.40	0.24	6.14	54.04	25.96	20.00
Ahuacatlán	2.40	0.25	6.23	79.93	7.45	12.61
La Campana	3.40	0.29	6.16	70.04	9.96	20.00
San Pedro Lagunillas	3.60	0.34	5.12	58.04	19.40	22.56
Milpillas	4.20	0.76	5.04	62.04	35.40	2.56
Las Guasimas	4.20	0.44	5.71	60.04	13.40	26.56
Promedio	4.63	0.40	5.86	55.56	23.90	20.54

<sup>1</sup>Numero de muestras por localidad (n = 3).

Las concentraciones de Ca fueron superiores a las encontradas por Olvera (1996) que reportó una concentración de 23.3 ppm en los suelos del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante la época húmeda. En el estado de Nuevo León, durante la época de lluvias, Armienta (1995) obtuvo concentraciones de 11126, 15667 y 5710 ppm en las regiones del norte, centro y sur, respectivamente. Medina (2000), al analizar el suelo salino del centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTa) número 130 de Guadalupe Victoria, Nayarit, observó una concentración promedio de Ca de 222.5 ppm.

**Sodio.** La concentración de Na varió de un mínimo de 63.8 ppm en la localidad de Trapichillo, del municipio de Tepic, a un máximo de 170.4 ppm en la localidad de Pantanal, municipio de Tepic, ambos niveles considerados mayores al NCd (> 44 ppm) para suelos (McDowell *et al.*, 1982).

Armienta (1995) reportó que en suelos del norte, centro y sur del estado de Nuevo León, las concentraciones de Na fueron de 90, 62 y 66 ppm, respectivamente. McDowell *et al.* (1982) observaron en un rancho al sureste de Trinidad, en Bolivia, concentraciones de 13.6 y 12.2 ppm de Na en muestras de forraje obtenidas durante los años de 1977 y 1978, respectivamente. Velásquez *et al.* (1996) obtuvieron una concentración promedio de 143.3 ppm en 14 fincas de Nicaragua. Medina (2000), al analizar el suelo con salinidad del centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTa) número 130 de Guadalupe Victoria, Nayarit, observó una concentración en promedio de 1760 ppm. Rubio *et al.* (1999) obtuvo concentraciones de 458, 689, 499 y 554 ppm en los suelos de los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago del estado de Nayarit.

**Fósforo.** El contenido de P extraíble de las muestras de suelo estuvieron en un rango de 16.3 a 18.1 ppm, siendo este mayor al considerado como NCd (> 4.3 ppm), según McDowell *et al.* (1982). Olvera (1996) observó que el contenido de P durante la época húmeda fue de 39.2 ppm en suelos del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz. Al realizar un experimento en suelos de cuatro praderas con *Brachiaria decumbens* en el centro Regional de Investigación "La Libertad" en Villavicencio, Colombia, Laredo *et al.* (1987), reportaron un promedio de 2.5 ppm de este mineral. Rojas *et al.* (1993) notaron que suelos de la hacienda del "Hato la Puerta" en Venezuela, con una extensión de 25,000 hectáreas, era altamente deficiente en este elemento. Velásquez *et al.* (1997) realizaron un estudio en 6 regiones de Nicaragua, durante la época de lluvias, observando un promedio de P de 23.9 ppm. En Nuevo León, Armienta (1995) reportó una concentración promedio de 29 ppm en suelos del estado de Nuevo León, durante la época húmeda. Rubio *et al.* (1999) obtuvo concentraciones de 47.3, 49.7, 60.6 y 125.4 ppm en los suelos de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago, municipios del estado de Nayarit.

**Magnesio.** En suelos del eje Neovolcanico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias, la concentración de Mg varió de un mínimo de 34.8 ppm en la localidad de San Pedro Lagunillas a un máximo de 167.3 ppm en Ixtlán del Rio, siendo estos valores mayores al nivel crítico de 9.1 ppm establecido por McDowell *et al.* (1982). Laredo *et al.* (1987) reportaron una concentración promedio de 500 ppm en suelos del Centro Regional de Investigación "La Libertad" en Villavicencio, Colombia. Velásquez *et al.* (1997) observaron que los suelos de Nicaragua contenían un promedio de 384 ppm de Mg. Faria (1985) notó que el valor promedio de Mg en suelos con pastos nativos de la sabana Oriental del estado Guárico de Vela,

Venezuela, fue de 127 ppm. Rivero *et al.* (1990) analizaron suelos de la región de Parres, D.F., México, de los que obtuvieron un promedio de Mg de 144 ppm. Armienta (1995) reportó que el contenido de Mg en suelos de la zonas Norte, Centro y Sur del estado de Nuevo León fue de 158, 204 y 75 ppm, respectivamente. Olivera (1996) obtuvo una concentración promedio de 178.4 ppm en suelos del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante la época húmeda. Rubio *et al.* (1999), al analizar los suelos de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago, del estado de Nayarit, observó concentraciones promedio de 407.5, 417, 344.4 y 371.2 ppm, respectivamente.

**Potasio.** Con respecto al contenido de K extraíble del suelo, este varió de un mínimo de 221.9 en la localidad de Ahuacatlan a un máximo 1561.3 ppm en la localidad de Pantanal del eje Neovolcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias. Estos valores son superiores al nivel crítico de 37 ppm sugeridos por Rojas *et al.* (1993). McDowell *et al.* (1982) reportaron concentraciones de K de 101 y 116 ppm, en suelos de Beni, Bolivia, en los años de 1977 y 1978, respectivamente. Posteriormente, Velásquez *et al.* (1996) obtuvieron una concentración promedio de K de 223.3 ppm, para 6 regiones de Nicaragua. Al analizar el suelo con salinidad del centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTa) número 130 de Guadalupe Victoria, Nayarit, Medina (2000) observó una concentración promedio de 76.8 ppm de K. Rubio *et al.* (1999) reportaron concentraciones de 427.5, 652.50, 478.91 y 451.04 ppm en suelos de los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago, del estado de Nayarit, respectivamente.

Cuadro 22. Concentraciones de macro-minerales en suelos de localidades de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias del 2001.

Localidad	n	Minerales (ppm)						
		Ca	P	K	Na	Mg		
Juan Escutia (Borbollón)	3	229.8 <sup>def</sup>	16.84 <sup>bc</sup>	551.0 <sup>cde</sup>	73.60 <sup>d</sup>	111.5 <sup>cd</sup>		
Carrillo Puerto	3	367.7 <sup>a</sup>	16.84 <sup>bc</sup>	610.3 <sup>c</sup>	98.21 <sup>cd</sup>	125.4 <sup>bc</sup>		
Compostela	3	218.3 <sup>def</sup>	17.7 <sup>ab</sup>	600.4 <sup>cd</sup>	63.76 <sup>d</sup>	97.6 <sup>cde</sup>		
Santa María del Oro	3	271.9 <sup>bcd</sup>	16.27 <sup>c</sup>	462.2 <sup>efg</sup>	68.68 <sup>d</sup>	69.7 <sup>efgh</sup>		
Cerro Blanco	3	176.2 <sup>fg</sup>	17.27 <sup>abc</sup>	432.5 <sup>fg</sup>	88.37 <sup>cd</sup>	65.0 <sup>efgh</sup>		
Trapichillo	3	333.2 <sup>ab</sup>	16.98 <sup>bc</sup>	412.8 <sup>g</sup>	63.76 <sup>d</sup>	88.3 <sup>cd</sup>		
Pantanal	3	310.2 <sup>abc</sup>	17.41 <sup>ab</sup>	1561.3 <sup>a</sup>	170.42 <sup>a</sup>	127.8 <sup>abc</sup>		
El Terrero	3	264.3 <sup>cde</sup>	18.13 <sup>a</sup>	570.76 <sup>cde</sup>	122.83 <sup>bc</sup>	125.4 <sup>bc</sup>		
Ixtlán de Río	3	367.7 <sup>a</sup>	17.27 <sup>abc</sup>	807.7 <sup>b</sup>	152.37 <sup>ab</sup>	167.3 <sup>a</sup>		
San José	3	287.2 <sup>bcd</sup>	17.27 <sup>abc</sup>	531.3 <sup>cd</sup>	73.60 <sup>d</sup>	153.3 <sup>ab</sup>		
Ahuacatlán	3	130.2 <sup>g</sup>	17.41 <sup>ab</sup>	221.9 <sup>h</sup>	67.04 <sup>d</sup>	41.8 <sup>gh</sup>		
La Campana	3	275.8 <sup>bcd</sup>	17.27 <sup>abc</sup>	544.4 <sup>cd</sup>	96.57 <sup>cd</sup>	120.8 <sup>bc</sup>		
San Pedro Lagunillas	3	344.7 <sup>a</sup>	17.7 <sup>ab</sup>	511.5 <sup>cd</sup>	83.45 <sup>d</sup>	34.8 <sup>h</sup>		
Milpillas	3	195.3 <sup>fg</sup>	17.27 <sup>abc</sup>	590.5 <sup>d</sup>	78.52 <sup>d</sup>	48.8 <sup>gh</sup>		
Las Guasimas	3	206.8 <sup>ef</sup>	17.7 <sup>ab</sup>	491.8 <sup>de</sup>	73.60 <sup>d</sup>	76.7 <sup>de</sup>		
Promedio		265.3 ± 72.1	17.3 ± 0.53	593.4 ± 290.1	91.7 ± 33.3	97.0 ± 41.1		
Nivel Crítico <sup>a</sup>		71	4.3	37	44	9.1		

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

<sup>1</sup> Nivel crítico (ppm) de deficiencia para Ca, P, Na, y Mg (McDowell et al., 1982); y K (Rojas et al., 1993).

a 6. Concentraciones (ppm) de calcio y potasio en suelos de localidades de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.

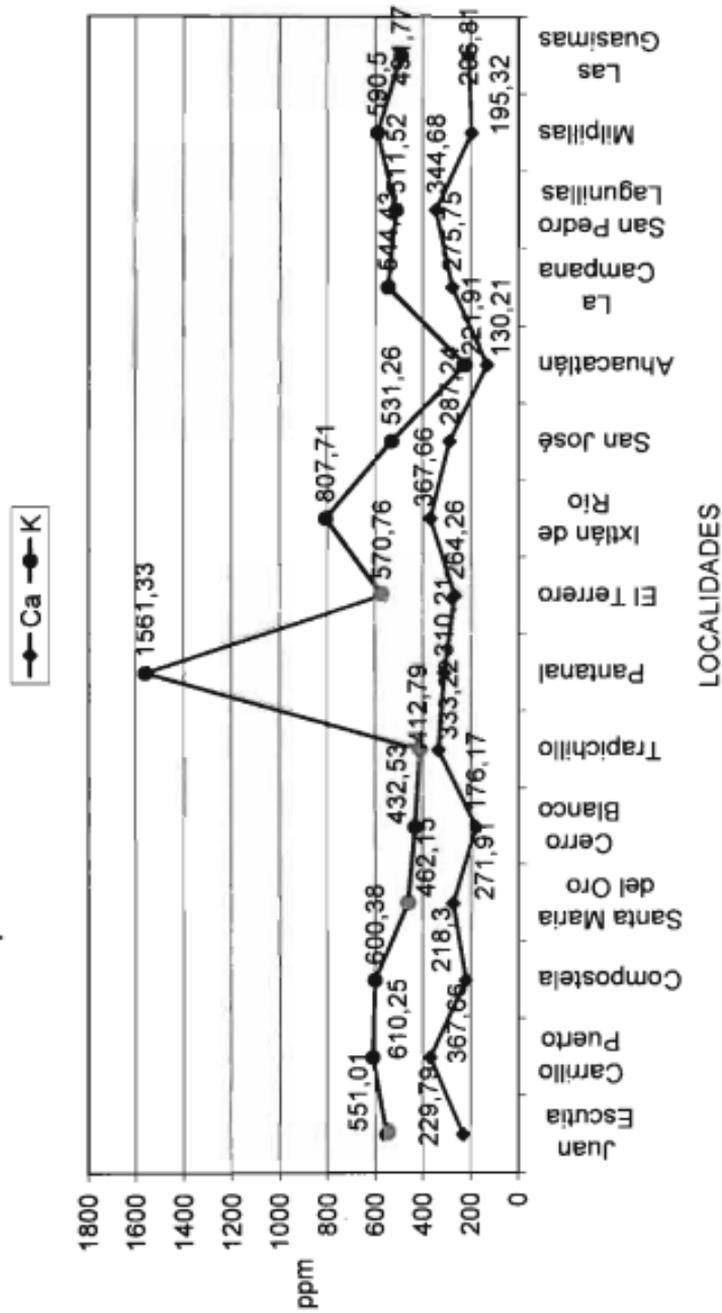
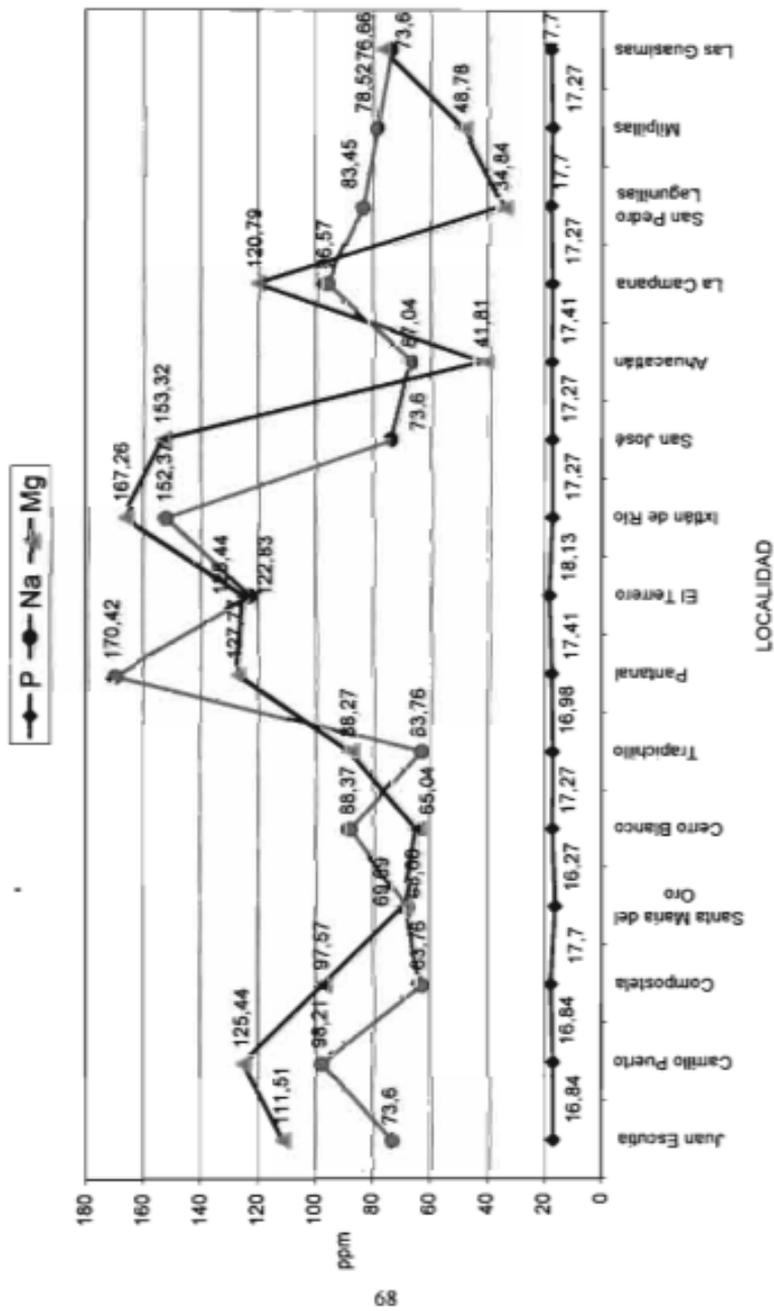


Figura 7. Concentraciones (ppm) de fósforo, sodio y magnesio en suelos de localidades de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.



#### 4.3.1.2. Minerales traza.

Un total de 45 muestras de suelo de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit, durante el periodo de lluvias de 2001, fueron analizadas para determinar las concentraciones promedio de cuatro minerales traza (Cuadro 23 y Figuras 8 y 9). Una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) pudo observarse entre localidades.

**Hierro.** El Fe extraíble de las muestras de suelos analizados, varió de 1.19 ppm en la localidad de Ahuacatlán a 10.43 ppm en la localidad de Trapichillo, siendo valores inferiores al NCd de 4.5 ppm. Las concentraciones para suelos de otras localidades fueron: Carrillo Puerto (3.227), Compostela (3.1), Santa María del Oro (1.893), Cerro Blanco (2.126), Pantanal (2.719), El Terrero (4.434), Ixtlán del Río (4.116) Ahuacatlán (1.194), La Campana (2.698), San Pedro Lagunillas (3.672), Milpillas (3.735) y Las guasitas (2.109). Armienta (1995) reportó que las concentraciones de Fe en suelos del norte, centro y sur del estado de Nuevo León fueron de 58.8, 61.2 y 48.0 ppm, respectivamente.

Al analizar suelos en potreros donde pastoreaban bovinos, Olvera (1996) observó que la concentración promedio de Fe durante la época de lluvias fue de 63 ppm. En pie de Monte Llanero, Colombia, Laredo *et al.* (1987) reportaron que la concentración promedio de este mineral fue de 92.8 ppm en suelos de cuatro praderas con *Brachiaria decumbens*. Olvera (1996) evaluó el contenido de éste micromineral en forrajes colectados en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, observando una concentración de 63 ppm, durante la época húmeda. Armienta (1995) analizó el perfil mineral de suelos del estado de Nuevo León, obtuvo una concentración promedio de Fe de 50.4 ppm durante la época de lluvias, con un 14.7% de muestras deficientes.

**Manganeso.** La concentración de Mn en muestras de suelo varió de un mínimo de 0.751 ppm en Ahuacatlán a un máximo de 1.854 ppm en el ejido de Carrillo Puerto, encontrándose estas concentraciones por abajo del NCd de 5 ppm establecido por McDowell *et al.* (1982). Faria (1985) notó que los suelos de Guarico Oriental, Venezuela, contenían en promedio, 140.7 ppm de Mn, durante la época de lluvias. Laredo *et al.* (1987) analizaron suelos en Pie de Monte Llanero, Colombia, reportó un promedio de Mn de 4.72 ppm. Olvera (1996) evaluó el contenido de Mn en suelos del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante la época de lluvias, observando un promedio de 1.1 ppm. Rubio *et al.* (1999; 2001) analizaron los suelos del Norte de Nayarit, obteniendo concentraciones de Mn de 92.3, 80.7, 64.4 y 45.7 ppm, en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla, respectivamente.

**Zinc.** En las muestras de suelo, los niveles extraíbles de Zn variaron de 0.375 en Carrillo Puerto a 0.653 ppm en San José. Chapman *et al.* (1984) sugirieron un NCd de 10 ppm. Al analizar suelos de las praderas en Pie de Monte Llanero, Colombia, Laredo *et al.* (1987) observaron una concentración promedio de Zn de 0.52 ppm. Armienta (1995) reportó que la concentración de Zn en el estado de Nuevo León, durante la época húmeda, fue de 4.2 ppm, con un 74.7% de las muestras deficientes en este elemento. Olvera (1996) evaluó el contenido de éste mineral en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante la época de lluvias, observando un promedio de 5.3 ppm. Rubio *et al.* (1999; 2001) observaron concentraciones de 10.94, 3.75, 5.03 y 2.12 ppm en los municipios de Huajicori, Tecuala, Rosamorada y Santiago Ixcuintla del estado de Nayarit, respectivamente.

Cuadro 23. Concentraciones de minerales traza de suelos de localidades de la zona del eje neo-volcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.

Localidad	n	Minerales, ppm				
		Fe	Co	Mn	Zn	
Juan Escutia (Borbollón)	3	6.213 <sup>a</sup>	2.45 <sup>a</sup>	1.755 <sup>ab</sup>	0.587 <sup>ab</sup>	
Carrillo Puerto	3	3.227 <sup>cd</sup>	2.27 <sup>ab</sup>	1.854 <sup>a</sup>	0.375 <sup>b</sup>	
Compostela	3	3.1 <sup>cd</sup>	2.38 <sup>a</sup>	1.073 <sup>cd</sup>	0.609 <sup>a</sup>	
Santa Maria del Oro	3	1.893 <sup>de</sup>	1.44 <sup>d</sup>	1.258 <sup>bcde</sup>	0.539 <sup>ab</sup>	
Cerro Blanco	3	2.126 <sup>cd</sup>	1.56 <sup>c</sup>	1.234 <sup>bcde</sup>	0.597 <sup>a</sup>	
Trapichillo	3	10.427 <sup>a</sup>	1.43 <sup>c</sup>	1.215 <sup>cd</sup>	0.538 <sup>ab</sup>	
Pantanal	3	2.719 <sup>cd</sup>	2.02 <sup>abc</sup>	1.253 <sup>bcde</sup>	0.524 <sup>ab</sup>	
El Terrero	3	4.434 <sup>bc</sup>	1.73 <sup>cd</sup>	1.130 <sup>def</sup>	0.478 <sup>ab</sup>	
Ixtlán de Río	3	4.116 <sup>bcd</sup>	2.07 <sup>abc</sup>	1.584 <sup>abcd</sup>	0.558 <sup>ab</sup>	
San José	3	10.025 <sup>a</sup>	2.07 <sup>abc</sup>	1.684 <sup>abc</sup>	0.653 <sup>a</sup>	
Ahuacatlán	3	1.194 <sup>e</sup>	1.65 <sup>cd</sup>	0.751 <sup>f</sup>	0.534 <sup>ab</sup>	
La Campana	3	2.698 <sup>cd</sup>	1.84 <sup>bcd</sup>	1.031 <sup>ef</sup>	0.634 <sup>a</sup>	
San Pedro Lagunillas	3	3.672 <sup>cd</sup>	2.24 <sup>ab</sup>	1.371 <sup>abcde</sup>	0.624 <sup>a</sup>	
Mijillas	3	3.735 <sup>cd</sup>	2.73 <sup>a</sup>	1.428 <sup>abcde</sup>	0.631 <sup>a</sup>	
Las Guasitas	3	2.109 <sup>cd</sup>	2.44 <sup>a</sup>	0.903 <sup>f</sup>	0.624 <sup>a</sup>	
Promedio		4.11 ± 2.77	2.02 ± 0.37	1.30 ± 0.33	0.567 ± 0.09	
Nivel crítico <sup>1</sup>		4.5	1	5	10	

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

<sup>1</sup> Nivel crítico (ppm) para Fe y Mn (McDowell et al., 1982); y Co y Zn (Chapman et al., 1984).

Fig. 8. Concentraciones de cobalto, manganeso y zinc de suelos de localidades de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.

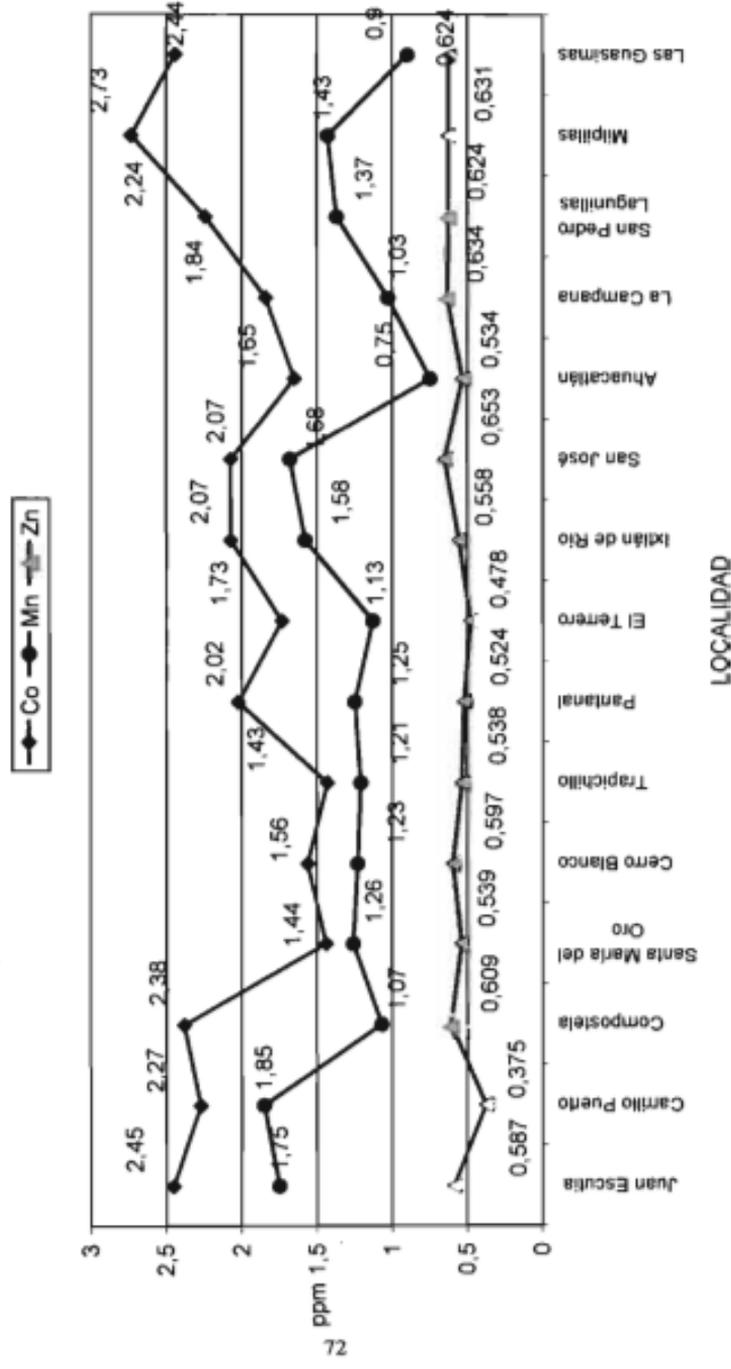
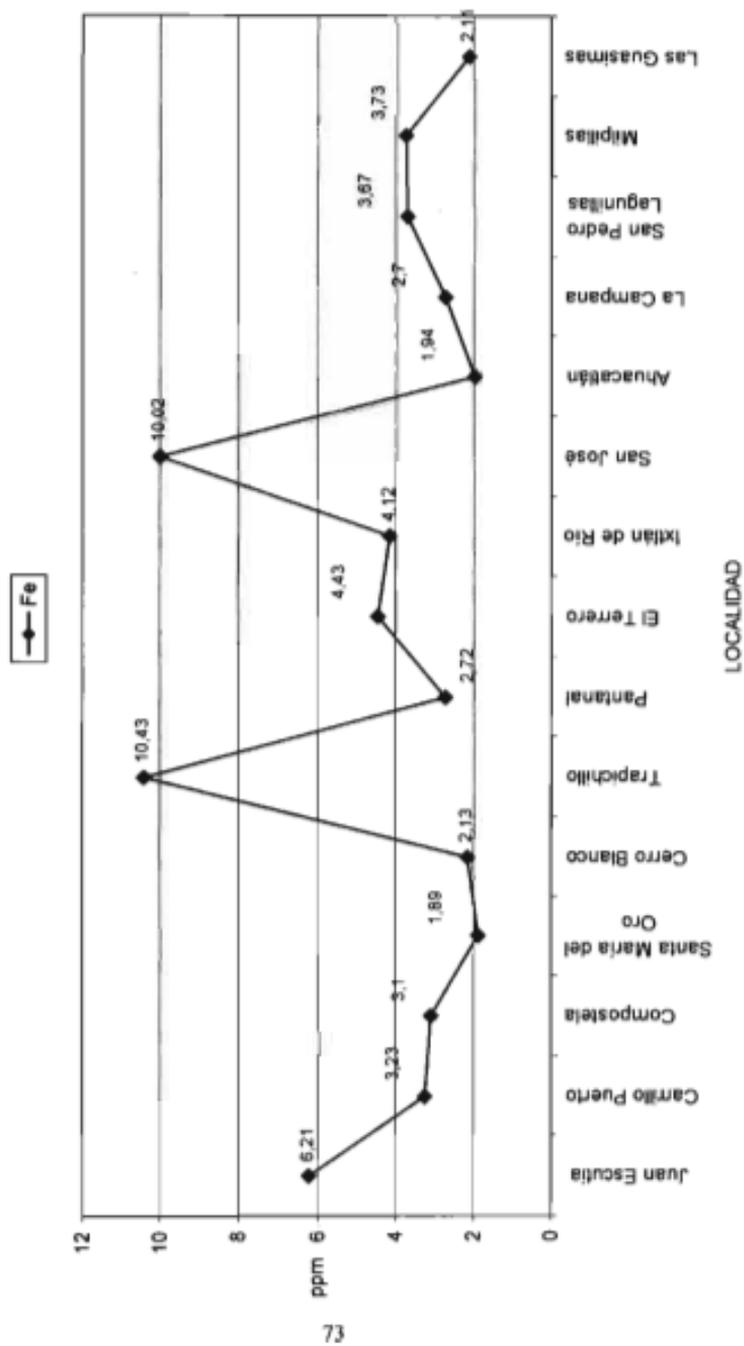


Figura 9. Concentraciones (ppm) de hierro de suelos de varias localidades de la zona del eje neovolcánico del estado de Nayarit durante la época de lluvias de 2001.



**Cobalto.** El promedio mínimo de Co varió de un mínimo de 1.43 ppm en la localidad de Trapichillo, municipio de Tepic, a un máximo 2.73 ppm en Milpillas, municipio de San Pedro Lagunillas, siendo estos valores mayores al NCd sugeridos por Chapman *et al.* (1984), de 1 ppm. McDowell *et al.* (1982) reportaron una concentración promedio de 5.1 ppm en los suelos de Beni, Bolivia. Rivero *et al.* (1990) observaron que la concentración promedio de Co en suelos de Parres, D.F. México fue de 0.76 ppm. Armienta (1995) obtuvo concentraciones promedio en las regiones del norte, centro y sur del estado de Nuevo León de 5.8, 2.0 y 2.9 ppm, respectivamente.

**Cobre.** En las muestras de suelo de este estudio, el Cu no pudo ser detectado. Laredo *et al.* (1987) analizó suelos en Monte Llanero, Colombia, observando un promedio de 0.62 ppm de Cu. En suelos de Beni, Colombia, McDowell *et al.* (1982) obtuvieron concentraciones de 0.51 y 0.80 ppm en los años de 1977 y 1978, respectivamente, durante la época de lluvias. Guarneros (1998), en un estudio en el estado de Tamaulipas, observó que el 50% de las muestras de suelo presentaron valores inferiores a los normales que variaron de 5 a 150 ppm (Buckman *et al.*, 1977). En el estado de Nuevo León, Armienta (1995) observó que la concentración promedio de Cu fue de 2.8 ppm durante la época de lluvias, con un promedio de 62.8% de muestras deficientes. Olvera (1996) reportó que la concentración promedio de este mineral fue de 11.8 ppm en suelos del municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz, durante la época húmeda.

#### 4.4. Correlación entre los minerales en los suelos y forrajes

En el Cuadro 24, se presentan las correlaciones entre las concentraciones de los elementos minerales determinados en las muestras de forrajes y suelos.

Algunas correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ) se obtuvieron entre minerales de suelo y forraje. Una correlación significativa ( $P < 0.05$ ) entre el contenido de Ca en suelos, Ca ( $r = 0.43$ ), Fe ( $r = 0.33$ ) y P ( $r = 0.38$ ) en forrajes. También, el contenido de K en suelos estuvo correlacionado ( $P < 0.05$ ) con algunos minerales en forrajes (Mn,  $r = 0.30$ ; P,  $r = 0.56$ ; y Fe,  $r = 0.85$ ). Además, el nivel de Na en suelos estuvo correlacionado ( $P < 0.05$ ) con el Mn ( $r = 0.40$ ), P ( $r = 0.56$ ) y Fe ( $r = 0.89$ ) en forrajes. Así como también el Mg del suelo estuvo correlacionado ( $P < 0.05$ ) con el Fe ( $r = 0.57$ ) y el P ( $r = 0.62$ ) del forraje. Otra correlación significativa ( $P < 0.05$ ) entre el suelo y forraje fue Mn y P ( $r = 0.53$ ).

McDowell *et al.* (1982) observaron que todos los coeficientes de correlación de los forrajes fueron bajos ( $< 0.5$ ) en Beni, Bolivia, en contraste, estos investigadores encontraron coeficientes de correlación de suelos por encima de 0.65 para Ca y Mg ( $r = 0.76$ ), Ca y Mn ( $r = 0.69$ ), k y Na ( $r = 0.66$ ), y Cu y Mn ( $r = 0.70$ ). Rivero *et al.* (1990) observaron correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ) entre suelo y forraje en la región de Parres, D.F., México. En suelos, las correlaciones fueron: Mg y Co ( $r = 0.63$ ), Mg y Na ( $r = 0.69$ ), Na y Ca ( $r = 0.52$ ), Co y Na ( $r = 0.56$ ), y Co y Mg ( $r = 0.54$ ). Los coeficientes de correlación con mayor nivel de significancia fueron reportados en forrajes (Na y Mg,  $r = 0.63$ ; Cu y Na,  $r = 0.54$ ; Cu y Ca,  $r = 0.69$ ; Cu y Mg,  $r = 0.74$ ; Mn y Cu,  $r = 0.75$ ; Mn y Ca,  $r = 0.67$ ; Mn y Mg,  $r = 0.53$ ). Entre componentes minerales de suelo y forraje, correlaciones significativas ( $P < 0.05$ )

fueron obtenidas para Mg y Na ( $r = 0.46$ ), Mn y Co ( $r = 0.43$ ), Na y Fe ( $r = 0.43$ ), Mo y Mn ( $r = 0.43$ ), y Cu y Co ( $r = 0.42$ ). Pérez (1999) observó que las mejores correlaciones entre las concentraciones de minerales en muestras de forraje obtenidas de varios ranchos del municipio de Apatzingan, Michoacán, fueron para Ca y Mg ( $r = 0.54$ ), Fe y Mg ( $r = 0.51$ ), Fe y Mn ( $r = 0.45$ ), K y Mg ( $r = 0.46$ ), Mg y Mn ( $r = 0.33$ ), Mg y P ( $r = 0.32$ ), Mn y Na ( $r = 0.41$ ), y P y Zn ( $r = 0.64$ ). Luna (1996) observó correlaciones significativas ( $< 0.5$ ) de minerales en zacates nativos del norte de Coahuila (Na y K,  $r = 0.38$ ; Ca y Mg,  $r = 0.85$ ).

Cuadro 24. Correlación entre macro-minerales y minerales traza en los suelos y forrajes de la región del eje neovolcánico del estado de Nayarit, durante la época de lluvias de 2001.

		SUELO									
		Ca	P	K	Na	Mg	Fe	Mn	Zn		
FORRAJE	Ca	0.43	-0.17	-0.44	-0.30	-0.35	-0.41	-0.27	-0.14		
	P	0.38	0.11	0.56	0.56	0.62	-0.00	0.53	-0.06		
	K	-0.19	0.09	0.24	-0.06	-0.40	-0.45	0.06	0.05		
	Na	-0.34	0.19	-0.19	0.26	-0.22	-0.34	-0.40	0.27		
	Mg	-0.23	0.09	-0.40	-0.12	0.13	0.09	-0.42	0.07		
	Fe	0.33	0.28	0.85	0.89	0.57	0.03	0.05	-0.29		
	Mn	-0.06	0.11	0.30	0.40	0.29	0.22	0.08	0.28		
Zn	0.02	-0.12	-0.26	0.08	0.23	0.21	-0.21	0.13			

## V. CONCLUSIONES

El nivel de proteína cruda (PC) de los forrajes del Eje Neovolcánico del estado de Nayarit varió de 5.3 a 8.3%. Aunque el nivel mínimo de PC recomendado en la dieta del ganado en pastoreo, parecen mantenerse bien, al seleccionar su dieta de la gran variedades de especies forrajeras existentes en esta región. Se recomienda la suplementación de proteína, especialmente para el ganado en crecimiento y en estados fisiológicos (final de gestación y lactancia) en los que el requerimiento sea mayor.

Las concentraciones de calcio, potasio, sodio y magnesio fueron mayores al NCd para cada elemento, no siendo necesaria su suplementación. El fósforo fue el macromineral más deficiente.

La concentración de hierro, cobre y zinc de los forrajes fueron mayores a los NCd. El manganeso fue el micromineral más deficiente.

El cobalto no pudo ser detectado en las muestras de forrajes.

La textura de los suelos fueron francos. Mientras que el contenido de nitrógeno varió de 0.22 a 1.2%, la materia orgánica varió de 2.4 a 8.2%. El pH de los suelos varió de 5.04 (fuertemente ácido) a 6.65 (ligeramente ácido). Las concentraciones de calcio, fósforo, potasio, sodio y magnesio estuvieron arriba del NCd. La concentraciones de hierro, manganeso y zinc en los suelos estuvieron por abajo de los NCd.

Las mas altas correlaciones entre las concentraciones de minerales en suelos y forrajes, respectivamente, fueron aquellas que se obtuvieron entre Ca y Ca ( $r = 0.43$ ), Ca y Fe ( $r = 0.33$ ), Ca y P ( $r = 0.38$ ), K y Mn ( $r = 0.30$ ), K y P ( $r = 0.56$ ), K y Fe ( $r = 0.85$ ), Na y Mn ( $r = 0.40$ ), Na y P ( $r = 0.56$ ), Na y Fe ( $r = 0.89$ ), Mg y Fe ( $r = 0.57$ ), Mg y P ( $r = 0.62$ ) y Mn y P ( $r = 0.53$ ).

## VI. LITERATURA CONSULTADA

- Armienta, T. G. T. 1995. Perfil mineral del suelo, forraje y tejido del Ganado en agostaderos del estado de Nuevo León. Tesis de doctor en ciencias. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, Va., Association of Official Analytical Chemists. USA.
- Alvarado A.; Arriolas L.; Chacón E. y Rodríguez S.: 1985. Producción de heno de pasto Barrera (*Brachiaria Decumbens*) en sabanas de Barinas, Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Investigación Zootécnicas, Venezuela.
- Arredondo, F. J. L.; y Ponce, P. J. T. 1998. Calidad del agua en acuicultura, conceptos y aplicaciones. Agi Editor, S. A., p. 67-71.
- Becerra, B. E. 2000. Procedimientos de análisis de suelos, aguas y plantas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Certificación de Laboratorios. Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México.
- Berger, L. L. 1995. Sodium Nutrition of Livestock and Poultry. University of Illinois. USA.
- Bores, Q. R. y Castellanos, R. A. F. 2003. Importancia de los minerales en la alimentación de los rumiantes en Yucatán. INIFAP. Mérida, Yucatán, México.
- Bondi, A. A. 1989. Nutrición Animal. Acribia, S. A., Zaragoza, España.
- Buffarini, M. 2000. Diagnóstico y control de enfermedades carenciales, especialmente deficiencias minerales. INTA, Argentina.

- Buckman N. C. B. y Harry O. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simón, S. A. Editores, Barcelona, España.
- Carrete, C. O. F. 1991. Determinación de la concentración de minerales en la región ganadera sur del estado de Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Castellanos, R. A.; Llamas, L. G. y Shimada, A. S. 1990. Manual de técnicas de Investigación en Rumiología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Chapman, H. D.; Parker F. P. y Cotin, T. A.. 1984. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Agua, Trillas, México, p. 195.
- Church, C. D. y Kincaid, R. 1993. El Rumiante, Fisiología Digestiva y Nutrición. Acribia, S. A., Zaragoza, España.
- Cottene, A. 1984. Los análisis de suelos y de plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de Suelos de la FAO. 38 (2): 116.
- De Alba J. 1979. Alimentación del ganado en America Latina, 2ª ed., La Prensa Médica Mexicana, México.
- Di Michele, R.; Otaiza, V. E. y Cumare, V. 1989. Valor hematológico de la química sanguínea en bovinos de los estados Carabobo y Guarico. Agron. Trop. 27 (3): 273-292.
- Faría, M. J. 1985. Concentración de nutrientes minerales en el suelo y en los pastos nativos del Guarico Oriental. Zoot. Trop. 1: 57-78.

- Fick, K. R.; McDowell, L.R.; Miles, P. H.; Wilkinson, N. S.; Funk, J. D. y Conrad, J. H. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejido de Plantas y Animales, 2<sup>da</sup> ed. Florida, EUA.
- Fraser, C. M.; Mays, A.; Amstutz, H. E.; Archibald, J.; Armour, J.; Blood, D. C.; Newberne, P. M. y Snoeyenbos, G. H. 1988. El Manual Merck de Veterinaria. 3<sup>a</sup> ed., Centrum, Barcelona, España.
- Gamboa, J. J. y Gamboa, C. M. 1991. Efecto residual de tres fuentes de fósforo en suelos del estado Táchira, Venezuela. Rev. Fac. Agron. 17: 419-432.
- Gartenberg, P. K.; McDowell, L. R.; Rodríguez, D.; Wilkinson, N.; Conrad, J. H. and Martin, F. G. 1990. Evaluation of the trace mineral status of ruminants in northeast México. Livestock Res. for Rural Develop. 2:34-42.
- Garcés, Y. P. 1997. Estrategias de suplementación en el hato de cría. XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México, p. 1-16.
- Guarneros, A. R.; Ortega, S. J. A. y González, P. M. A. 1998. Mapeo mineral en el estado de Tamaulipas. Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México.
- Herrera, H. J. G. y Barreras S. A. 2000. Manual de procedimientos. Análisis estadístico de experimentos pecuarios (Utilizando el programa SAS). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- INEGI. 1999. Anuario Estadístico del Estado de Nayarit. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, p. 4-5.

- Kawas, G. J. J. 1996. Determinación del perfil mineral de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del golfo de México. (Tesis de Doctor en Ciencia con Especialidad en Producción Animal). Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
- Laredo, C. M. A.; González, F.; Huertas, H. B. y McDowell, L. R. 1987. Los minerales y la producción de ganado de carne en Pie de Monte Llanero. *Zoot. Trop.* 5 (1 y 2):11-26.
- León, O. R. y Aguilar, S. A. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.* p. 85-91.
- López, R. I.; López, M.; Sánchez, A.; Nieves, L. y Wiedenhofer, H. 1994. Respuesta del pasto *Andropogon gayanus* a la roca fosfórica en dos suelos ultisoles del Estado Guarico. *Agron. Trop.* 44 (1): 81-100.
- Luna, R. H. R. 1996. Valor nutritivo de zacates nativos, consumidos por el ganado en agostaderos del norte de Coahuila. Tesis de licenciatura, Fac. de Med. Vet. Y Zoot., Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México.
- Martínez, G. A. 1988. *Diseños Experimentales*, Trillas, México, D. F.
- Mata P. D. 1989. Rendimiento y composición química de seis gramíneas introducidas en una sabana del sureste del estado Guarico, Venezuela. *Zoot. Trop.* 7 (1 y 2): 69-92.
- Maynard, L. A.; Loosli, J. K; Hintz, H. F. y Warner, R. G. 1995. *Nutrición Animal*. 7ª ed., McGraw-Hill, México D. F.
- McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. y Morgan, C. A. 1999. *Nutrición Animal*, 5ª ed., Acribia, Zaragoza, España.

- McDowell, L. R.; Ellis, G. L. y Conrad, J. H. 1984. Suplementos de minerales para el Ganado vacuno de pastoreo en las regiones tropicales. Rev. Mun. de Zoot. 52: 2-12.
- McDowell, L. R.; Conrad, J. H. and Hembry, G. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 2<sup>da</sup> ed. Departamento de Zootecnia, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida Gainesville, p. 70.
- McDowell, L. R. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. Anim. feed Sci. Tech. 60: 247-271.
- McDowell, L. R.; Valle, G.; Rojas, L. X. y Pereira, J. V. 1997. Importancia de la suplementación mineral completa en la reproducción de vacas. XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México, p. 31-48.
- McDowell, L. R.; Baner, B.; Galdo, E.; Koper, M.; Peducassé, A.; Espinoza, E.; Loosli, J. K. y Conrad, J. H. 1982. Estado mineral del ganado bovino en Beni Bolivia. Agron. Trop. 31 (1-6): 219-236.
- Medina R. A. 2000. Valor nutricional de *Leucaena lanceolata* y *Leucaena Leucocephala* de ambiente salino, como suplemento proteico a ovinos de pelo. Tesis de maestría en ciencias. Fac. de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México.
- Minatel, L. y Carfagnini, J. C. 1987. Determinación bioquímico-histológico de minerales (hierro, cobre, zinc, calcio) de Novillos carenciados del noroeste de la provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires, Argentina.
- Miles, W. H.; McDowell, L. R. y Raun N. S. 1996. Mineral Deficiencies in Llanos Rangelands of Colombia. World Animal Review 46: 2-10.

- Millán, C. H.; Aguirre, G. M. A.; Escamilla, I. y Castellanos, R. A. F. 1990. Perfil mineral del Pasto guinea en el Oriente de Yucatán. *Vet. Méx.* 21:399-401.
- Mufarrage, D. y De Fere, G. S. 1985. El sodio en la nutrición mineral del ganado. INTA, Mercedes Corrientes, Argentina.
- Mufarrage, D. J. 1995. La practica de la suplementación Mineral del ganado en la región del norte Argentino. Jornadas Internacionales de Ganadería Subtropical. Septiembre 15-16, INTA, Mercedes Corrientes, Argentina.
- Muñoz, A.; Farinas, S.; Venegas, M. y García, W. 1981. Calidad de las forrajeras mas consumidas por bovinos en los llanos del estado Portuguesa (Venezuela). Programa de producción agrícola animal, UNELLEZ, Guanare, Venezuela.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, D.C.
- Olvera, T. S. M. 1996. Evaluación del contenido de minerales en suelo, forrajes y suero de bovinos, del municipio de Juchique de Ferrer. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L., México.
- Ortiz V. B. y Ortiz S. A. 1980. Edafología. 3ª ed., Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México, México.
- Pérez, M. E. B. 1999. Características de los suelos y concentraciones de minerales en forrajes del municipio de Apatzingan, Michoacán. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México.

- Quiróz, R.; De Gracia, M.; Hertentains, L.; Singh, A.; McDowell, L. y Li Pun, H. 1983. Situación mineral de bovinos en pastoreo en el Distrito de Bugaba, Panamá. *Ciencia Agrop.* 4:29-41.
- Ramírez, R. G.; González, R. H.; García, C. G.; Alba, A. J. y Háuad, L. A. 2001. Variación estacional del contenido mineral en el zacate buffel común. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Ríos, J. E. 1984. Una nota sobre el consumo de sales minerales en bovinos de carne a pastorea. *Agron. Trop.* 24 (3): 227-234.
- Rivero R. M. E.; Rosiles M. R. y Romero M. J. 1990. Relación del contenido de minerales séricos esenciales en ovinos criollos en pastoreo con el alimento y el suelo en la región de Parres, D. F. *Vet. Méx.* 21: 3-257-263.
- Rojas, L. X.; McDowell, L. R.; Martin, F. G. y Wilkinson, N. S. 1993. Estado mineral de suelos, pastos y ganado de carne en el sureste de Venezuela. *Zoot. Trop.* 11: 27-47.
- Rojas, L. X.; Moya, A.; McDowell, L. R. y Conrad, J. H. 1994. Estado mineral de una finca en el suroeste de los llanos de Venezuela. *Zoot. Trop.* 12: 161-186.
- Rubio, C. J. V. y Meza, R. F. 1999. Concentración mineral en forrajes durante la época de secas en el Norte de Nayarit. *Memorias de la Tercera Reunión de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Nayarit.* Abril 29-30, Tepic, Nayarit, p. 85.
- Rubio, C. J. V. 2001. Diagnóstico de la condición mineral del ganado productor de carne en la zona norte del estado de Nayarit. *Folleto Científico No. 1,* INIFAP. Sauta, Nayarit, México, p. 33.

- SAS. 1988. SAS/STAT® User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Sánchez, G. E. 1990. Suplementación de ganado en agostadero. Memorias de los Festejos Conmemorativos del 20 Aniversario del CIPES, Febrero CIFAP-Chihuahua, p. 1-22.
- Sánchez, R. A.; Herrera, P. D. I. y Domínguez, V. I. A. 1995. Diagnostico del estado mineral en vacas productoras de leche estabuladas en Tenango del Valle. México. Vet. Méx. 26: 237.
- Segura, C. V. M.; Tepal, Ch. J. A.; Carvajal, A. J. y Castellanos, R. A. F. 2000. La pollinaza como fuente de fósforo para rumiantes en pastoreo. Livestock. Research for Rural Development 12: 48-57.
- Segura, C. V. y Castellanos, R. A. 1995. Cuantificación de la respuesta a la suplementación fosforada en bovinos en pastoreo. Vet. Méx. 26: 230.
- Sosa, P. E. 1981. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal, Chapingo, México.
- Storie R. E. y Blackaller V. A. 1970. Manual de evaluación de suelos. UTEHA e d., México.
- Tejada, R.; McDowell, L. R.; Martin, F. G. And Conrad J. H. 1987. Evaluation of cattle trace mineral status in specific regions of Guatemala. Trop. Agric. 64: 55-60.
- Téllez, S. L. A.; Mercado, D. J. M. y Domínguez, V. I. A. 1995. Estado mineral en suero sanguíneo de vacas Holstein en producción, durante dos épocas, en el Cerrillo, Toluca, México. Vet. Méx. 26: 236.
- Tejos, R. M. 1981. Pastos nativos de sabanas moduladas de Apure. IV, Minerales, Programa de Producción Agrícola Animal, UNELLEZ, Guanare, Venezuela.

- Valdez, J. L.; McDowell, L. R. and Koger, M. 1988. Mineral estatus and supplementation of Grazing Beef cattle under tropical conditions in Guatemala. II. Microelements and animal performance. J. Prod. Agric. 1: 351-355.
- Velásquez, P. J.; McDowell, L.; Conrad, J.; Wilkinson N. y Martin, F. 1997. Nivel mineral existente en suelos, forrajes y ganado bovino en Nicaragua. Rev. Fac. Agron. 14: 91-110.
- Velásquez, C. J. 1997. Importancia y valor nutricional de las especies forrajeras de Sonora. Vet. Méx. 29: 153-163.
- Velásquez, P. J.; McDowell, L.; Conrad, J.; Wilkinson, N. y Martin, F. 1996. Nivel mineral existente en suelos, forrajes y Ganado bovino en Nicaragua. II. Macrominerales y composición orgánica de forrajes. Rev. Fac. Agron. 14: 91-110.
- Walter, O. y Marro O. 1999. Los minerales en la Nutrición y salud animal en la región central de la Provincia de Córdoba, FADER Departamento de Producción Animal, INTA, Estación experimental. Manfredi, Argentina.
-