

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

**PROGRAMA DE POSTGRADO EN
PRODUCCION ANIMAL**

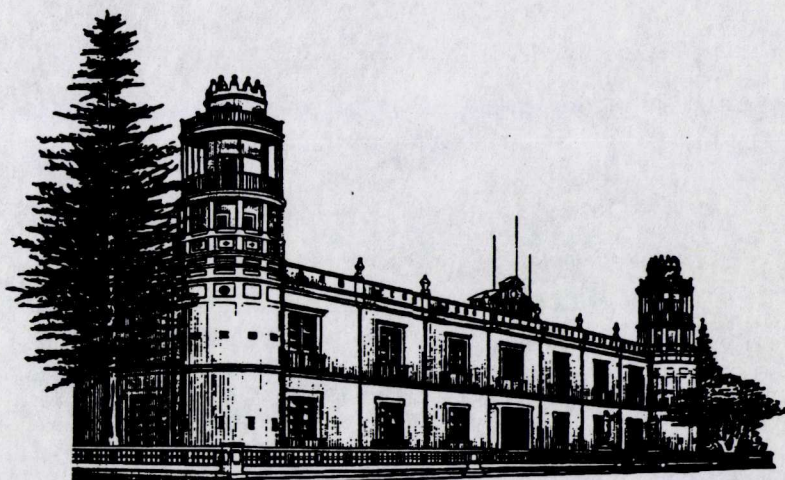


**DIAGNOSTICO DEL ESTADO MINERAL DE
GANADO BOVINO EN YUCATAN, MEXICO.**

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL

P R E S E N T A:

EDGAR EPIFANIO MENA ENRIQUEZ



Chapingo, Méx, Octubre de 1996.

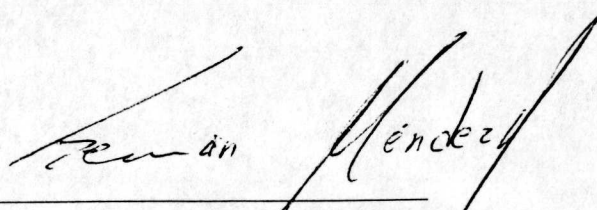
DX85544

-151668

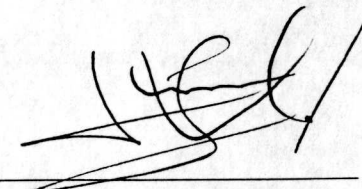
DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del M. C. Germán Méndez Eguia Liz, revisada y aceptada por el jurado examinador indicado, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL, ESPECIALISTA EN NUTRICION DE RUMIANTES.**

PRESIDENTE:


M. C. Germán Méndez Eguia Liz

ASESOR:

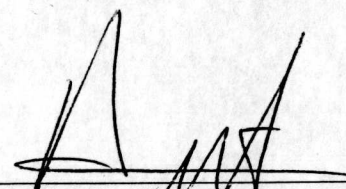

M. Sc. Maximino Huerta Bravo

ASESOR:


Ir. Ricardo Améndola Massiotti

REPRESENTANTE COORD. GRAL.

ESTUDIOS DE POSTGRADO:


Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

REPRESENTANTE COORD. DEPTAL.

ESTUDIOS DE POSTGRADO:


Dr. Carlos Markof Alvarez

Chapingo, México. Octubre de 1996

29638

RESUMEN

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO MINERAL DE GANADO BOVINO EN YUCATÁN, MÉXICO.

Edgar Epifanio Mena Enríquez.

Con el fin de diagnosticar las deficiencias minerales en el ganado bovino del estado de Yucatán, se realizaron 2 muestreos de campo para obtener muestras de suelo, agua, forraje y suplementos consumidos por el ganado en 102 ranchos, y en hígado y hueso de animales sacrificados en rastro ($n = 849$) durante las estaciones seca (2 de enero al 2 de febrero de 1995) y lluviosa (15 de septiembre al 15 de octubre de 1995). Los resultados mostraron que el ganado presenta ligeras deficiencias de Ca, Mg y Zn ($<5\%$); moderadas de Cu, Fe y Mn (de 13 a 30%) así como deficiencias generalizadas de P (66%). Los análisis de minerales practicados al suelo, forraje, agua y suplementos respaldan los hallazgos encontrados en el ganado. Los efectos de época de muestreo, sexo, genotipo, edad y condición corporal del animal afectaron mínimamente la intensidad de las deficiencias minerales en el ganado. Finalmente, se observó que las deficiencias minerales no se distribuyen uniformemente en el estado, encontrándose mayor cantidad de Na y Mg en la Costa; Cu, Zn y Mn en el Sur; y Ca en el Centro, por lo que se sugiere implementar un programa de suplementación teniendo como base estos hallazgos.

Palabras clave: Yucatán,

Deficiencias minerales,

Bovinos,

Suplementación mineral,

Diagnóstico mineral.

SUMMARY

MINERAL STATUS OF CATTLE FROM YUCATAN, MEXICO.

Edgar Epifanio Mena Enríquez.

In order to diagnose mineral deficiencies in cattle of Yucatan, field samplings were carried out in 1995 during the dry season (between January 2 and February 2) and the rainy season (between September 15 and October 15). Samples were taken from soils, drinking water, herbage and supplements fed to cattle in 102 farms. Additionally liver and bone samples were taken from animals slaughtered at slaughterhouses (n= 849). The results showed that cattle have slight Ca, Mg and Zn deficiencies (<5%), moderate deficiencies of Cu, Fe and Mn (13 to 30%), and generalized P deficiencies (66%). The results of mineral analyses made of soils, herbage, water and supplements support the findings in cattle. Sampling season, sex, breed, age and body condition, affected slightly the extent of mineral deficiencies in cattle. Finally, it was observed that mineral deficiencies are not uniformly distributed into the state, Na and Mg are highest in the coast; Cu, Zn and Mn are highest in the south; and Ca is highest in the center. Therefore it is suggested the implementation of a supplementation program based on these findings.

KEYWORDS: Yucatan, Mineral Deficiencies, Cattle,
Mineral Supplementation, Mineral Status.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	i
Summary	iii
Contenido	iv
Indice de Cuadros	vi
Indice de Mapas	viii
1. Introducción	1
Objetivos	2
2. Revisión de literatura	3
2.1. Importancia de los minerales	3
2.2. Fuentes de minerales	4
2.2.1. El forraje como fuente de minerales	4
2.2.2. El suelo como fuente de minerales	7
2.2.3. El agua como fuente de minerales	8
2.3. Diagnóstico del balance mineral en el ganado	9
2.4. El diagnóstico de minerales en México	9
3. Materiales y métodos	20
3.1. Generalidades de la zona de estudio	20
3.2. Muestreos	27
3.3. Análisis de resultados	35

4. Resultados y discusión	38
4.1. Deficiencias minerales en el ganado	38
4.2. Efecto de zona sobre la incidencia de deficiencias minerales	59
4.3. Efecto de la época de muestreo sobre la incidencia de deficiencias minerales	64
4.4. Efecto del sexo, genotipo, edad y condición corporal del animal sobre la incidencia de deficiencias minerales	68
5. Conclusiones y recomendaciones	74
6. Literatura citada	77

INDICE DE CUADROS

No de Cuadro	Pág.
1. Contenido de minerales en los suelos del estado de Yucatán.	6
2. Valores empleados para el diagnóstico de deficiencias minerales en el suelo, forraje, y diversos tejidos de bovinos.	10
3. Estudios de diagnóstico mineral realizados en México.	12
4. Minerales analizados en los estudios de diagnóstico realizados en México.	17
5. Características generales de los ranchos muestreados.	30
6. Determinaciones realizadas en el laboratorio.	31
7. Porcentaje de ranchos que utilizan suplementos, en el estado de Yucatán.	33
8. Criterio de deficiencia empleado en los análisis.	35
9. Porcentaje de animales deficientes en minerales.	38
10. Distribución de la digestibilidad, concentración de proteína y de minerales en muestras de forraje recolectado en el estado de Yucatán.	39
11. Contenido mineral, pH y conductividad eléctrica (C.E.) en los suelos del estado de Yucatán.	43
12. Contenido mineral en 89 muestras de agua del estado de Yucatán.	44

13. Contenido mineral de varios suplementos empleados en el estado de Yucatán.	45
14. Aporte a la dieta de los diferentes suplementos empleados en el estado de Yucatán.	45
15. Efecto de la especie y zona sobre la calidad nutritiva de las 3 principales especies forrajeras colectadas en el estado de Yucatán.	46
16. Efecto de zona sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.	60
17. Efecto de la zona de muestreo sobre la calidad nutritiva en muestras de forraje recolectado en el estado de Yucatán.	61
18. Efecto del tipo de forraje sobre la calidad nutritiva de especies forrajeras colectadas en el estado de Yucatán.	63
19. Efecto de la zona de muestreo sobre el contenido mineral en suelos del estado de Yucatán.	65
20. Efecto de la época de muestreo sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.	66
21. Efecto de la época de muestro sobre la calidad nutritiva en muestras de forraje recolectado en el estado de Yucatán.	67
22. Efecto del sexo sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.	69
23. Efecto del genotipo sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.	70
24. Efecto de la edad sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.	71
25. Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.	72

INDICE DE MAPAS

No de Mapa	Pág.
1. Climas predominantes en el estado de Yucatán.	21
2. Isoyetas (mm) para el estado de Yucatán.	22
3. Distribución de suelos en el estado de Yucatán.	23
4. Ranchos muestreados en el estado de Yucatán.	28
5. División zonal del estado de Yucatán.	29

1. INTRODUCCION

La nutrición mineral del ganado bovino en pastoreo comenzó a cobrar importancia a partir de los descubrimientos de Theiler y colaboradores en 1924, donde se demostró que la producción de leche y el porcentaje de pariciones de ganado bovino se veían drásticamente reducidas por la falta de fósforo. Más recientemente, durante las décadas de los 70's y los 80's, McDowell y colaboradores encontraron en América del Sur desbalances en la nutrición mineral del ganado; al ser corregidos estos desbalances mediante una adecuada suplementación, la productividad del ganado se mejoraba. Actualmente se reconoce que un desbalance en la nutrición mineral del ganado lo afecta de cuatro formas distintas: Disminuyendo los ritmos de crecimiento, la producción láctea y la fertilidad, además de incrementar la incidencia y la severidad de las enfermedades (Miller, 1985; Minson, 1990).

Bajo condiciones naturales, el ganado bovino en pastoreo cuenta con tres fuentes de minerales: el forraje, el suelo y el agua. El forraje aporta la mayoría de los elementos en la mayor proporción. Sin embargo, la composición mineral de los forrajes refleja en diverso grado la naturaleza del suelo donde fueron cultivados, de tal modo que la ocurrencia de desbalances minerales se encuentra asociada con regiones geográficas específicas. En otras palabras, los problemas de minerales en el estado de Yucatán serán diferentes a los encontrados en cualquier otro lugar de México.

De esta forma, el objetivo del presente trabajo fue diagnosticar el balance de minerales en el ganado bovino del Estado de Yucatán.

Objetivos específicos:

1. Determinar la concentración de los elementos minerales Ca, P, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn en el ganado bovino del Estado de Yucatán para conocer la incidencia de las deficiencias minerales.
2. Determinar la concentración de Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn y Mn en suelos, aguas, forrajes y suplementos consumidos por el ganado bovino del Estado de Yucatán, como posibles causas de los resultados obtenidos en el ganado.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia de los minerales.

Se han identificado treintiséis elementos minerales importantes para la salud y correcta nutrición de los animales domésticos, los cuales aportan aproximadamente 5% del peso vivo del animal (Beede, 1991; McCaughan, 1992). Sin embargo, sólo 15 minerales pueden considerarse con certeza como esenciales desde el punto de vista alimenticio. De ellos hay 7 macrominerales: calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S); y 8 microminerales: cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (Y), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y zinc (Zn). Cada uno de los minerales esenciales realiza diversas funciones, que pueden ser de naturaleza física, química o biológica, de acuerdo con la forma o combinación química del mineral y su situación en los tejidos y fluidos orgánicos (Underwood, 1981). Los principales desórdenes del metabolismo mineral en el ganado involucran a P, Ca, Mg, Cu y Se (McCaughan, 1992). Los desbalances minerales provocan una disminución de la productividad, afectando el crecimiento, producción de leche, sobrevivencia embrionaria, y además la función inmune, incrementando la susceptibilidad a infecciones y parasitosis (Graham, 1991; Jarrige, 1981).

2.2. Fuentes de minerales

Bajo condiciones naturales, el ganado en pastoreo cuenta con 3 fuentes de minerales: el forraje, el suelo y el agua (McDowell, 1985), cuyo aporte de minerales a la dieta del ganado será discutido a continuación.

2.2.1. El forraje como fuente de minerales.

Los elementos minerales que capta la planta provienen principalmente de la solución del suelo, en ocasiones en cantidades suficientes para satisfacer sus necesidades y con ello muchos de los requerimientos de los animales. Del mismo modo, las plantas absorben algunos elementos no indispensables para ellas, pero que si lo son para el ganado; como en el caso de Co, I y Se (McDowell, 1985).

La concentración mineral del forraje depende de la interacción de varios factores, como son: suelo, especie vegetal, estado de madurez de la planta, rendimiento, manejo de la pastura, y clima, entre otros (Gomid y Aguilar-Zometa, 1978; McDowell, 1985; McDowell *et al.*, 1984; Underwood, 1981).

Suelo. La composición mineral de todos los vegetales refleja en diverso grado, la naturaleza del terreno donde fueron cultivados. La planta suele responder ante deficiencias minerales en el suelo reduciendo su crecimiento, reduciendo el contenido tisular del elemento deficiente, o más frecuentemente, ambos fenómenos (Conrad y Avila, 1978; Underwood, 1981).

La ocurrencia natural de la mayoría de las deficiencias minerales en rumiantes se encuentra asociada con regiones geográficas específicas y directamente relacionada con las características del suelo. Las formaciones geológicas jóvenes y alcalinas tienen una mayor abundancia de elementos traza que las formaciones más viejas, más ácidas y con mayor proporción de arena gruesa. A medida que el pH del suelo se incrementa, la disponibilidad y absorción de P, Fe, Mn, Zn, Cu y Co por el forraje decrece, mientras que Ca, Mg, Mo y Se incrementan (Buckman y Brady, 1977; Conrad y Avila, 1978; McDowell, 1985; McDowell *et al.*, 1984). Al respecto, Duch (1988) establece el contenido de minerales en los suelos de Yucatán (Cuadro 1), pudiendo observar como características sobresalientes el bajo contenido de P, pH alcalino, elevado nivel de Ca y Mg, y escasa profundidad.

Especie vegetal. Las diferencias genéticas entre plantas afectan la concentración mineral tisular de las mismas. Underwood (1981) y McDowell (1985) han revisado la literatura al respecto y concluyen que diferentes géneros, especies o variedades de plantas forrajeras, creciendo en el mismo suelo, presentan diferente contenido mineral. Por ejemplo, las hierbas y leguminosas tienen más Cu, Zn, Mo y Co que las gramíneas, mientras que con Se y Mn sucede lo contrario (Conrad y Avila, 1978; McDowell, 1985).

Estado de madurez. En la mayoría de las circunstancias, P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn, y Mo disminuyen con la madurez de la planta. La concentración de Ca no es afectada por el estado de madurez (McDowell, 1985; McDowell *et al.*, 1984). Este efecto que tiene la madurez sobre el contenido mineral del forraje, se debe al proceso natural de dilución y al traslado de minerales hacia órganos más jóvenes.

Cuadro 1. Contenido de minerales en los suelos del estado de Yucatán.

SUELO		pH	Na	K	Ca	Mg	P (ppm)	PROFUN DIDAD
			(meq/100g)					MAXIMA (cm)
REGOSOL	Var 1	8.6	0.4	0.1	17.9	1.4	3.6	125
CALCARICO	Var 2	7.9	4.5	0.4	40.2	8.5	0.1	40
HISTOSOL	Var 1	8.3	5.6	0.3	25.6	14.1	2.0	47
EUTRICO	Var 2	7.9	2.4	0.3	30.0	9.5	3.6	0
SOLONCHAC	Var 1	9.0	1.5	0.3	20.3	11.2	3.0	31
GLEICO	Var 2	8.0	5.6	0.3	15.5	11.6	0.1	24
LITOSOL		7.8	2.8	0.9	30.0	9.7	8.0	9
RENDZINA		7.7	0.6	0.7	28.2	6.7	3.2	36
CAMBISOL CROMICO		7.1	0.6	0.7	16.9	4.3	0.6	108
CAMB. CALCARICO		7.7	0.6	0.4	25.2	4.2	0.7	82
LUVISOL CROMICO		7.5	0.6	0.9	21.9	4.7	1.4	105
LUV. FERRICO		7.6	0.6	0.5	15.3	2.5	0.9	107
LUV. VERTICO		6.7	0.3	0.5	9.2	4.7	1.9	125
NITOSOL EUTRICO		6.7	1.2	0.9	11.6	4.5	1.1	150
VERTISOL PELICO		7.8	10.2	1.8	34.4	22.9	1.6	125
GLEYSON VERTICO		7.3	2.0	0.5	37.6	19.1	0.8	125
Media ± D. Std.		7.7±0.6	2.5±2.7	0.6±0.4	23.7±8.9	8.7±5.8	2±1.9	

Adaptado de Duch, 1988.

Clima, manejo y rendimiento. Los efectos del clima se ven reflejados en el rendimiento y madurez del forraje así como también en las características del suelo (Van Soest *et al.*, 1978). En praderas con más de una especie, la presión de pastoreo afectará radicalmente a la especie forrajera predominante cambiando su relación hoja-tallo, lo cual también afecta el contenido mineral de la planta. Al incrementar el rendimiento de forraje por unidad de superficie se extraen más rápido los minerales del suelo, de modo que las explotaciones con mayor producción de forraje están más propensas a deficiencias de minerales por el agotamiento que sufre el suelo (Conrad y Avila, 1978; Gomid y Aguilar-Zometa, 1978; McDowell, 1985; McDowell *et al.*, 1984).

2.2.2. El suelo como fuente de minerales.

Normalmente se considera que el suelo influye sobre la producción animal mediante la cantidad y calidad de forraje que produce en la secuencia suelo-planta-animal. Sin embargo, también existe el efecto directo suelo-animal ya que el consumo de suelo puede ser considerable, de tal manera que, por ejemplo, la ingestión de Cu a través de esta vía puede ser más de 10 veces que el consumido en el forraje. Al respecto, la literatura reporta que el consumo de suelo puede ir de 90 a 1600 g/d en bovinos (Barradas, 1980; McDowell, 1985), correspondiendo el primer valor a un consumo normal e involuntario, mientras que el segundo se relaciona con el trastorno conocido como "pica".

El aporte de minerales a la dieta del ganado por parte del suelo depende de la cantidad de suelo ingerido, de la relación entre la concentración mineral del suelo con la del forraje y la capacidad del rumiante para solubilizar y absorber los minerales del suelo. Esto a su vez depende de las propiedades del suelo, calidad del forraje ingerido, composición de los líquidos digestivos y del estado nutricional-mineral del animal (McDowell, 1985).

Bajo condiciones de campo, la ingestión de suelo se encuentra relacionada principalmente con la disponibilidad de forraje, altura de pastoreo y plantas con raíces superficiales. La mayor cantidad de suelo se ingiere junto con raíces que se encuentran por encima de la zona de crecimiento del forraje, siendo el polvo que se encuentra sobre las hojas y tallos sólo una pequeña porción del total. Otros factores que favorecen la ingestión de suelo son: drenaje pobre, estructura débil, alta carga animal y una población alta de lombrices (McDowell, 1985; McDowell *et al.*, 1984).

2.2.3. El agua como fuente de minerales.

Todos los minerales esenciales en la nutrición animal se encuentran presentes en el agua, aunque la concentración de éstos es generalmente inadecuada para satisfacer los requerimientos diarios. Shirley (1985), calculó con base en las concentraciones medias de minerales en los Estados Unidos reportadas durante los años 1957-1969, que el agua de bebida podía cubrir el 19% de las necesidades de NaCl para vacas lecheras; del 5 al 8% de Ca; del 4 al 11% de Mg; 20-45% de S; P, 1%; K, 1%; Zn, 2%; Cu, 2%; Fe, 1%; Co, 12%; Mn, 6% y Se 1%. Sin embargo, en ciertas localidades el aporte de Na (agua salobre), Ca y Mg (agua dura), ó de S (agua sulfurosa) puede ser considerable.

2.3. Diagnóstico del balance mineral en el ganado

Diferentes criterios han sido utilizados para diagnosticar el balance de minerales en el ganado. Dichos criterios se basan por lo general en la "concentración crítica" de un mineral presente en el suelo, en la dieta o en el animal. El Cuadro 2 muestra un resumen de dichas concentraciones. Cabe señalar que en ocasiones las deficiencias no obedecen sólo al hecho de que uno o más minerales estén deficientes en el suelo o en el forraje, sino a las interacciones entre los minerales con la dieta, el animal o el ambiente.

2.4. El diagnóstico de minerales en México.

Los estudios de diagnóstico que se han realizado en nuestro país son muy variados. Los hay desde aquellos que se circunscriben a una pequeña área de alguna región hasta los globalizadores, que abarcan ya sea varios municipios o inclusive un estado completo. Dichos estudios también difieren en cuanto a los materiales analizados; de acuerdo con el Cuadro 3 de un total de 66 trabajos recopilados 6.06% analiza el agua, 37.88% analiza suelo, 60.61% forraje, 15.15% suplemento, 9.09% hígado, 6.06% hueso, y 57.58% sangre. También puede observarse que son escasos los trabajos que analizan todos los materiales que pueden influir en la nutrición mineral del ganado en pastoreo.

Cuadro 2. Valores empleados para el diagnóstico de deficiencias minerales en suelo, forraje y diversos tejidos de bovinos.

MINERAL	Concentración del elemento en suelo, dieta o el animal que sugieren su deficiencia en el animal.		
	Suelo	Dieta* Base seca	Animal
Ca	< 0.35 meq/100 g	< 0.3 % ^b > 2.0%	Heces: < 225 ppm
			Plasma: < 8mg/100ml
			Hueso: < 37.6 % en cenizas ^a
P	< 10 ppm	< 0.2 % > 1.0%	Saliva
			Líquido Ruminal:
			Heces: < 4 g/Kg MS
			Orina
			Plasma: < 4-7 mg/100 ml
			Hueso: < 17.5% de las cenizas ^a
Mg	< 0.07 meq/100g	< 0.1 % > 0.4%	Orina: < 5 mg/l
			Suero: < 2 mg/100 ml ^a
			Hueso: < 0.43 % ^c
Na		< 0.08% ^c > 10.0%	Saliva: < 43 meq/l ^a
			Líquido Ruminal: Na/K < 0.6
			Orina: < 69 mg/l
			Heces: Na/K < 0.05
Cu	< 0.6 ppm	< 8 ppm > 115 ppm	Hígado: < 100 mg/Kg MS ^a
			Sangre: < 0.6 µg/ml
			Pelo
			Ceruloplasmina ^c
			Superóxido dismutasa
I		< 0.5 ppm > 50 ppm	Hormonas tiroideas
			Leche: < 80 mg/l ^a
Zn	< 2 ppm	< 30 ppm > 500 ppm	Sangre: 0.6-0.8 µg/ml
			Hígado: < 84mg/Kg MS ^a

Cuadro 2. Valores empleados para el diagnóstico de deficiencias minerales en suelo, forraje y diversos tejidos de bovinos. Continuación...

MINERAL	Concentración del elemento en suelo, dieta o el animal que sugieren su deficiencia en el animal.		
	Suelo	Dieta*Base seca	Animal
Mn	3-5 ppm	< 40 ppm	Sangre: < 0.03 mg/l
		> 1000 ppm	Hígado: < 6 ppm ^a
Se	<0.45 ppm	< 0.2 ppm	Sangre: < 50mg/l
		> 2.0 ppm	Glutation peroxidasa: actividad
			Hígado: < 0.25 ppm ^a
			Pelo o lana: < 0.25 ppm
Co	<0.10 ppm	< 0.1 ppm	Hígado: <0.05-0.07 ppm ^a
		> 5.0 ppm	Vitamina B12: < 75 mmol/Kg hígado
			Ac. metilmalónico: < 30 mg/l orina
Fe		< 50 ppm	Hemoglobina: < 10 g/100 ml
		> 1000 ppm	Transferrina:<13% saturación
			Hígado: < 180 ppm ^a
K	< 59 ppm	< 0.65 % > 3.0%	

Adaptado de Huerta, 1993; McDowell, 1985; McDowell *et al.*, 1984; Minson, 1990; NRC, 1984.

Basado en los requerimientos sugeridos por el NRC, 1984 para ganado de carne: novillo de 250 Kg de peso vivo y una ganancia diaria de 0.5 Kg. El valor más pequeño indica el nivel por debajo del cual se esperan deficiencias; el valor más grande es el nivel máximo tolerable.

- ^a Los mejores para el diagnóstico; los demás presentan alguna dificultad para su uso.
- ^b Las vacas lecheras pueden presentar deficiencia aguda de Ca (hipocalcemia) ó Mg (hipomagnesemia), aun cuando el nivel sea adecuado en la dieta, por lo que estos problemas se consideran más bien enfermedades metabólicas.
- ^c Util para diagnóstico de deficiencias a largo plazo.

NOTA: Valores de deficiencia que no se encuentran en el Cuadro para algún mineral significa que estos todavía no han sido determinados con precisión.

Cuadro 3. Estudios de diagnóstico mineral realizados en México.

FUENTE*	LUGAR	AGUA	SUELO	FORRAJE	SUPL	HIGADO	HUESO	SANGRE	OTROS
1	Campeche					✓	✓		
2					✓				
3	Querétaro (Colón)							✓	
4	Chiapas (costa)					✓	✓		
5	Chiapas (centro)					✓	✓		
6	Edo. Méx (Santa Catarina del Monte)			✓				✓	
7	Edo. Méx. (Tenango del Valle)	✓	✓	✓				✓	
8	Tabasco (Puyaca- tengo)			✓					
9	Durango (Chorre- ños)		✓	✓				✓	
10	Q.Roo (Sur)	✓	✓	✓	✓			✓	
11	Nvo. León (Sabinas Hidalgo)		✓	✓				✓	
12	Veracruz (Tempoal)							✓	
13	Nvo. león (Ciénega de Flores)		✓	✓				✓	
14	Nvo. León (Salinas Victoria)		✓	✓				✓	
15	Nvo. León (Dr. González)		✓	✓				✓	
16	Coahuila (Ocampo, 4 Ciénegas, S. Mojada)	✓	✓	✓			✓	✓	pelo
17	Nvo. León		✓	✓				✓	
18	Veracruz (Orizaba)		✓	✓				✓	
19	Coahuila (San Juan Sabinas)		✓	✓		✓		✓	
20	Tlaxcala (Huaman- tla)		✓	✓				✓	

Continua...

FUENTE*	LUGAR	AGUA	SUELO	FORRAJE	SUPL	HIGADO	HUESO	SANGRE	OTROS
21	D. F. (San Felipe del Progreso)		√	√				√	lana
22	Coahuila (Melchor Muzquiz)		√	√				√	
23	Coahuila (Sabinas)		√	√				√	
24	Tamps. (Soto la Marina)		√	√				√	
25	S. L. P. (Venado)	√	√	√				√	
26	Veracruz (Mtz. de la Torre)			√				√	
27	Sureste (Camp. Chis.)			√					
28	Nvo. León (Marín)			√					
29	Veracruz (Tepetzintla)			√				√	
30	Tlaxcala (Huamantla)		√	√				√	
31	Yucatán (Oreinte)		√						
32	Hidalgo (Acatlán)		√	√				√	
33	Hidalgo (Vaquerías)		√	√				√	
34	Yucatán (Tizimin)				√				
35	Edo. Méx. (Chalco)							√	Concentrado
36	Veracruz (Paso del Toro)			√					
37	Campeche (Camino Real)			√				√	
38					√				
39					√				
40	Veracruz (AcayucanEs pinal, Juanita)							√	
41	Tabasco (Balancán)							√	

Continúa...

FUENTE*	LUGAR	AGUA	SUELO	FORRAJE	SUPL	HIGADO	HUESO	SANGRE	OTROS
42	D. F.			√	√				
43	Coahuila-Durango			√		√			pelo, riñon
44	Hidalgo (Tizayuca)			√				√	actividad de GSH-Px
45	Morelos, Veracruz				√				
46	Oaxaca							√	
47	S.L.P. (Sta. Ma. del Río)		√						
48	D. F.							√	
49	Yucatán				√				
50	Tlaxcala (Sureste)		√	√				√	
51					√				
52	Chihuahua (Centro)								dieta
53	Chihuahua (centro)			√				√	Concentrado
54	D. F.		√	√					
55	Edo. Méx. (Zoqueia-pan)			√					
56	D. F.		√	√				√	
57	Durango (Norte)			√					
58					√				
59	Jalisco, Zacatecas					√			
60	Edo. Méx. (Toluca)		√	√				√	
61				√					
62	Puebla (Hueytamal - co)							√	
63	Veracruz (Acayucan)							√	
64	Veracruz (Banderilla, Perote, Teocelo)							√	
65	Yucatán (Tizimin)			√					

Continúa...

FUENTE	LUGAR	AGUA	SUELO	FORRAJE	SUPL	HIGADO	HUESO	SANGRE	OTROS
66	Veracruz (San Andrés Tuxtla)			√					

* 1, Fernández y Juárez (1993); 2, Gallardo (1993); 3, Vargas (1995); 4, González y Juárez (1993); 5, García y Lazarín (1992); 6, Gutiérrez *et al* (1993); 7, Domínguez (1993); 8, Morúa y Hurtado (1991); 9, López (1991); 10, Méndez (1989); 11, Gámez (1977); 12, Ortega (1979); 13, Obeso (1977); 14, Giménez (1976); 15, Guardado (1977); 16, Mejía (1984); 17, Guevara (1982); 18, Ramírez y Hernández (1994); 19, Cruz (1977); 20, Ramírez *et al* (1992); 21, Ordoñez *et al* (1989); 22, Siller (1977a); 23, Siller (1977b); 24, Ibarra (1979); 25, Rodríguez (1990); 26, Sánchez (1978); 27, Hernández (1992); 28, Roque *et al* (1991); 29, Santiago y Gerardo (1996); 30, Velasco (1992); 31, Millan *et al* (1990); 32, Agustín y Raya (1996); 33, De Loera y Hipólito (1996); 34, Castellanos (1988); 35, Rodríguez (1996); 36, Cortes *et al* (1983); 37, Castrillo *et al* (1983); 38, Tejada y Merino (1971); 39, Camacho (1979); 40, Villalvazo (1979); 41, García (1981); 42, Spross (1979); 43, Sanchez (1978); 44, Strouth (1985); 45, Aguilar *et al* (1987); 46, Pérez (1995); 47, Flores (1995); 48, Barcena *et al* (1995); 49, Moguel *et al* (1995); 50, Ramírez (1995); 51, López y Rosiles (1988); 52, Chavez *et al* (1979); 53, Fierro *et al* (1977); 54, Cordoba *et al* (1988); 55, Pérez, (1996); 56, Rivero *et al* (1990); 57, González y Ochoa (1985); 58, Ellis *et al* (1988); 59, González y Holm (1994); 60, Díaz *et al* (1994); 61, Ojeda *et al* (1994); 62, García (1980); 63, Reyes (1984); 64, Vignon (1983); 65, Tepal *et al* (1987); 66, Sandoval *et al* (1987)

Del mismo modo, en el Cuadro 4 se observan los minerales que fueron analizados en dichos estudios; puede notarse la preponderancia de Ca, P, Mg, Fe, Cu y Zn en los análisis, siendo muy escasas las determinaciones de S, Co y Se. Como puede apreciarse, la información anterior no reporta datos sobre diagnóstico mineral en tejido animal, para el estado de Yucatán; de ahí la necesidad de la realización del presente estudio. Esos estudios están enfocados al análisis de suelo, forraje -principalmente pasto guinea- y excretas avícolas, donde se muestra, en el caso de los dos primeros, el elevado nivel de Ca y Mg junto con la generalizada falta de P en el Estado. Por su parte, las excretas avícolas son un ingrediente con cantidades elevadas de macro y microminerales

Cuadro 4. Minerales analizados en los estudios de diagnóstico realizados en México.

FUENTE*	Na	K	Ca	P	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	Co	Se	OTROS
1			√	√	√		√	√	√	√			
2		√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	
3	√	√	√	√	√		√	√	√				
4			√	√	√		√	√	√	√			
5			√	√	√		√	√	√	√			
6	√	√	√	√	√		√	√					
7		√	√	√	√		√	√	√				
8	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
9	√	√	√	√	√		√	√	√				
10	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	Cl
11	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
12				√									
13	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
14	√	√	√	√	√		√	√		√			
15	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
16	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√		
17	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
18	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
19	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
20			√	√	√			√	√				
21								√			√	√	
22	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
23	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
24				√									
25			√	√	√			√	√				
26				√									
27		√	√	√	√		√	√	√	√			
28	√	√	√		√		√	√	√	√			

Continua...

FUENTE*	Na	K	Ca	P	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	Co	Se	OTROS
29	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
30			√	√				√	√				
31	√		√	√				√	√	√			
32	√	√	√	√	√		√	√	√				
33	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
34				√									
35	√	√	√	√	√		√	√	√				
36	√	√	√	√	√		√	√	√	√			
37			√	√	√		√	√	√				
38			√	√			√	√		√			Al, F
39			√	√									F, As
40								√					
41			√	√	√								
42			√	√									F
43												√	
44												√	
45	√	√	√		√		√	√		√	√		Al, Mo, F
46			√				√	√	√				Pb
47		√	√					√				√	Mo
48	√	√	√		√			√	√				
49	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√		
50												√	
51	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	As, Cr, Sn, Mo, Ni, Si, V, Al, Sb, Cd, Hg, Pb
52				√									
53				√									
54	√	√	√		√			√		√	√	√	Mo

Continua...

FUENTE*	Na	K	Ca	P	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	Co	Se	OTROS
55	√	√	√	√	√			√	√	√			
56	√	√	√		√		√	√		√	√	√	Mo
57			√	√									
58	√		√	√	√		√	√	√	√	√		
59			√		√			√	√	√			Pb, Cd, Cr, Mo, Al, V, Sb, Ti
60												√	
61	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√		
62			√	√	√								
63			√	√	√								
64			√	√									
65				√									
66			√	√			√						

1, Fernández y Juárez (1993); 2, Gallardo (1993); 3, Vargas (1995); 4, González y Juárez (1993); 5, García y Lazarín (1992); 6, Gutiérrez *et al* (1993); 7, Domínguez (1993); 8, Morúa y Hurtado (1991); 9, López (1991); 10, Méndez (1989); 11, Gámez (1977); 12, Ortega (1979); 13, Obeso (1977); 14, Giménez (1976); 15, Guardado (1977); 16, Mejía (1984); 17, Guevara (1982); 18, Ramírez y Hernández (1994); 19, Cruz (1977); 20, Ramírez *et al* (1992); 21, Ordoñez *et al* (1989); 22, Siller (1977a); 23, Siller (1977b); 24, Ibarra (1979); 25, Rodríguez (1990); 26, Sánchez (1978); 27, Hernández (1992); 28, Roque *et al* (1991); 29, Santiago y Gerardo (1996); 30, Velasco (1992); 31, Millan *et al* (1990); 32, Agustín y Raya (1996); 33, De Loera y Hipólito (1996); 34, Castellanos (1988); 35, Rodríguez (1996); 36, Cortes *et al* (1983); 37, Castrillo *et al* (1983); 38, Tejada y Merino (1971); 39, Camacho (1979); 40, Villalvazo (1979); 41, García (1981); 42, Spross (1979); 43, Sanchez (1978); 44, Strouth (1985); 45, Aguilar *et al* (1987); 46, Pérez (1995); 47, Flores (1995); 48, Barcena *et al* (1995); 49, Moguel *et al* (1995); 50, Ramírez (1995); 51, López y Rosiles (1988); 52, Chavez *et al* (1979); 53, Fierro *et al* (1977); 54, Cordoba *et al* (1988); 55, Pérez, (1996); 56, Rivero *et al* (1990); 57, González y Ochoa (1985); 58, Ellis *et al* (1988); 59, González y Holm (1994); 60, Díaz *et al* (1994); 61, Ojeda *et al* (1994); 62, García (1980); 63, Reyes (1984); 64, Vignon (1983); 65, Tepal *et al* (1987); 66, Sandoval *et al* (1987)

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Generalidades de la zona de estudio.

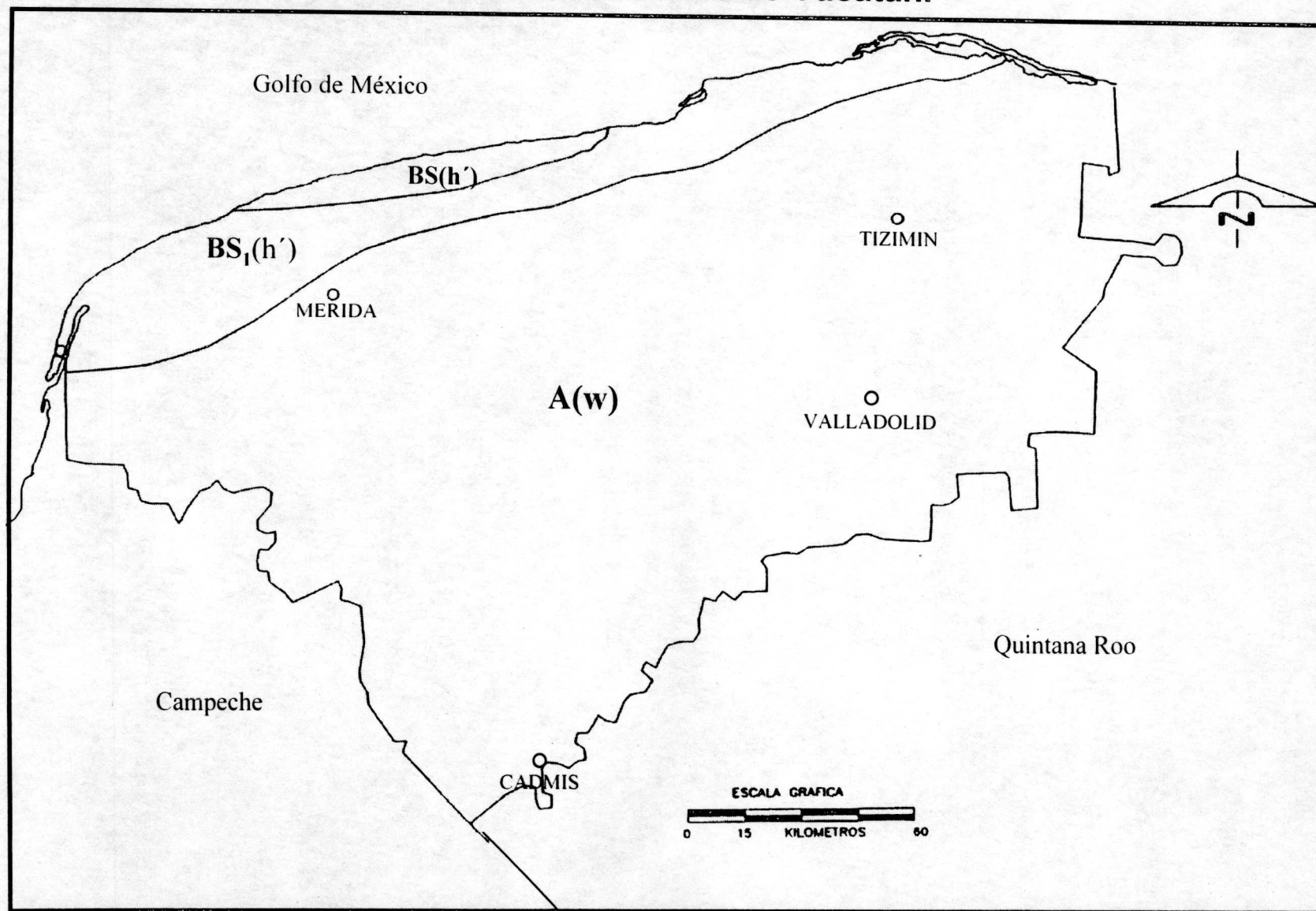
El estado de Yucatán se localiza en el Sureste de la República Mexicana entre los 21° 38' y 19° 32' de latitud norte y entre los 87° 22' y 90° 24' de longitud oeste. Colinda al norte con el Golfo de México, al sur con el estado de Campeche y Quintana Roo, al este con Quintana Roo y al oeste con el Golfo de México y Campeche (INEGI, 1993).

Clima. Los climas que se presentan son: **A(w)** [cálido subhúmedo con lluvias en verano], **BS,(h')** [semiseco muy cálido y cálido], y **BS(h')** [seco muy cálido y cálido]. El clima A(w) ocupa el 85.49% de la superficie estatal, mientras que los climas **BS,(h')** y **BS(h')** se presentan en el 12.94% y 1.57% de la entidad (Mapa 1). Por otra parte, la temperatura media anual varía entre 24.8 °C y 26.7 °C. La precipitación oscila entre los 500 mm y los 1500 mm anuales (Mapa 2).

Suelo. En el estado de Yucatán existen 6 principales grupos de suelo los que serán descritos a continuación haciendo referencia al Mapa 3:

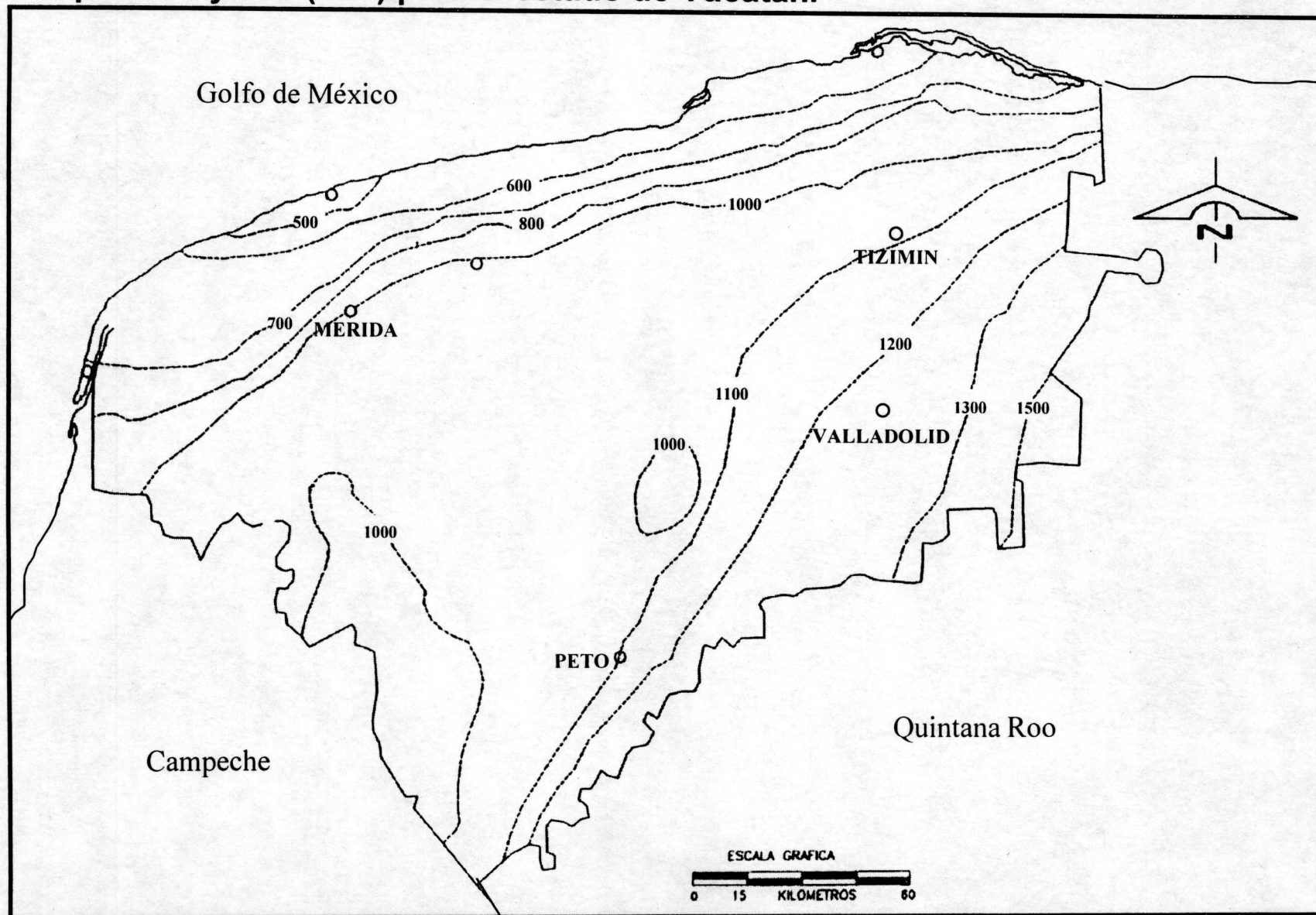
- 1) **Zona de suelos halomórficos** (regosoles, histosoles y solonchacs). Esta zona se distribuye a lo largo de la costa y se distingue por la presencia de suelos poco desarrollados que comparten marcadas influencias marinas, desde las características de la matriz mineral arenosa formada en buena parte por residuos conchíferos, hasta la elevada concentración de sales solubles y/o sodio intercambiable que resulta del movimiento de agua salobre en el interior del perfil.

Mapa 1. Climas predominantes en el estado de Yucatán.



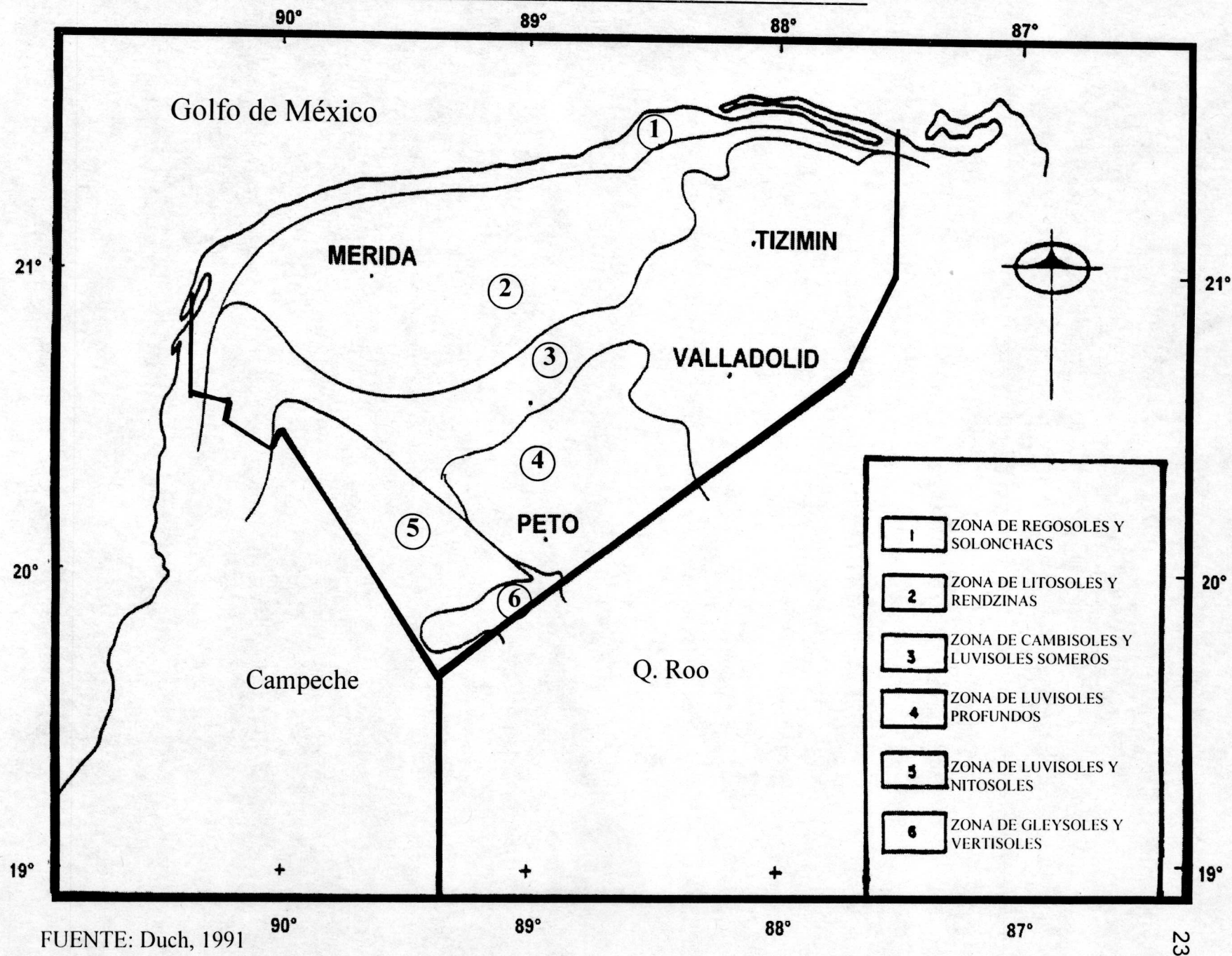
FUENTE: INEGI, 1993.

Mapa 2. Isoyetas (mm) para el estado de Yucatán.



FUENTE: INEGI, 1993.

Mapa 3. Distribución de suelos en el estado de Yucatán.



- 2) **Zona de suelos líticos y pedregosos** (litosoles y rendzinas). Ocupa en su mayor parte la porción noroccidental de la entidad, terminando entre Buctzotz y Tizimín. Se caracteriza por la presencia de suelos muy delgados sobreyaciendo a la llamada coraza calcárea, a la que gracias a su avanzado estado de resquebrajamiento y fracturación deben su abundante pedregosidad. Por lo regular, son suelos que presentan espesores menores de 10 cm en el caso de los litosoles y de 30 cm en el de las rendzinas.
- 3) **Zona de suelos someros** (cambisoles y luvisoles). Se ubica contigua a la anterior, conformando una angosta franja territorial que arranca desde el extremo occidental que colinda con el estado de Campeche, hasta alcanzar la porción oriental donde se abre abarcando una amplia extensión internándose en el estado de Quintana Roo. Esta zona se caracteriza por la presencia de litosoles y rendzinas, además de los cambisoles y luvisoles, que aparecen en todos los rumbos de la entidad. Como regla general, los cambisoles y luvisoles someros presentan espesores entre 30 y 60 cm, lo cual constituye un volumen suficiente para el crecimiento normal del sistema radicular de cualquier planta cultivada.
- 4) **Zona de suelos profundos** (luvisoles). Ocupa la porción suroriental de la entidad, desde la línea Maní-Dzitás que limita con la zona anterior, hasta internarse en el estado de Quintana Roo. De igual modo, la aparición de los luvisoles profundos no excluye la presencia de litosoles y rendzinas, someros y pedregosos, y de cambisoles moderadamente profundos. La formación de estos suelos se debe en parte a la acción de lavado que ejerce la elevada precipitación pluvial que recibe la zona y además al marcado desnivel -hasta 15 m- que se presenta entre las planadas y hondonadas donde se encuentran estos suelos y las formaciones monticulares notablemente pedregosas.

5) **Zona de suelos muy profundos** (luvisoles y nitosoles). Comprende la porción sur del estado, en correspondencia con las formaciones cerriles del lugar. En este caso, una parte de los luvisoles presenta características similares a los de la zona anterior pero otra parte de ellos muestra una profundidad sensiblemente mayor. Los nitosoles son suelos muy parecidos a los luvisoles, particularmente a los férricos y vérticos, pero cuya profundidad rebasa fácilmente los 2 metros. Una característica adicional de estos suelos es que abarcan grandes extensiones de terreno, lo cual permite la utilización de maquinaria agrícola así como la aplicación de riego.

6) **Zona de suelos hidromórficos** (Gleysoles y vertisoles). Ocupa una pequeña porción territorial de la entidad, que se ubica en el extremo sur, formando una franja angosta que se extiende entre la línea Hutonchác-Becanchén-Tzucacab y los límites con los estados de Campeche y Quintana Roo. Los gleysoles y vertisoles son suelos profundos, sin piedras ni afloramientos rocosos, cuya característica fundamental es la presencia de un elevado contenido de humedad en su perfil durante ciertas épocas del año. No obstante, entre uno y otro se aprecian diferencias en cuanto a su régimen de humedad, siendo los gleysoles los que se mantienen más húmedos la mayor parte del año.

Agua. El estado de Yucatán carece de corrientes superficiales debido a que el suelo es sumamente permeable. Existe un alto coeficiente de escurrimiento del agua de lluvia que puede ser superior al 30%, la cual alimenta los mantos acuíferos subterráneos y desemboca en el mar a través de las calizas que forman el subsuelo. En la mayor parte del estado tienen importancia los "cenotes", mantos acuíferos subterráneos de forma cóncava y poca profundidad, con fondo impermeable. También el agua puede acumularse en pequeñas hondonadas naturales impermeables denominadas "aguadas" (Méndez, 1979).

Vegetación. El clima es el componente ambiental que más influye sobre la forma en que se distribuye la vegetación en la entidad, principalmente a través de la precipitación, de ahí que se distribuya en franjas. Así mismo, los fenómenos marinos, responsables de la fisiografía típica del litoral arenoso y los depósitos lacustres de la costa, tienen también que ver con la presencia de todo un complejo conjunto vegetativo formado por los manglares, en asociación con matorrales costeros, tulares, carrizales y, en ciertas porciones, con formaciones selváticas, como es el caso de los petenes en la costa occidental. La franja de vegetación más delgada consiste en matorral espinoso con plantas carnosas y pastizal, propio del clima BS. Siguen la selva baja y mediana caducifolia, alternada con sabana, que ocupan más de tres cuartas partes del estado, correspondiendo al clima A(w). Gracias a la mayor humedad, en el extremo sur existe selva alta, mientras que una estrecha banda adyacente a toda la costa corresponde a manglar (Duch, 1991; Porrúa, 1986; INEGI, 1993).

Ganadería. Se estima que en el Estado existen más de un millón de hectáreas dedicadas a la ganadería, 60% ocupadas por praderas nativas y 40% por praderas inducidas (INEGI, 1993) las cuales constituyen la base de la alimentación del ganado. Este tipo de alimentación -basada en el pastoreo- presenta un comportamiento cíclico, determinado por las condiciones climáticas (Escobedo y Domínguez, 1986; Mendoza, 1990).

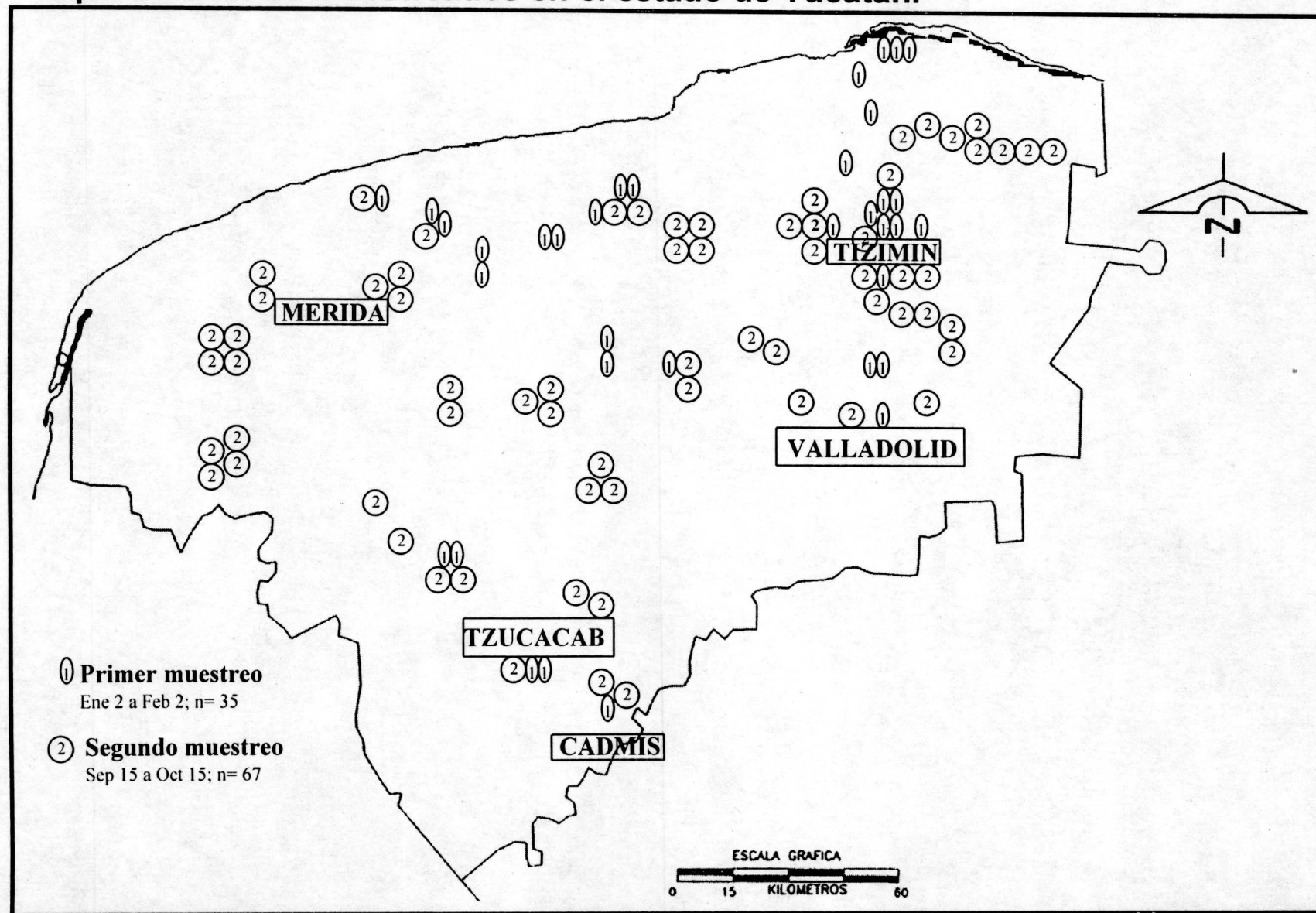
Las razas cebuinas son el principal recurso genético en la entidad, sin embargo también se ha dado la incorporación de razas europeas (Suizo pardo, Chianina, Charoláis y Simmental) en la zona oriente. Todo ello sirve como base a los sistemas de cría, engorda y cría de sementales (Escobedo y Domínguez, 1986; Mendoza, 1990).

3.2. Muestreos.

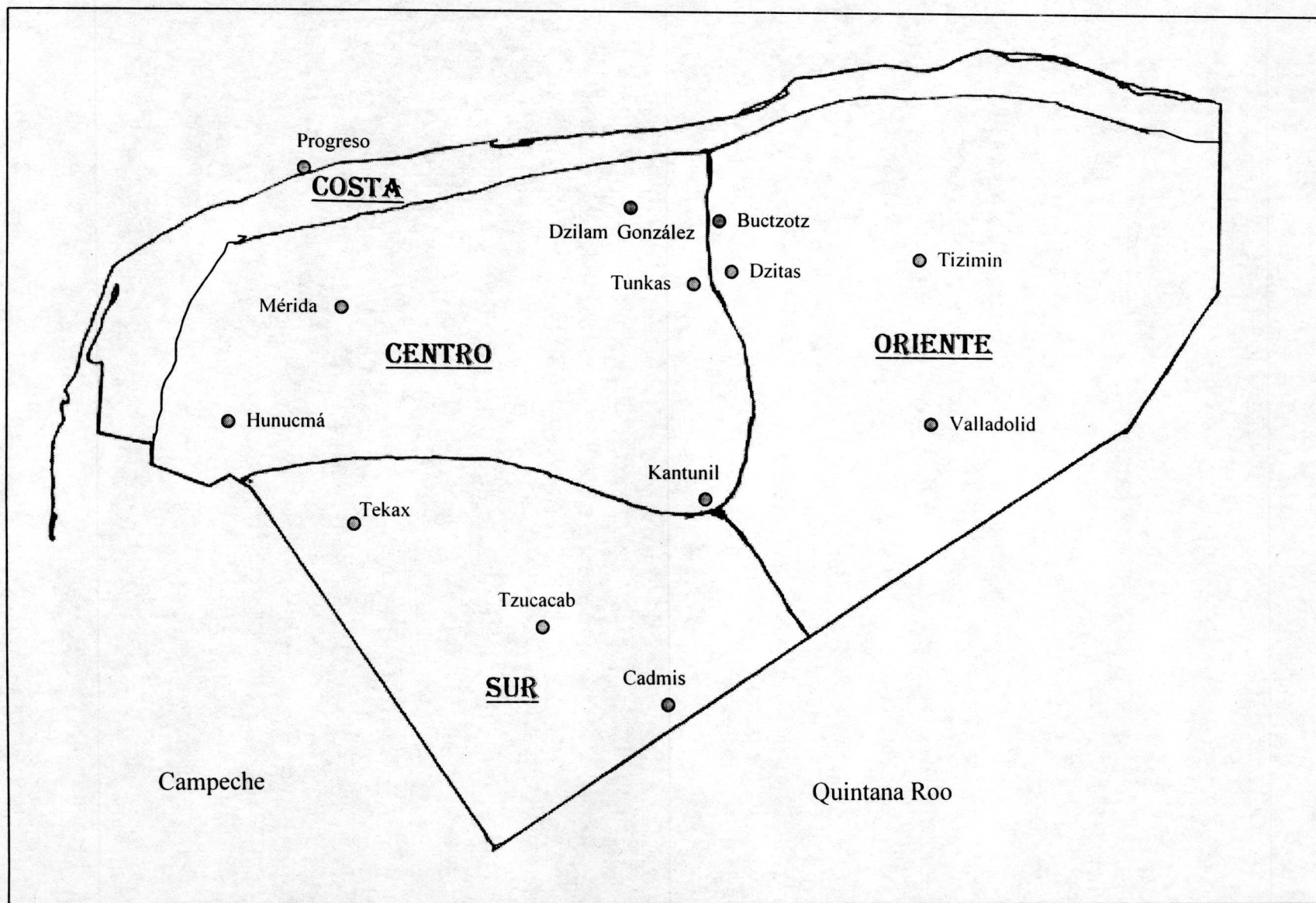
Para obtener un diagnóstico adecuado del estado nutricional mineral del ganado bovino se realizaron dos muestreos de campo. El primero durante la época de seca (del 2 de enero al 2 de febrero de 1995) y el segundo durante la época de lluvias (del 15 de septiembre al 15 de octubre de 1995). Durante estas fechas fueron visitados un total de 102 ranchos ganaderos (Mapa 4), a partir de los cuales se obtuvieron muestras de suelo, agua, forraje y suplementos. Los ranchos fueron seleccionados de tal modo que abarcaran las principales áreas ganaderas del estado y que además presentasen las condiciones típicas de producción del lugar en particular tales como extensión, superficie sembrada con pasto, razas y número de animales, alimentación, entre otros aspectos considerados. Cabe señalar que debido a la heterogeneidad de los suelos, forrajes, clima, nivel tecnológico y socioeconómico fue necesario dividir el estado en 4 zonas para poder realizar un diagnóstico más preciso: 1, centro; 2, sur; 3, oriente; 4, costa (Mapa 5).

En el Cuadro 5 se muestra un resumen de algunas características de los ranchos muestreados, considerados como típicos del Estado. En él se puede observar que la mayor intensidad de producción se halla en el oriente (1.75 cab/ha), y la menor en la zona centro. Por otra parte, el número promedio de animales por rancho también es marcadamente diferente, así se tienen 44.37 cabezas promedio para el centro y 254.43 cabezas en el oriente, lo cual da una idea de la marcada diferencia en el potencial económico y tecnológico entre el oriente y el resto del estado. Otro rasgo que distinguió al oriente sobre otros puntos del estado fue el uso generalizado de suplementos en la alimentación del ganado, suministrando en promedio 2 Kg de concentrado/animal/día; en las otras zonas el consumo puede ser hasta de 1

Mapa 4. Ranchos muestreados en el estado de Yucatán.



Mapa 5. División zonal del estado de Yucatán



Kg/animal/día. En los municipios con mayor desarrollo ganadero (Tizimín, Peto, Tzucacab), se encontró una gran variedad de razas puras de ganado, tanto europeo (Suizo Pardo, Simmental, Charoláis, Chianina) como de tipo cebuino (Brahman, Nelore, Gyr).

Cuadro 5. Características generales de los ranchos muestreados.

ZONA	n	SUPERFICIE TOTAL (has)	% SEMBRADO CON PASTO	CABEZAS TOTALES	CARGA ANIMAL (cab/ha)
COSTA	6	155.24	26.34	82.81	0.87
CENTRO	38	171.82	31.51	44.37	0.52
ORIENTE	44	117.71	81.92	254.46	1.74
SUR	14	339.13	44.52	125.77	0.66

Muestreo de suelos. Se tomó una muestra compuesta por rancho de los primeros 15 cm de profundidad en diferentes puntos evitando la cercanía con fábricas, depósitos industriales, caminos o cualquier otra fuente de contaminación. De los 102 ranchos muestreados únicamente fueron tomadas y analizadas 89 muestras de suelo. Estas fueron secadas y almacenadas en bolsas de papel hasta su análisis en el laboratorio. Las determinaciones realizadas incluyen: pH, conductividad eléctrica, Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, y Mn; siguiendo las metodologías recomendadas en cada caso (Cuadro 6). Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Fertilidad de Suelos en la Universidad Autónoma Chapingo, bajo la supervisión del M. C. Guadalupe Aguilar Noh.

Muestreo del agua de bebida. Se tomó una muestra por rancho en aquellos lugares donde los animales la bebían; básicamente de pozos o proveniente de cenotes ya que en la entidad no existen corrientes superficiales de agua. El agua (aproximadamente un litro) se almacenó en

Cuadro 6. Determinaciones realizadas en el laboratorio.

DETERMINACIÓN	Suelo	Agua	Forraje	Suplemento	Hígado	Hueso	DESCRIPCION	TECNICA*
pH	√						Rel. suelo: agua (1: 2)	1
Cond. Eléctrica	√							1
Digestibilidad de la materia seca			√					6
Nitrógeno (N)			√				Microkjeldalh	5
Sodio (Na)	√	√	√	√			Flamometría y Absorción atómica	2,4
Potasio (K)	√	√	√	√				2,4
Calcio (Ca)	√	√	√	√		√	Absorción atómica	7,4
Fósforo (P)	√	√	√	√		√	Colorimetría	3, 4
Magnesio (Mg)	√	√	√	√		√	Absorción atómica	7,4
Cobre (Cu)	√	√	√	√	√		Absorción atómica	2,4
Hierro (Fe)	√	√	√	√	√		Absorción atómica	2,4
Zinc (Zn)	√	√	√	√	√		Absorción atómica	2,4
Cobalto (Co)				√			Absorción atómica	2,4
Manganeso (Mn)	√	√	√	√	√		Absorción atómica	2,4

1. Greenberg *et al.*, 1980.
2. Perkin-Elmer, 1976.
3. Olsen (suelo) (Olsen y Somers, 1982).
4. Fick *et al.*, 1979.
5. A.O.A.C. 1991.
6. Barnes, 1969.
7. Grant, 1982.

Método de extracción:

Suelo: acetato de amonio para Na, K, Ca y Mg.
bicarbonato de sodio para P.

DTPA para Fe, Cu, Zn y Mn.

Hueso: Incineración y HCl.

Forraje: Digestión seca.

Suplementos: Digestión seca.

Hígado: Digestión húmeda (HNO₃ y H₂O₂)

bolsas de plástico nuevas hasta el momento de su análisis, siendo filtrada previamente. Los minerales analizados fueron: Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, y Mn (Cuadro 6). Al igual que en el caso del suelo, únicamente se analizaron 89 muestras de agua de los 102 ranchos originalmente muestreados.

Muestreo de forraje. Para satisfacer los objetivos planteados se colectaron muestras de las especies forrajeras más consumidas por el ganado en el momento de realizar las visitas a los ranchos resultando en 63 muestras durante la época de seca y 152 durante la época de lluvias (215 en total). Para colectar las muestras de forraje se tomó en consideración aquellas partes de la planta que realmente son consumidas por el animal (forraje seleccionado), siguiendo la técnica de *hand plucking* la cual consiste en tomar aquellas partes de la planta (hojas, tallos, inflorescencia) que el animal selecciona durante el pastoreo (Wayne, 1964). Para lograr esto: 1) se contó con el apoyo del ganadero y su experiencia; 2) se observó a los animales mientras pastaban; y 3) se determinaron los puntos de cicatrización del forraje. Las muestras así tomadas fueron manejadas siguiendo los estándares recomendados (Fick *et al.*, 1979), secadas al sol e identificadas, anotando en cada caso la especie forrajera, la zona y época de pastoreo. Ya en el laboratorio, se redujo el tamaño de partícula del forraje pasándolo por un molino tipo Wiley con criba de 1 mm de acero inoxidable y almacenando las muestras en bolsas de plástico. Los minerales que se determinaron fueron: Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, y Mn; además de nitrógeno total y digestibilidad *in vitro* (Cuadro 6).

Muestreo de suplementos. Con la finalidad de estimar el aporte total de minerales para los animales se obtuvieron muestras de los suplementos que fuesen empleados en los ranchos, anotando claramente el tipo y la dosificación por animal por día. Como ya se mencionó

previamente, la parte oriental del estado es en la que más se proporciona suplemento y en mayor cantidad (Cuadro 7). Las determinaciones fueron: Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, y Mn (Cuadro 6).

Cuadro 7. Porcentaje de ranchos que utilizan suplementos en el estado de Yucatán.

TIPO DE SUPLEMENTO	CENTRO (n= 38)	SUR (n= 14)	ORIENTE (n= 29)	COSTA (n= 7)	PROMEDIO (n= 88) ¹
NO UTILIZAN	47.4	35.7	24.1	28.6	36.4
CONCENTRADO	2.6	7.1	3.5	14.3	4.6
EXCRETAS AVICOLAS	5.3	7.1	3.5	0.0	4.5
SUPL. MINERALES	7.9	21.4	6.9	0.0	9.1
SAL COMUN	15.8	21.4	3.5	0.0	11.4
Combinación de 2 ó más suplementos.*	21.15	7.1	58.6	57.1	34.1

¹ Únicamente se encuestaron 88 ranchos de los 102 visitados.

* Las combinaciones pueden darse entre los suplementos del Cuadro o con otros como melaza, soya, maíz, y/o salvado.

Muestreo de animales. Durante las 2 épocas ya mencionadas se visitaron 2 rastros: Abastos de Mérida, ubicado en la ciudad de Mérida; y el A.R.I.C., frigorífico de Tizimín, S. de R. L., ubicado en la ciudad de Tizimín. Se decidió tomar las muestras de tejido animal en estos 2 rastros ya que además de ser los 2 más grandes del estado, en ambos llegan reses de muy diversos municipios para su sacrificio. Los muestreos se realizaron durante 3 ó 4 días consecutivos en cada uno de los rastros durante ambas épocas de tal modo que se obtuvieron 911 muestras totales (502 en secas y 409 en lluvias) durante 14 días de muestreo.

A cada animal se le extrajo una muestra de hígado y otra de hueso. Las muestras de hígado (aproximadamente 100 g) fueron colectadas con un cuchillo de acero inoxidable inmediatamente después de extraídas las vísceras al animal. Las muestras de hueso fueron

tomadas de la primera costilla verdadera de la canal derecha a unos 20 cm de la columna vertebral, con la ayuda de un taladro eléctrico con sacabocados de acero inoxidable (30 mm de diámetro). Todas las muestras de hígado y hueso fueron colocadas en bolsas de plástico nuevas, identificadas, congeladas y almacenadas hasta que fueron preparadas para su análisis. En todo momento se utilizó la metodología recomendada por Fick *et al.* (1979). Las determinaciones realizadas incluyeron Cu, Fe, Zn, y Mn en la materia seca del hígado y Ca, P, y Mg en las cenizas del hueso (Cuadro 6).

Adicionalmente, durante cada muestreo se observaron algunas variables en el animal tales como lugar de origen, sexo, genotipo, edad y condición corporal, ya que hay indicios (Fernández y Juárez, 1993) de que estos factores afectan el contenido mineral del animal. El origen del ganado se determinó mediante encuesta con los encargados del rastro a través de las guías de tránsito zoosanitarias. También se clasificó al ganado en machos y hembras. El genotipo del animal se dividió en 3 categorías: la categoría uno incluyó a aquellos animales de tipo europeo (*Bos taurus*), la categoría dos contuvo a las cruzas con alto porcentaje de sangre europea ($\geq 60\%$) y la categoría tres a las cruzas con mayor porcentaje de sangre cebuína ($> 40\%$). La edad de los animales se dividió en adultos y jóvenes; considerando como animales adultos a los sementales y las hembras con señas evidentes de uno o más partos. La condición corporal de los animales fue evaluada subjetivamente, clasificando como animal flaco a aquel que mostró un pobre desarrollo muscular, exhibiendo los huesos de las costillas y la pelvis; mientras que se consideró como animal gordo a aquellos que mostraban buen desarrollo muscular y a menudo una capa de tejido adiposo subcutáneo a nivel de las costillas.

3.3. Análisis de resultados.

1. El diagnóstico mineral del ganado se realizó en primer lugar a través de determinar la concentración de macrominerales en hueso y de microminerales en hígado. Con estos datos se determinó si el animal era deficiente o suficiente en minerales, otorgándosele la categoría 0 (cero) a aquellos animales cuya contenido mineral fuera superior al criterio de deficiencia (animal no deficiente). Por el contrario, si la concentración del mineral en el tejido animal era inferior al criterio de deficiencia se le daba la categoría 1 (deficiente). El criterio de deficiencia utilizado se señala en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Criterio de deficiencia empleado en los análisis.

MINERAL	ANIMAL DEFICIENTE
Ca	< 37.6%
P	< 17.6%
Mg	< 0.4%
Cu	< 75 ppm
Fe	< 180 ppm
Zn	< 84 ppm
Mn	< 6 ppm

Basado en McDowell, 1985; McDowell *et al.*, 1984; Minson, 1990; Smith, 1959.

Las concentraciones minerales en suelos, forrajes, agua y suplementos fueron utilizados para explicar la presencia o ausencia de deficiencias en el ganado.

2. Se realizó un análisis estadístico con el objetivo de verificar si la incidencia de deficiencias minerales encontradas en el ganado se presenta por igual en las 4 zonas de procedencia del ganado, las 2 épocas de muestreo, o en las diferentes características del animal (sexo, genotipo, edad y condición corporal).

El modelo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijklmn} = \mu + EM_i + ZP_j + (EM*ZP)_{ij} + S_k + G_l + E_{dm} + CC_n + e_{ijklmn}$$

De donde:

Y_{ijklmn} = Deficiente o no deficiente (0, 1).

μ = Media poblacional.

EM_i = Efecto de la i-ésima época de muestreo. $i = 1, 2.$

ZP_j = Efecto de la j-ésima zona de procedencia del ganado. $j = 1, 2, 3, 4.$

$(EM*ZP)_{ij}$ = Interacción época * zona.

S_k = Efecto del k-ésimo sexo. $k = 1, 2.$

G_l = Efecto del l-ésimo genotipo. $l = 1, 2, 3.$

E_{dm} = Efecto de la m-ésima edad. $m = 1, 2.$

CC_n = Efecto de la n-ésima condición corporal. $n = 1, 2.$

e_{ijklmn} = Error aleatorio. $NID (0, \sigma^2_e)$

3. La concentración de minerales en los forrajes fue analizada mediante el modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + EM_i + ZM_j + E_k + (ZM * E)_{jk} + TF_l + e_{ijklm}$$

De donde:

Y_{ijklm} = Concentración transformada del mineral en el forraje.

μ = Media poblacional.

EM_i = Efecto de la i-ésima época de muestreo. $i = 1, 2.$

ZM_j = Efecto de la j-ésima zona de muestreo. $j = 1, 2, 3, 4.$

E_k = Efecto de la k-ésima especie forrajera. $k = 1, 2, 3.$

$(ZM * E)_{jk}$ = Interacción zona*especie.

TF_l = Efecto del tipo de forraje. $l = 1, 2, 3.$

e_{ijklm} = Error aleatorio. $NID(0, \sigma_e^2)$

El resto de las interacciones resultaron no significativas por lo que no se incluyen en el modelo. Debido a que los valores no presentaron distribución normal se realizaron un par de transformaciones:

Para macroelementos, digestibilidad y proteína: $\text{Arsin}(\sqrt{(X/100)})$.

Para microelementos: $(\sqrt{X})$.

El análisis se llevó a cabo mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (Barr *et al.*, 1979). Las medias de los tratamientos se obtuvieron a través del procedimiento LSMeans y la comparación de medias mediante prueba de Tukey.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados acerca de la incidencia de deficiencias minerales en el ganado del estado de Yucatán, apoyado con los análisis de forraje, suelo, agua y suplementos. Posteriormente serán analizados los efectos de zona y época de muestreo sobre la incidencia de deficiencias en los animales, así como los efectos del sexo, genotipo, edad y la condición corporal.

4.1. Deficiencias minerales en el ganado.

En el Cuadro 9 se reporta la proporción de animales que fueron clasificados como deficientes.

Cuadro 9. Porcentaje de animales deficientes en minerales.

n	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
	En Hueso			En Hígado			
911	5.1	64.1	0.8	12.8	27.1	2.9	15.7

Calcio. El 5.1% de los animales fueron deficientes en Ca (n= 911; Cuadro 9). Esto es de esperarse ya que sólo 5 muestras de forraje de las 215 analizadas (2.4%) contenía menos de 0.3% de Ca (requerimiento animal; Cuadro 10). Los datos de suelo apoyan lo anterior dado que el contenido promedio de Ca en suelo es 21.3 Cmol(+)Kg⁻¹

Cuadro 10. Distribución de la digestibilidad, concentración de proteína y de minerales en muestras de forraje recolectado en el estado de Yucatán.

ANÁLISIS DE LA MATERIA SECA DE LA MATERIA SECA EN EL ESTADO DE TULACÁN						
NUTRIENTE	CONCENTRACION EN LA MATERIA SECA	ZONA				ESTADO (n = 215)
		CENTRO	SUR	ORIENTE	COSTA	
		(n= 82)	(n= 36)	(n=80)	(n= 17)	
Proporción de muestras que caen en el rango (%)						
DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (%)	<30	14.7	3.0	0.0	7.7	6.7
	30 a <45	22.7	24.2	11.3	23.1	18.7
	45 a <60	45.3	60.7	50.0	30.8	48.5
	60 a 75	17.3	12.1	38.7	38.4	26.1
PROTEINA CRUDA (%)	<7	18.2	14.7	15.4	17.6	16.5
	7 a <9.2	6.5	5.9	10.3	17.6	8.7
	9.2 a <16	57.1	58.8	64.0	53.0	59.7
	16 a 25	18.2	20.6	10.3	11.8	15.1
Calcio (%)	<0.3	2.5	3.0	0.0	11.8	2.4
	0.3 a <1	38.3	45.5	78.2	52.9	55.5
	1 a <2	33.3	33.3	14.1	23.5	25.4
	2 a <4	22.2	9.1	6.4	5.9	12.8
	4 a <6	2.5	9.1	1.3	5.9	3.4
	>6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.5
Fósforo (%)	<0.2	58.5	68.6	53.1	52.9	57.7
	0.2 a 0.4	41.5	31.4	45.6	47.1	41.8
	>0.4	0.0	0.0	1.3	0.0	0.5
Relación Ca/P	<1	1.2	0.0	1.3	0.0	0.9
	1 a <3	18.5	24.2	32.1	35.3	25.8
	3 a <7	30.9	39.4	46.2	47.1	39.3
	>7	49.4	36.4	20.5	17.6	34.0
Magnesio (%)	<0.1	4.3	7.4	1.6	0.0	3.5
	0.1 a 0.4	78.6	81.5	85.3	75.0	81.2
	>0.4	17.1	11.1	13.1	25.0	15.3

Continua...

Cuadro 10. Continuación...

NUTRIENTE	CONCENTRACION EN LA MATERIA SECA	ZONA				ESTADO (n = 215)
		CENTRO (n= 82)	SUR (n= 36)	ORIENTE (n=80)	COSTA (n= 17)	
		Proporción de muestras que caen en el rango (%)				
Relación Ca/Mg	<2	12.9	7.4	19.7	31.3	15.9
	2 a <4	24.3	33.3	52.5	43.8	37.8
	4 a 8	48.6	37.0	19.7	25.0	34.0
	>8	14.3	22.2	8.2	0.0	12.2
Relación P/Mg	<1	74.2	74.1	59.0	81.2	69.1
	1 a 3	22.9	18.5	41.0	18.8	28.6
	>3	2.9	7.4	0.0	0.0	2.3
Sodio (%)	<0.08	91.5	94.2	93.7	41.2	88.7
	0.08 a 0.16	8.5	2.9	3.8	23.5	7.0
	0.16 a 0.050	0.0	2.9	2.5	5.9	1.9
	0.50 a 1.00	0.0	0.0	0.0	23.5	1.9
	>1.00	0.0	0.0	0.0	5.9	0.5
Potasio (%)	<0.65	12.2	2.9	5.2	23.5	8.9
	0.65 a 3.0	84.1	94.2	92.2	76.5	88.3
	>3.0	3.7	2.9	2.6	0.0	2.8
Cobre (ppm)	<8	59.3	42.9	74.4	76.5	63.4
	8 a 16	37.0	45.7	21.8	23.5	31.8
	>16	3.7	11.4	3.8	0.0	4.8
Hierro (ppm)	<50	0.0	5.7	3.8	0.0	2.4
	50 a <100	37.5	45.7	57.0	52.9	47.3
	100 a 300	61.2	42.9	39.2	47.1	48.9
	>300	1.3	5.7	0.0	0.0	1.4
Zinc (ppm)	5 a <10	0.0	2.9	5.1	23.5	4.2
	10 a <20	17.3	14.3	36.7	35.3	25.4
	20 a <30	40.7	42.9	34.2	29.4	37.8
	30 a 60	38.3	34.3	21.5	11.8	29.3
	>60	3.7	5.6	2.5	0.0	3.3

Cuadro 10. Continuación...

		ZONA				
NUTRIENTE	CONCENTRACION EN	CENTRO	SUR	ORIENTE	COSTA	ESTADO
	LA MATERIA SECA	(n= 82)	(n= 36)	(n=80)	(n= 17)	(n = 215)
Proporción de muestras que caen en el rango (%)						
Manganeso	<40	68.3	28.6	57.0	58.9	56.7
	40 a 80	25.6	45.7	36.7	23.5	32.9
	>80	6.1	25.7	6.3	17.6	10.4

n = número de muestras

El NRC (1984) señala que el requerimiento para un becerro de 250 Kg de peso vivo y una ganancia diaria de 500g es como sigue: P.C., 9.2%; Ca, 0.3%; P, 0.2%; Mg, 0.1%; K, 0.65%; Cu, 8 ppm; Fe, 50 ppm; Zn, 30 ppm; Mn, 40 ppm.

(antes meq/100g), que de acuerdo con Vázquez y Bautista (1993) se clasifica como un suelo con alto contenido de Ca intercambiable (Cuadro 11). Además, el agua de bebida, si bien no aporta grandes cantidades a la dieta del animal (3.3% del requerimiento; Cuadro 12), favorece la no presentación de deficiencias al sumarse al aporte de Ca que hacen el forraje y el suplemento, en el caso de los ranchos que lo utilizan. Cabe señalar que los suplementos empleados en el estado son diversos, aunque, los más utilizados son los concentrados, sal común, sales minerales, así como gallinaza y pollinaza. Dentro de los suplementos analizados, los minerales tuvieron un contenido de Ca desde 0.02% (Sal en bloque) hasta 23.13% (Micromins), mientras que los concentrados presentaron 1.86% (Campiforraje) y 0.68% (ganado de engorda/ARIC); de tal modo que el aporte de Ca a la dieta del animal va de 0.04% hasta 92.79% del requerimiento animal (Cuadros 13 y 14). Es necesario mencionar que la gallinaza y la pollinaza del estado con base en su contenido de Ca (9.59 y 3.01% respectivamente), reportado por Moguel *et al.* (1995), llegan a cubrir hasta el 479.5% del requerimiento animal (Cuadros 13 y 14).

No se encontraron reportes científicos sobre el contenido mineral del ganado bovino en el estado de Yucatán. En forrajes, Millán *et al.* (1990), señalan que el pasto guinea en el oriente del estado presenta un contenido promedio de 0.64% de Ca (similar a lo encontrado en este estudio; Cuadro 15). En el caso de los suelos, Duch (1988) establece una concentración promedio de 23.7 meq/100g para la entidad (Cuadro 1), similar a lo encontrado en el presente trabajo. Por su parte, Méndez (1989) en el sur de Quintana Roo encontró que el 1.5% de los forrajes (n= 67) contenía menos de 0.3% de Ca; los suelos presentaban 49.18 meq/100g, mientras que el agua cubría

Cuadro 11. Contenido mineral, pH y conductividad eléctrica (C.E.) en los suelos del estado de Yucatán.

	Ca	Mg	Na	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn	pH	C.E. mmhos/cm
	Cmol(+) Kg ⁻¹				ppm						
PROMEDIO	21.3	3.4	0.8	1.7	11.75	1.16	22.49	1.98	42.85	7.7	0.7
VALOR MINIMO	9.1	1.3	0.3	0.4	1.4	0.16	8.31	0.28	0.00	6.7	0.1
VALOR MAXIMO	33.0	7.3	6.5	4.0	40.28	4.02	55.62	11.05	286.18	8.5	7.9
DESV. STD. DE LA MEDIA	4.3	1.3	0.8	0.8	9.74	0.80	11.52	2.05	48.51	0.4	0.9

Criterio de clasificación con base en el contenido mineral, pH y conductividad eléctrica del suelo.*

Muy pobre	<2	<0.5	<0.2								
Bajo	2 - 5	0.5 -1.3	0.2 - 0.3	< 5.5	< 0.2	< 2.5	< 0.5	< 1.0			
Medio	5 - 10	1.3 -3.0	0.3 - 0.6	5.5-11	---	2.5- 4.5	0.5-1.0	---			
Alto	>10	> 3.0	> 0.6	> 11.0	> 2.0	> 4.5	> 1.0	> 1.0			
Muy ácido										< 5.5	
Acido										5.6 - 6.0	
Ligeramente ácido										6.1 - 6.5	
Neutro										6.6 - 7.3	
Alcalino										7.4 - 8.3	
Fuertemente alcalino										> 8.3	
Efecto de la salinidad casi nulo											< 2.0
Los rendimientos de los cultivos más sensibles pueden restringirse											2.0 - 4.0
Se reducen los rendimientos de muchos cultivos											4.0 - 8.0
Sólo los cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente											8.0-16.0
Sólo unos cuantos cultivos muy tolerantes rendirán satisfactoriamente											> 16.0

* Basado en Vázquez y Bautista (1993).

Cuadro 12. Contenido mineral en 89 muestras de agua del estado de Yucatán.

	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Cu	Zn	Mn
	ppm								
PROMEDIO	32.95	1.5	29.41	90.1	15.0	0.01	0.01	0.01	0.0
VALOR MAXIMO	231.58	5.5	91.76	488.1	11.9	0.06	0.04	0.12	0.0
VALOR MINIMO	0.0 ^a	0.2	1.75	4.0	1.4	0.00	0.00	0.00	0.0
DESV. STD. DE LA MEDIA	31.47	1.0	18.51	95.2	18.3	0.02	0.01	0.02	0.0
LIMITE DE DETECCION	0.024	0.008	0.002	0.004	0.01	0.028	0.002	0.0005	0.013
% cubierto del requerimiento ^b	3.30	0.023	8.91	34.1	0.7	0.07	0.23	0.07	0.0

^a Cuando el contenido de algún mineral sea denotado como 0 (cero), significa que la cantidad contenida en el agua se encontraba por debajo del nivel mínimo que podía detectarse mediante la técnica empleada.

^b El porcentaje cubierto de los requerimientos resulta de la relación entre el consumo mineral vía agua y el requerimiento animal. Este consumo mineral se estimó suponiendo un consumo voluntario de agua de 20 l/día y la concentración promedio del mineral; en tanto que el requerimiento animal se estimó según el NRC (1984), para un novillo de 250 Kg de peso vivo y una ganancia diaria de peso de 0.500 Kg.

Cuadro 13. Contenido mineral de varios suplementos empleados en el estado de Yucatán.

TIPO DE SUPLEMENTO		Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn	Co
		%					ppm				
C	CAMPIFORRAJE	1.86	0.96	0.32	0.42	0.88	102.9	747	139	278	0.2
C	ENGORDA/ARIC	0.68	0.69	0.16	0.17	0.43	7.6	116	50	34	0.0
S	SAL EN BLOQUE	0.02	0.11	0.02	34.56	0.11	3.1	347	7	813	21.1
M	SIN MARCA-1	12.38	3.16	0.23	9.63	0.41	155.4	27668 ^a	267	2073	66.8
S	SIN MARCA-2	14.66	11.11	1.88	7.12	0.36	814.8	21598 ^a	2969	4517	34.3
M	MICROMINS	23.13	0.83	0.23	11.38	0.10	51.7	4506	133	126	45.5
S	RUMISAL	12.39	4.88	0.42	10.19	0.53	82.7	16037 ^a	314	390	70.3
M	SOLUSAL	12.73	6.22	0.52	18.87	0.17	686.8	3992	1930	182	35.2
S	GALLINAZA	9.59	2.74	0.88	0.47	1.98	192.0	1300	403	395	9.0
M	POLLINAZA	3.01	1.87	0.16	0.47	1.82	154.0	800	112	250	7.0

C Concentrado.

S M Suplemento mineral.

* Tomado de Moguel *et al.*, 1995.

^a NOTA: En estos suplementos se observó a simple vista óxido de hierro usado como colorante el cual no es disponible para el animal.

Cuadro 14. Aporte a la dieta de los diferentes suplementos empleados en el estado de Yucatán.¹

SUPLEMENTO	Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn	Co
CAMPIFORRAJE	92.79	72.65	48.07	79.07	20.53	194.87	226.23	70.28	105.48	28.06
ENGORDA/ARIC	33.90	52.00	24.94	31.70	10.04	14.41	35.03	25.07	12.87	0.00
SAL EN BLOQUE	0.04	0.25	0.09	196.34	0.08	0.18	3.16	0.10	9.24	95.70
SIN MARCA-1	18.57	7.19	1.06	54.74	0.29	8.83	251.52	4.05	23.56	303.81
SIN MARCA-2	21.98	25.24	8.53	40.48	0.25	46.3	196.35	44.98	51.33	155.72
MICROMINS	46.87	1.89	1.07	64.67	0.07	2.94	40.97	2.01	1.43	207.00
RUMISAL	18.59	11.10	1.93	57.88	0.37	4.70	145.79	4.76	4.43	319.58
SOLUSAL	19.09	14.15	2.36	107.19	0.12	39.02	36.29	29.24	2.07	160.15
GALLINAZA	479.5	207.58	133.33	89.02	46.15	363.64	393.94	203.54	149.62	1363.64
POLLINAZA	150.5	141.67	24.24	89.02	42.42	291.67	242.42	56.57	94.7	1060.61
Requerimiento animal*	20	13.2	6.6	5.28	42.9	52.8	330	198	264	0.66
	gramos/animal/día					miligramos/animal/día				

Los datos se expresan como porcentaje del requerimiento que se cubriría vía suplemento en caso de que el alimento concentrado, la gallinaza y la pollinaza fueran consumidos a razón de 1Kg/animal/día. Para el suplemento mineral a libre acceso se estima un consumo de 0.030Kg/animal/día (Pinto, 1995).

* Según el NRC (1984) para un novillo de 250 Kg de peso vivo y una ganancia diaria de 0.500 Kg.

Cuadro 15. Efecto de la especie y zona sobre la calidad nutritiva de las 3 principales especies forrajeras colectadas en el estado de Yucatán.

ESPECIE FORRAJERA	ZONA DE MUESTREO	n	DMS	PC	Ca	P	Na	Mg	K	Cu	Fe	Zn	Mn
			%							ppm			
ESTRELLA	CENTRO	12	53.94 ^a (6.96)	12.51 ^a (2.78)	0.80 ^a (0.36)	0.25 ^a (0.03)	0.05 ^a (0.03)	0.18 ^b (0.05)	1.32 ^a (0.23)	7.27 ^a (1.26)	99 ^a (30)	29.41 ^{ab} (5.71)	27.76 ^a (12.3)
	SUR	6	49.63 ^a (4.43)	12.00 ^a (1.93)	0.63 ^a (0.42)	0.24 ^a (0.07)	0.03 ^a (0.01)	0.19 ^b (0.07)	1.47 ^a (0.56)	8.27 ^a (1.62)	153 ^a (102)	28.75 ^b (6.08)	41.40 ^a (13.18)
	ORIENTE	6	60.80 ^a (3.81)	12.70 ^a (3.73)	0.46 ^a (0.10)	0.31 ^a (0.08)	0.04 ^a (0.01)	0.18 ^b (0.02)	1.45 ^a (0.15)	9.00 ^a (3.33)	109 ^a (26)	33.57 ^a (4.84)	49.15 ^a (22.20)
	COSTA	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GUINEA	CENTRO	13	54.24 ^a (9.67)	9.87 ^a (3.25)	0.82 ^a (0.45)	0.19 ^a (0.05)	0.03 ^a (0.01)	0.21 ^b (0.08)	1.53 ^a (0.44)	7.45 ^a (1.77)	121 ^a (35)	26.86 ^b (8.74)	39.60 ^a (16.14)
	SUR	8	52.48 ^a (7.57)	10.31 ^a (3.44)	0.88 ^a (0.48)	0.18 ^a (0.05)	0.03 ^a (0.01)	0.25 ^{ab} (0.12)	1.22 ^a (0.21)	8.02 ^a (4.80)	92 ^a (34)	21.36 ^{bc} (7.72)	55.34 ^a (34.91)
	ORIENTE	32	57.63 ^a (6.46)	11.15 ^a (2.71)	0.69 ^a (0.21)	0.20 ^a (0.05)	0.03 ^a (0.02)	0.25 ^{ab} (0.09)	1.26 ^a (0.48)	6.85 ^a (1.44)	95 ^a (45)	16.83 ^c (5.06)	40.69 ^a (21.57)
	COSTA	5	60.48 ^a (8.26)	14.22 ^a (4.27)	1.07 ^a (0.21)	0.28 ^a (0.04)	0.06 ^a (0.02)	0.35 ^a (0.05)	1.13 ^a (0.48)	6.48 ^a (1.60)	149 ^a (83)	25.39 ^b (6.17)	50.65 ^a (21.36)
TAIWAN	CENTRO	14	50.96 ^a (11.50)	7.02 ^a (2.49)	0.66 ^a (0.21)	0.18 ^a (0.07)	0.03 ^a (0.02)	0.33 ^a (0.21)	1.44 ^a (0.86)	6.73 ^a (2.02)	116 ^a (47)	38.90 ^a (16.36)	24.69 ^a (12.59)
	SUR	2	52.16 ^a (3.51)	11.08 ^a (4.87)	0.70 ^a (0.17)	0.11 ^a (0.01)	0.02 ^a (0.00)	0.06 ^c (0.05)	1.48 ^a (0.46)	5.32 ^a (0.42)	65 ^a (17)	22.65 ^b (15.32)	51.62 ^a (35.71)

Continúa.....

Cuadro 15. Continuación...

ESPECIE	ZONA	n	DMS	PC	Ca	P	Na	Mg	K	Cu	Fe	Zn	Mn
			%							ppm			
TAIWAN	ORIENTE	11	52.66 ^a (6.45)	7.43 ^a (3.43)	0.74 ^a (0.43)	0.15 ^a (0.08)	0.03 ^a (0.01)	0.27 ^{ab} (0.09)	1.35 ^a (0.73)	5.44 ^a (2.26)	112 ^a (42)	29.00 ^{ab} (14.82)	26.16 ^a (13.74)
	COSTA	3	45.07 ^a (2.28)	6.50 ^a (1.75)	0.36 ^a (0.09)	0.17 ^a (0.06)	0.04 ^a (0.01)	0.22 ^{ab} (0.05)	1.41 ^a (0.40)	4.64 ^a (3.43)	162 ^a (61)	22.92 ^b (21.94)	22.01 ^a (8.96)
	p≤		0.649	0.558	0.408	0.094	0.668	0.009	0.781	0.109	0.231	0.005	0.617

^{a, b, c} Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre combinaciones de especie y zona

Desviación estándar entre paréntesis.

n número de muestras.

DMS Digestibilidad de la materia seca.

PC Proteína cruda.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre combinaciones de especie y zona.

entre el 16.9% y el 75.3% del requerimiento animal (valores más altos a los aquí reportados). Para el estado de Campeche, Fernández y Juárez (1993) reportan que el 64% de los animales ($n = 558$) eran deficientes en Ca (81.3% para la época seca, $n = 254$; y 48.0% para lluvias, $n = 304$), lo cual relacionan con un daño renal debido a una severa deficiencia de Cu más que a la falta de Ca en la dieta. Por su parte, Hernández (1993) reporta que durante la época de lluvias el 40% de los forrajes ($n = 41$) presenta un contenido de Ca inferior a 0.3%; el 55% se encuentra entre 0.3 y 1.0%; y el restante 5% contiene más de 1% de Ca.

Con base en las concentraciones encontradas en el presente estudio para los forrajes, suelo, agua de bebida y los diferentes suplementos, más que esperar una deficiencia de Ca en los animales, cabría suponer el riesgo de toxicidad; ya que una alta proporción de los forrajes contiene arriba de 2.0% de Ca (Cuadro 10); además del fuerte aporte que dan algunos suplementos. Aunque no ha sido determinada la concentración de Ca en el tejido animal que represente toxicidad, cabe señalar que el 7.9% de los animales presentó entre 60 y 70% de Ca en las cenizas de hueso, en tanto que el 3.16% de los animales presentan entre 70 y 80%. De ser éste el caso, diversos disturbios se presentarían en el animal, tales como: 1) disminución en la eficiencia de absorción de P, Na, K, Mg, Cu, F, Fe, Zn, y Mn (Kutsky, 1981); 2) aparición de cálculos renales (Emerick y Embry, 1962; citado por Hernández, 1993); 3) osteoporosis, como resultado de la deposición continua de Ca en hueso y una limitada resorción; 4) disminución en la digestibilidad de la energía y la proteína del alimento; y 5) disminución en el consumo de alimento lo que a su vez causa una menor producción (McDowell, 1985; NRC, 1984).

Fósforo. La incidencia de deficiencia de P en los animales alcanzó el 64.1% (n= 911; Cuadro 9), lo cual puede estar relacionado con el elevado número de muestras de forraje (57.8%) con menos de 0.2% de P (requerimiento animal; Cuadro 10). Aunado a lo anterior, la relación Ca/P es en una tercera parte de los casos es superior a 7, que de acuerdo con Wise *et al.* (1963; citado por McDowell, 1985) resulta detrimental para el crecimiento del ganado y la eficiencia alimenticia.

En promedio el contenido de P en el suelo es elevado (11.8 ppm; Cuadro 11); sin embargo, el pH del suelo no favorece la absorción del mismo por la planta (Buckman y Brady, 1977), además el 59% de las muestras (n= 89) contiene menos de 11 ppm, lo cual de acuerdo con Vázquez y Bautista (1993) corresponde a un suelo con contenido de P medio o bajo. El agua de bebida prácticamente no aporta P a la dieta del animal (0.023% del requerimiento; Cuadro 12). En cuanto a los suplementos minerales, éstos varían mucho en su contenido de P (Cuadro 13), desde 0.11% (Sal en bloque) hasta 11.11% (Sin marca-2); los concentrados presentaron 0.96% (Campiforraje) y 0.69% (Ganado de engorda/ARIC), en tanto que la gallinaza y la pollinaza contienen 2.74% y 1.87% respectivamente (Moguel *et al.*, 1995); de tal modo que el aporte de P a la dieta del animal oscila entre 0.25% y 207.58% del requerimiento animal (Cuadro 14). Dado que al menos 30% de los ranchos visitados suministra sales minerales, concentrados, gallinaza o pollinaza, cabría esperar que las deficiencias de P en el ganado tendieran a aliviarse, mas no a suprimirse en su totalidad.

Castellanos (1989) y Tepal *et al.* (1987) señalan que existe una baja concentración de P en el pasto guinea (entre 0.12 y 0.16%) y gran heterogeneidad en cuanto a la cantidad de P presente en los suplementos comerciales (0.1 - 9.8%). Millán

et al. (1990) reportan un contenido medio de P en el pasto guinea de 0.2 y 0.25% (n= 80) para las épocas de seca y lluvias respectivamente, en el oriente de la entidad. Duch (1988) establece una concentración promedio de 2.0 ppm para los suelos de la entidad (Cuadro 1), inferior a lo encontrado en el presente trabajo. Similarmente a lo encontrado, Méndez (1989) reportó que en Quintana Roo el 30.9% de los animales presentaron deficiencia de P (n= 414); y que el 64.2% de los forrajes (n= 67) contenía menos de 0.3% de P; los suelos presentaban 4.3 ppm (Bray-1), mientras que el agua cubría entre el 0.7% y el 1.1% del requerimiento animal. Para el estado de Campeche, Fernández y Juárez (1993) encontraron arriba del 95% de deficiencia en los animales (n= 558), mientras que Hernández (1993) reporta que el 47.5% de los forrajes (n= 41) presentan durante la época húmeda un contenido de P inferior a 0.2%.

Dado que la deficiencia de P está presente en una buena parte de los animales, esto podría tener serias repercusiones sobre su productividad ya que la falta de P causa fragilidad de los huesos, debilidad general, pérdida de peso, apetito depravado, incrementa la incidencia de fracturas, disminuye la velocidad de crecimiento y la producción de leche, incrementa el intervalo entre partos y debilita el sistema inmune (McDowell, 1985; Minson, 1990); lo cual puede evitarse a través de suplementar P.

Magnesio. Mg fue deficiente en 0.8% de los animales (n= 911; Cuadro 9), lo que concuerda con el bajo porcentaje (3.5%) de muestras de forraje conteniendo menos de 0.1% de Mg (requerimiento animal; Cuadro 10). También los datos de suelo muestran en promedio un contenido elevado de Mg ($3.4 \text{ Cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$; Cuadro 11) que de acuerdo con Vázquez y Bautista (1993) corresponde a un suelo con alto contenido de Mg

intercambiable. Aún cuando el agua de bebida no aporta grandes cantidades de Mg a la dieta del animal (8.91% del requerimiento; Cuadro 12), esto se suma al aporte que hacen los distintos suplementos, que van desde 0.09% hasta 133.33% del requerimiento animal (Cuadros 13 y 14), por lo que sin duda el requerimiento de Mg en el ganado se encuentra satisfecho.

Excepto para las excretas avícolas (Moguel *et al.*, 1995), no se encontraron estudios publicados donde se determinara el contenido de Mg en forrajes y suplementos. Para el caso de los suelos, Duch (1988) establece una concentración promedio de 8.7 ppm para la entidad (Cuadro 1), mayor a lo reportado en este trabajo. Méndez (1989) reportó que en Quintana Roo el 7.4% de los animales presentaron deficiencia de Mg ($n=414$); y que el 28.4% de los forrajes ($n=67$) contenía menos de 0.2% de Mg; los suelos presentaban $10.98 \text{ Cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ mientras que el agua cubría del 26.5% al 59.4% del requerimiento animal. Para el estado de Campeche, Fernández y Juárez (1993) encontraron sólo 0.4% de animales deficientes en Mg ($n=558$), en tanto que Hernández (1993) reporta que el 7.5% de los forrajes ($n=41$) de ese mismo estado presenta un contenido de Mg menor a 0.1%. Si se suma el aporte de Mg que realizan el forraje, los suplementos y el agua de bebida a la dieta del animal, cabría la posibilidad de que se genere toxicidad de Mg, por las siguientes razones: 1) Una alta proporción de los forrajes (81.4%) contiene entre 0.1 y 0.4% de Mg; 2) el 15.3% de los forrajes contiene más de 0.4% de Mg; 3) el aporte de Mg que hacen los diferentes suplementos es alto (Cuadro 14); y 4) el agua aporta el 8.91% del requerimiento animal. Sin embargo, no ha quedado establecido el nivel de Mg en los tejidos que señale toxicidad en algún tejido del ganado, y únicamente el 20.98% de los animales presentaron entre

1.0 y 6.16% de Mg en las cenizas del hueso. Si bien el forraje es rico en Mg, también lo es en Ca de tal modo que la relación Ca/Mg es alta (Cuadro 10), lo que disminuirá la eficiencia de absorción del Mg (Kutsky, 1981). De esta manera, a pesar de que la cantidad de Mg en la dieta es alta, parece poco probable que ocurra una toxicidad en el animal.

Sodio. La concentración de Na no fue determinada en los animales. En tanto que los datos del forraje muestran que en el centro, sur y oriente del estado más del 90% de las muestras tiene un contenido menor a 0.08% de Na (requerimiento animal; Cuadro 10). Los datos de suelo muestran en promedio un contenido de $0.8 \text{ Cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ (Cuadro 11) lo que corresponde a un suelo deficiente en sodio (Aguilar, 1996; comunicación personal). Por otra parte, el agua de bebida cubre en promedio el 34.1% de las necesidades de Na del ganado (Cuadro 12). Por lo tanto, es de esperarse que la suma de forraje y agua no cubran la totalidad de los requerimientos de Na del ganado.

Millán *et al.* (1990), mencionan que el contenido de Na para el pasto guinea en el oriente de la entidad es de 0.5%, aunque esto lo atribuye a la proximidad de la zona con la franja marítima¹. En los suelos, Duch (1988) establece una concentración promedio de 2.5 meq/100g para la entidad (Cuadro 1), mayor a lo reportado en este trabajo. En Quintana Roo, Méndez (1989) reporta que el agua cubre del 19.7% al 167.6% del requerimiento animal. Para el estado de Campeche no se reportan datos de Na.

¹ Estos autores muestrearon pasto tanto en el oriente de Yucatán -donde se esperan bajos niveles de Na- como en la zona costera de esa misma región -donde se esperan altos niveles- de ahí que la media que reportan sea de valores un poco altos.

Mención aparte requiere la zona costera donde el 58.8% de las muestras contienen entre 0.08 y 1.12% de Na. El suelo presenta valores de $2.1 \text{ Cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$, muy por encima del promedio para el estado. El agua de bebida a su vez contiene 267.7 ppm, lo que representa el 101.3% del requerimiento animal en base al consumo estimado (Cuadro 12). Este alto contenido de Na en los pastos, suelos y agua se explica por su proximidad al mar que provoca la infiltración de agua marina. Por lo tanto, y a diferencia de otras regiones, al parecer, el ganado de la costa no presentará deficiencias de Na.

La deficiencia de Na en los animales se manifiesta como voracidad por la sal, demostrado por el ávido consumo de madera, suelo y el sudor de otros animales y por el consumo de agua (McDowell, 1985). Sin embargo, ésta puede ser fácilmente contrarrestada a través de varios suplementos (Cuadro 14), y en especial mediante el uso de suplementos minerales. Al respecto, durante las entrevistas realizadas a los propietarios de los ranchos, se constató que el 11.4%, el 9.1% y el 43.2% del ganado recibe rutinariamente sal común, sal mineralizada y/o demás suplementos, por lo que seguramente no se encontraría deficiencia en el ganado de dos tercios de los productores (Cuadro 7).

Potasio. Al igual que Na, potasio no se midió en los animales. Los datos de forraje muestran que el 88.2% de las muestras contenían entre 0.65 y 3.0%, por lo que no se esperan deficiencias ni excesos de K en el animal. Los datos de suelo muestran en promedio un contenido de $1.7 \text{ Cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ (Cuadro 11) lo que corresponde a un suelo alto en potasio (Vázquez y Bautista, 1993). El agua de bebida cubre el 0.7% de

las necesidades de K (Cuadro 12). Dado que la concentración de K en la mayoría de los forrajes se encuentra por encima del nivel requerido por el ganado y tomando en cuenta el aporte que hacen el agua y los suplementos (Cuadro 14), sería poco probable la presentación de deficiencias severas en el ganado. Esta suposición es apoyada por la literatura (McDowell *et al.*, 1984) que señala la poca probabilidad de que se presenten deficiencias de K en ganado en pastoreo.

Para el estado de Yucatán únicamente se encontraron reportes de valores de K en suelo: 0.6 meq/100g (Duch, 1990; Cuadro 1). No se reportan datos para el estado de Quintana Roo excepto para agua (Méndez, 1989) la cual cubre menos del 1.0% del requerimiento animal. Para el estado de Campeche, Hernández (1993) reporta que el 92.5% de los forrajes cubre con el requerimiento animal (n= 41).

Cobre. La proporción de animales deficientes en Cu fue de 12.8% (n= 911; Cuadro 9), lo cual concuerda con el 63.5% de las muestras de forraje colectadas con menos de 8 ppm de Cu (requerimiento animal; Cuadro 10). Los resultados encontrados en el suelo apoyan lo anterior, ya que el contenido de Cu (1.16 ppm) se encuentra por debajo del nivel adecuado (2 ppm; Cuadro 11) además de que el pH alcalino no favorece la absorción de Cu por las plantas (Buckman y Brady, 1977). El agua de bebida prácticamente carece de Cu por lo que es escaso su aporte a la dieta del animal (0.23% del requerimiento; Cuadro 12). Los suplementos minerales varían mucho en contenido de Cu (Cuadro 13), desde 3.1 ppm (Sal en bloque) hasta 814.8 ppm (Sin marca-2); los concentrados presentan 102.9 ppm (Campiforraje) y 7.6 ppm (Ganado de engorda/ARIC), en tanto que la gallinaza y la pollinaza contienen (según

Moguel *et al.*, 1995) 192.0 ppm y 154.0 ppm respectivamente; de tal modo que el aporte de Cu a la dieta del animal oscila entre 0.18% y 363.64% del requerimiento animal (Cuadro 14). Dado que al menos 30% de los ranchos visitados suministran sales minerales, concentrados, gallinaza o pollinaza, es de esperar que las deficiencias de Cu en el ganado tiendan a aliviarse, sobre todo por el uso de la gallinaza y pollinaza, más no a suprimirse en su totalidad, situación que pudo constatararse por medio de la apreciación visual de los signos de deficiencia (decoloración del pelo, despigmentación alrededor del ojo).

Castellanos (1989) reporta que la concentración media de Cu del pasto guinea en el oriente de Yucatán es de 4.7 ppm, mientras que en el centro 6 distintos forrajes promediaron 15.6 ppm, por lo que sugiere la suplementación de Cu al ganado. No obstante, Millán *et al.* (1990) reportan grandes diferencias en la concentración de Cu en el pasto guinea entre las épocas de lluvias y seca (5.3 ppm y 18.8 ppm, respectivamente; $n = 80$) en la misma zona oriente. Según Castellanos (1989), los suplementos minerales comercializados en la región varían considerablemente en su contenido de Cu (7.3 ppm - 625 ppm; $n = 6$). Méndez (1989) reporta que en Quintana Roo el 74.4% de los animales eran deficientes en Cu ($n = 448$); y el 56% de los forrajes ($n = 67$) contenía menos de 10 ppm; los suelos y el agua presentaron ausencia total de Cu. Para el estado de Campeche, Fernández y Juárez (1993) encontraron que el 18.2% de los animales contenían en el hígado menos de 100 ppm ($n = 558$), mientras que Hernández (1993) reporta que el 80% de los forrajes ($n = 41$) presenta un contenido de Cu inferior a 8 ppm.

Hierro. La proporción de animales deficientes en Fe fue de 27.1% (n= 911; Cuadro 9); no obstante que el 97.6% de las muestras de forraje colectadas contiene más de 50 ppm de Fe (requerimiento animal; Cuadro 10). Los suelos, muestran un alto contenido de Fe (22.49 ppm; Cuadro 11) y el agua de bebida presenta un bajo contenido de Fe por lo que es escaso su aporte a la dieta del animal (0.07% del requerimiento; Cuadro 12). Los suplementos minerales presentan un contenido de Fe (Cuadro 13), desde 347 ppm (Sal en bloque) hasta 27668 ppm (Sin marca-1); los concentrados presentan 747 ppm (Campiforraje) y 116 ppm (Ganado de engorda/ARIC), en tanto que la gallinaza y la pollinaza tienen 1300 ppm y 800 ppm respectivamente (Moguel *et al.*, 1995); por lo tanto el aporte de Fe a la dieta del animal varía entre 3.16% y 393.94% del requerimiento animal (Cuadro 14), vía suplementos. En vista de que no menos del 30 % de los ranchos visitados suministran sales minerales, concentrados, gallinaza o pollinaza y sumado al aporte de Fe a la dieta a través del forraje y agua es de esperar que las deficiencias de Fe en el ganado no existieran. Contrariamente, las deficiencias en el ganado fueron del orden del 27%. Esto en buena parte podría originarse por la elevada concentración de Ca y Mg en la dieta, quienes interfieren fuertemente con la absorción de Fe (Kutsky, 1981).

Castellanos (1989) encontró 115 y 121 ppm de Fe en los pastos del oriente y centro del estado de Yucatán respectivamente y en suplementos de 45 ppm a 4300 ppm. En Quintana Roo, Méndez (1989) reporta 1.89 ppm de Fe en suelo y para Campeche Fernández y Juárez (1993) encontraron deficiencias de Fe en el 24.2% de los animales (n= 558). Hernández (1993) reporta que el 16.2% de los forrajes (n= 41) muestreados en Campeche presenta un contenido de Fe inferior a 50 ppm.

Zinc. La proporción de animales deficientes en Zn fue de 2.9% (n= 911; Cuadro 9). Sin embargo, el 67% de las muestras de forraje contenía menos de 30 ppm de Zn (requerimiento animal; Cuadro 10). En suelo, el contenido promedio fue de 1.98 ppm de Zn, que de acuerdo con Vázquez y Bautista (1993) se clasifica como un suelo con alto contenido de Zn (Cuadro 11), aunque el pH alcalino no facilite la absorción por la planta. El agua de bebida no aporta grandes cantidades de Zn a la dieta (0.07% del requerimiento; Cuadro 12), por lo que es de esperarse que el mayor aporte de Zn a la dieta del animal lo hagan los suplementos, en el caso de los ranchos que lo utilizan. Dentro de los suplementos analizados, los minerales tuvieron un contenido de Zn desde 7 ppm (Sal en bloque) hasta 2969 ppm (Sin marca-2); los concentrados presentaron 139 ppm (Campiforraje) y 50 ppm (ganado de engorda/ARIC); de tal modo que el aporte de Zn a la dieta del animal por este conducto va de 0.10% hasta 70.28% del requerimiento animal (Cuadros 13 y 14). La gallinaza y la pollinaza del estado, en base a su contenido de Zn (403 ppm y 112 ppm respectivamente; Moguel *et al.*, 1995), llegan a cubrir hasta el 203.54% del requerimiento animal (Cuadros 13 y 14). Si sumamos el aporte de Zn por medio de las distintas fuentes que componen la dieta del animal, cabría esperar una menor proporción de animales deficientes de lo que sugiere el forraje.

Millán *et al.* (1990) en el oriente del estado, señalan que el pasto guinea presenta una enorme variación en el contenido de Zn entre las épocas de lluvias y seca, con un contenido promedio para cada una de 24.2 ppm y 34.8 ppm, respectivamente. Por otra parte, Castellanos (1989) reporta que el contenido de Zn en los pastos del mismo lugar es de 20.3 ppm. Méndez (1989) en Quintana Roo, encontró

el 19.9% de muestras de forraje (n= 67) con menos de 40 ppm de Zn; los suelos presentaban 2.94 ppm, mientras que el agua cubría entre el 1.5% y el 2.5% del requerimiento animal. Para el estado de Campeche similar a lo encontrado en Yucatán, Fernández y Juárez (1993) reportaron que el sólo el 1.8% de los animales (n= 558) eran deficientes en Zn; en tanto que Hernández (1993) reporta que el 56.1% de los forrajes (n= 41) presenta un contenido de Zn inferior a 30 ppm.

Manganeso. Para el caso de Mn la deficiencia en los animales fue de 15.7% (n= 911; Cuadro 9), lo que pudiera explicarse parcialmente por la cantidad de muestras de forraje (56.7%) conteniendo menos de 40 ppm de Mn (requerimiento animal; Cuadro 10); aunque los datos de suelo muestran un elevado contenido de Mn (42.85 ppm; Cuadro 11) el pH no favorece su asimilación por las plantas (Buckman y Brady, 1977). Por otro lado, el agua de bebida no aporta Mn a la dieta del animal (Cuadro 12), de tal manera que un aporte considerable de Mn debe provenir de los distintos suplementos, cuyo contenido va de 126 ppm (Micromins) hasta 4517 ppm (Sin marca-2); los concentrados presentan 278 ppm (Campiforraje) y 34 ppm (Ganado de engorda/ARIC), en tanto que la gallinaza y la pollinaza del estado, según Moguel *et al.* (1995), tienen 395 ppm y 250 ppm respectivamente; de tal modo que el aporte de Mn a la dieta del animal oscila entre 1.4% y 149.6% del requerimiento animal (Cuadro 14). Dado que mínimamente el 30% de los ranchos visitados suministran sales minerales, concentrados, gallinaza o pollinaza, es de esperarse que la deficiencia de Mn en el ganado no sea grave, tal y como lo demuestran los datos.

Millán *et al.* (1990), determinaron el contenido de Mn en el pasto guinea, el cual presenta una concentración de 63 ppm (versus 40.69 ppm en este estudio; Cuadro 14). Por su parte, Méndez (1989) no reporta datos sobre concentración de Mn en el estado de Quintana Roo. Para el estado de Campeche, Fernández y Juárez (1993) encontraron el 3.7% de deficiencia en los animales (n= 558), en tanto que Hernández (1993) reporta que el 80.5% de los forrajes (n= 41) presenta un contenido de Mn menor a 40 ppm para ese mismo estado.

En resumen, el ganado del estado de Yucatán presenta una mínima incidencia de deficiencias en Mg, Zn y Ca; moderadas en Cu, Mn y Fe; y fuertes en P, lo cual puede explicarse en base a las concentraciones de elementos en suelo, agua, forraje y suplementos.

4.2. Efecto de zona sobre la incidencia de deficiencias minerales.

En una primera aproximación, el estado de Yucatán presenta diferencias en cuanto a suelos, clima y especies forrajeras, lo cual proporciona un indicio de que el ganado presentará diferentes perfiles minerales. En el Cuadro 16 se muestra el porcentaje de animales deficientes para las 4 zonas en que fue dividida la entidad. Se puede observar que el número de animales muestreados para la costa es de 9, pertenecientes a un solo rancho, ubicado en el municipio de San Felipe. Para el sur únicamente fue posible muestrear 16 animales pertenecientes a 6 ranchos de

diferentes municipios. El bajo número de muestras obedece en el caso de la costa, a la baja productividad de los pocos ranchos que ahí se encuentran; en tanto que en el sur esto obedece a la lejanía de la región con respecto a los centros de acopio muestreados; por lo que dichos valores se consideran poco confiables y se preferirá centrar la discusión en el efecto de zona sobre los forrajes y el suelo para llegar a estimar las distintas necesidades de elementos minerales a suplementar en el ganado.

Cuadro 16. Efecto de zona sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.

ZONA	n	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
		% DE ANIMALES DEFICIENTES						
CENTRO	131	6.6 ^a	63.8 ^a	1.1 ^a	24.2 ^a	28.1 ^a	4.1 ^a	17.5 ^a
SUR	16	0.0 ^a	90.0 ^a	0.0 ^a	20 ^{ab}	31.3 ^a	0.0 ^a	6.3 ^a
ORIENTE	755	4.6 ^a	67.4 ^a	0.8 ^a	10.8 ^b	26.8 ^a	2.7 ^a	15.0 ^a
COSTA	9	0.0 ^a	85.7 ^a	0.0 ^a	0.0 ^c	40.0 ^a	0.0 ^a	33.3 ^a
p≤		0.7	0.24	0.99	0.04	0.31	0.61	0.45

n número de muestras.

a, b, c Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre zonas.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre zonas.

En el Cuadro 17 se muestran los resultados de digestibilidad, contenido de proteína y de minerales para todas las especies colectadas en las distintas zonas del estado. En el caso de la digestibilidad puede observarse que las especies del oriente (principalmente pastos, junto con algunas herbáceas y rastreras) presentan una digestibilidad promedio de 57.96%, muy similar a la media mundial para pastos tropicales reportada por Minson (1990) de 54%. La menor digestibilidad se halla en las

Cuadro 17. Efecto de la zona de muestreo sobre la calidad nutritiva en muestras de forraje recolectado en el estado de Yucatán.

ZONA	n	DMS	PC	Ca	P	Na	Mg	K	Cu	Fe	Zn	Mn
		%							ppm			
CENTRO	82	47.42 ^c	12.57 ^a	1.37 ^a	0.19 ^a	0.03 ^b	0.28 ^a	1.26 ^a	7.92 ^a	115 ^a	29.05 ^a	36.16 ^b
SUR	36	48.38 ^{bc}	12.45 ^a	1.20 ^a	0.18 ^a	0.03 ^b	0.22 ^a	1.32 ^a	9.05 ^a	108 ^a	29.26 ^a	55.16 ^a
ORIENTE	80	57.96 ^a	11.23 ^a	0.84 ^a	0.20 ^a	0.04 ^b	0.24 ^a	1.34 ^a	7.17 ^{ab}	97 ^a	23.26 ^{ab}	42.42 ^{ab}
COSTA	17	55.62 ^{ab}	11.38 ^a	0.95 ^a	0.21 ^a	0.19 ^a	0.31 ^a	1.05 ^a	5.75 ^b	121 ^a	20.50 ^b	32.82 ^b
p≤		0.01	0.99	0.71	0.44	0.001	0.10	0.84	0.01	0.95	0.01	0.001

n número de muestras.

^{a, b} Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre zonas.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre zonas.

especies de la zona centro, debido en buena parte a que el ganado consume una alta proporción de plantas arbustivas, en donde las partes que selecciona incluyen tanto hojas (digestibilidad similar a pastos) como ramas parcialmente leñosas (baja digestibilidad); éstas especies al mismo tiempo son ricas en proteína (Cuadro 18). Sin embargo, si en la zona centro se pueden encontrar arbustivas con alto contenido de proteína, cabría esperar un mayor contenido de proteína en este mismo sitio comparado con el oriente. Esto no sucede ($p > 0.05$) ya que los pastos de ésta última generalmente fueron más tiernos que los del centro (Cuadro 15). La concentración de P en forraje fue similar ($p \leq 0.44$) entre las distintas zonas (Cuadro 17), debido a que el contenido de P en los forrajes es muy bajo y poco variable como respuesta al bajo nivel de P en los suelos y la alcalinidad. El nivel de K fue estadísticamente el mismo entre zonas, con valores superiores al requerimiento animal, lo cual corrobora que la probabilidad de que se presente alguna deficiencia en la entidad es muy baja. No hubieron diferencias ($p > 0.05$) entre zonas en el contenido de calcio; no obstante, los valores fueron superiores al requerimiento animal. La concentración de Mg fue más alta en la costa dado que los suelos tienden a presentar mayor contenido de Mg y un pH más alto, lo cual favorece la absorción de Mg (Buckman y Brady, 1977); en contraste, en el sur el pH es menor y hay menos Mg en el suelo. La concentración más elevada de Na en los forrajes se presentó en la zona costera ($p \leq 0.001$; Cuadro 17) lo cual se asocia a la gran salinidad de sus suelos, de tal modo que tanto el agua como los forrajes presentan un marcado sabor salado. Lo anterior implica que si se desea suplementar minerales, esto no deberá hacerse a través de un suplemento mineral a libre acceso, donde el vehículo principal y saborizante sea sal común. La zona con

Cuadro 18. Efecto del tipo de forraje sobre la calidad nutritiva de especies forrajeras colectadas en el estado de Yucatán.

TIPO DE FORRAJE	n	DMS	PC	Ca	P	Na	Mg	K	Cu	Fe	Zn	Mn
		%							ppm			
ARBUSTOS y ARBOLES	47	42.32 ^a (14.86)	16.46 ^a (3.95)	2.36 ^a (1.32)	0.17 ^b (0.05)	0.04 ^a (0.18)	0.34 ^a (0.12)	0.98 ^c (0.43)	8.90 ^b (4.33)	108.20 ^a (52.43)	25.47 ^b (10.38)	41.55 ^a (45.62)
HIERBAS DE HOJA ANCHA	17	53.75 ^a (12.35)	17.29 ^a (3.95)	2.15 ^a (1.11)	0.23 ^a (0.08)	0.04 ^a (0.14)	0.34 ^a (0.02)	2.01 ^a (0.75)	11.57 ^a (6.03)	104.63 ^a (27.42)	37.04 ^a (14.91)	50.61 ^a (28.28)
GRAMINEAS	140	54.59 ^a (9.02)	10.07 ^b (3.63)	0.68 ^b (0.34)	0.20 ^{ab} (0.07)	0.04 ^a (0.12)	0.23 ^b (0.13)	1.32 ^b (0.58)	6.85 ^c (2.32)	107.68 ^a (53.58)	25.28 ^b (12.62)	39.83 ^a (25.25)
p≤		0.33	0.001	0.001	0.02	0.59	0.001	0.004	0.001	0.19	0.001	0.63

a, b, c Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre tipos de plantas.
Desviación estándar entre paréntesis.

n número de muestras.

DMS Digestibilidad de la materia seca.

PC Proteína cruda.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre tipos de forraje.

NOTA: En este análisis no se incluyen 11 muestras de forraje que no corresponden a ninguna de las 3 categorías citadas.

mayor contenido de Cu, Zn y Mn en los forrajes fue el sur ($p \leq 0.01$; Cuadro 17) debido en primer lugar a que los suelos tienen más Cu, Zn y Mn que en el resto del estado, y en segundo, a que el pH también es menor (Cuadro 19), lo que facilitará la absorción de estos minerales (Buckman y Brady, 1977). Aunque no hubieron diferencias estadísticas entre zonas para la concentración de Fe, en todas las zonas la concentración promedio cubre los requerimientos del ganado (Cuadro 17).

En resumen, las más altas concentraciones de microelementos se encontraron en la zona sur, excepto Fe; los valores de Na y Mg fueron mayores en la costa; en tanto que las especies con mayor digestibilidad se ubicaron en el oriente. Todo lo anterior implica, que al establecer estrategias de suplementación mineral deberán tenerse en cuenta estos hallazgos con el fin de asegurar la mayor efectividad posible.

4.3. Efecto de la época de muestreo sobre la incidencia de deficiencias minerales.

El cambio en la disponibilidad de forraje a través del año debido al régimen climático, hace necesario dividir el diagnóstico de minerales entre aquellos períodos que contrastan marcadamente en el aporte de estos elementos al ganado. Es así como en el Cuadro 20 se presenta el porcentaje de animales deficientes en minerales por época de muestreo. El único mineral que exhibió diferencias entre épocas fue Mn, para el cual durante la seca se presentó la mayor proporción de deficiencias a pesar de que no hubo diferencia en el contenido de Mn en el forraje entre seca y lluvias (Cuadro 21).

Cuadro 19. Efecto de la zona de muestreo sobre el contenido mineral en suelos del estado de Yucatán.

ZONA	n	Ca	Mg	Na	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn	pH	C. E. mmhos/cm
		Cmol(+)Kg ⁻¹					ppm					
CENTRO	38	21.39	3.06	0.73	1.64	14.32	1.35	24.13	2.46	35.03	7.8	0.7
	14	18.73	2.53	0.63	1.73	9.19	1.55	20.59	2.38	54.04	7.4	0.7
ORIENTE	31	21.57	3.81	0.66	1.70	7.71	0.84	17.29	1.25	47.41	7.6	0.4
COSTA	6	24.10	4.70	2.06	1.42	22.48	0.63	42.87	1.72	43.49	7.8	2.0

n= número de muestras.

Cuadro 20. Efecto de la época de muestreo sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.

EPOCA DE MUESTREO	n	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
		% DE ANIMALES DEFICIENTES						
SECA¹	502	2.48 ^a	69.61 ^a	0.65 ^a	9.20 ^a	25.36 ^a	3.78 ^a	21.36 ^a
LLUVIAS²	409	8.33 ^a	63.80 ^a	1.03 ^a	17.10 ^a	29.17 ^a	1.84 ^a	8.66 ^b
p≤		0.45	0.61	0.60	0.44	0.18	0.55	0.02

n número de muestras.

¹ Del 2 de enero al 2 de febrero de 1995.

² Del 15 de septiembre al 15 de octubre de 1995.

^{a, b} Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre épocas de muestreo.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre épocas de muestreo.

En el caso de los otros minerales, no existe una tendencia clara hacia mayor incidencia de deficiencias en una u otra época ($p > 0.05$). Diversos autores (Castellanos, 1989; Domínguez, 1993; Fernández y Juárez, 1993; García y Lazarín, 1992; González y Juárez, 1993; González y Ochoa, 1984; Gutiérrez *et al.*, 1993; Méndez, 1989; Millán *et al.*, 1990; Morúa y Hurtado, 1991) han reportado deficiencias minerales tanto en lluvias como en seca para el ganado y especies forrajeras en diferentes sitios de nuestro país sin que exista consistencia acerca de la época en que un mineral en particular es más deficiente. Por ejemplo, para el caso de Mg, en animales, Domínguez (1993) y González y Juárez (1993) reportan que hay mayor concentración de Mg en época de secas, mientras que Méndez (1989) y Fernández y Juárez (1993) mencionan que presentan más Mg en lluvias. Mas aún, García y Lazarín (1992) no encontraron diferencias en la concentración de Mg entre épocas. Lo anterior puede deberse a que

Cuadro 21. Efecto de la época de muestreo sobre la calidad nutritiva en muestras de forraje recolectado en el estado de Yucatán.

EPOCA DE MUESTREO	n	DMS	PC	Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn
		%							ppm			
SECAS¹	63	54.07 ^a	10.95 ^a	1.15 ^a	0.19 ^a	0.26 ^a	0.05 ^a	1.18 ^a	6.80 ^b	113 ^a	23.79 ^a	43.84 ^a
LLUVIAS²	152	50.46 ^a	12.39 ^a	1.10 ^b	0.20 ^a	0.26 ^a	0.04 ^b	1.33 ^a	8.03 ^a	105 ^a	27.31 ^a	39.96 ^a
p≤		0.64	0.88	0.001	0.88	0.74	0.03	0.61	0.04	0.66	0.21	0.82

n número de muestras.

¹ Del 2 de enero al 2 de febrero de 1995.

² Del 15 de septiembre al 15 de octubre de 1995.

^{a, b} Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre épocas de muestreo.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre épocas de muestreo.

en los animales la absorción de minerales depende de la fuente química del mineral, cantidad ingerida, pH intestinal, edad del animal así como de las interacciones entre minerales (Kutsky, 1981; NRC, 1984; Underwood, 1981) entre otros factores. Otra situación que debe considerarse es que todos los estudios evaluados en México han sido de corta duración (menos de 12 meses) por lo que cabe la duda acerca de si las diferencias encontradas entre épocas en un estudio determinado ocurrirán nuevamente en la misma forma y magnitud al año siguiente. Todo lo anterior implica que al pretender implementar estrategias de suplementación en función de la época, esto pudiera entrañar grandes dificultades a causa de la falta de consistencia en la ocurrencia de desbalances de uno o más minerales.

En resumen, las especies forrajeras de mayor digestibilidad se encuentran en el oriente, las de mayor concentración de microminerales en el sur, en tanto que las especies con más Na están en la costa. La incidencia de deficiencias minerales en el ganado se presentó independientemente de la época de muestreo, excepto para Mn.

4.4. Efecto del sexo, genotipo, edad y condición corporal del animal sobre la incidencia de deficiencias minerales.

Sexo. El Cuadro 22 muestra el porcentaje de animales deficientes por sexo; puede notarse que las mayores deficiencias para Fe y Mn se presentaron en las hembras ($p \leq 0.05$); no encontrándose diferencias ($p > 0.05$) para el resto de los minerales.

Cuadro 22. Efecto del sexo sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.

SEXO DEL ANIMAL	n	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
		% DE ANIMALES DEFICIENTES						
MACHO	646	4.95 ^a	68.42 ^a	0.94 ^a	11.57 ^a	22.90 ^b	2.33 ^a	13.24 ^b
HEMBRA	265	4.21 ^a	64.93 ^a	0.46 ^a	16.19 ^a	37.04 ^a	4.08 ^a	20.16 ^a
p≤		0.83	0.85	0.68	0.44	0.01	0.09	0.04

n número de muestras.

^{a, b} Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre sexos.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre sexos.

Underwood (1981) señala que el contenido de Cu es similar en ambos sexos. Otros estudios analizando el efecto del sexo sobre la concentración mineral señalan que hay más Ca en machos (García y Lazarín, 1992), más Fe en hembras (Fernández y Juárez, 1993) y más Fe en machos así como Ca y P en hembras (González y Juárez, 1993).

Genotipo. Para el efecto de genotipo, únicamente se observaron diferencias en el porcentaje de animales deficientes para Mn (Cuadro 23), siendo mayores para los animales con alto porcentaje de sangre europea. De acuerdo con el ARC (1980), cabría esperar una mayor cantidad de deficiencias en el ganado europeo debido a que su nivel productivo exige una mayor demanda de minerales.

Diversos autores han reportado diferencias entre genotipos en cuanto a digestión y metabolismo de minerales. Phillips (1956; citado por McDowell, 1985), reportó que en ovinos nativos y Rambouillet consumiendo una dieta deficiente en Co,

Cuadro 23. Efecto del genotipo sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.

GENOTIPO	n	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
		% DE ANIMALES DEFICIENTES						
1	57	7.89 ^a	63.16 ^a	0.00 ^a	16.98 ^a	25.93 ^a	3.77 ^a	5.77 ^b
2	666	5.33 ^a	68.51 ^a	0.91 ^a	12.24 ^a	28.62 ^a	3.07 ^a	17.26 ^a
3	188	1.92 ^a	64.81 ^a	0.61 ^a	14.29 ^a	22.62 ^a	1.82 ^a	11.76 ^{ab}
p≤		0.24	0.62	0.77	0.42	0.59	0.29	0.04

GENOTIPO:

1 Razas europeas (principalmente suizo);

2 Alto porcentaje de sangre europea (≥60%);

3 Alto porcentaje de sangre cebuina (>40%).

n número de muestras.

^{a, b} Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística (p≤.05) entre genotipos.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre genotipos.

la deficiencia únicamente apareció en la raza Rambouillet. Weiner *et al.* (1978) demostraron que las ovejas Welsh Mountain y Scottish Blackface difieren en su eficiencia para absorber Cu, reflejado en los niveles plasmáticos de Cu y en la sobrevivencia de los animales. Gooneratne *et al.* (1989) concluyen que la raza Simmental excreta más Cu a través de la bilis en comparación con otros genotipos de *Bos taurus*. Maas *et al.* (1984) por su parte, encontraron un defecto genético heredable asociado con la atrofia del timo, responsable de la deficiencia de Zn en las razas Friessian y Shorthorn. González *et al.* (1988), encontraron que el ganado cebú presenta una menor incidencia de deficiencias minerales en comparación con la raza Holstein. García y Lazarín (1992) y Fernández y Juárez (1993) no encontraron efecto

de genotipo sobre la concentración mineral del ganado en el centro de Chiapas y en Campeche, en tanto que González y Juárez (1993) reportan mayor nivel de Mn y Zn el ganado europeo de la costa de Chiapas.

Edad. La deficiencia de Fe fue mayor en animales adultos (Cuadro 24), no encontrándose diferencias para el resto de los minerales analizados. Al respecto, Miller (1979) y el NRC (1984) reportan que la edad afecta la cantidad de nutrientes requeridos, los cuales disminuyen en el animal adulto. Por su parte, Underwood (1981) señala que la concentración de Cu es mayor en animales jóvenes que en adultos. García y Lazarín (1992) no encontraron efecto de edad en el centro de Chiapas; Fernández y Juárez (1993) detectaron mayor cantidad de Zn en animales adultos para el estado de Campeche, mientras que González y Juárez (1993) reportan que hubo más Mn y P en el ganado joven de la costa de Chiapas.

Cuadro 24. Efecto de la edad sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.

EDAD	n	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
		% DE ANIMALES DEFICIENTES						
JOVEN	563	4.73 ^a	67.53 ^a	1.29 ^a	12.02 ^a	21.27 ^b	2.66 ^a	14.34 ^a
ADULTO	348	4.73 ^a	67.26 ^a	0.00 ^a	14.47 ^a	36.42 ^a	3.16 ^a	16.93 ^a
p≤		0.86	0.99	0.06	0.95	0.004	0.96	0.89

n número de muestras.

^{a, b} Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia ($p \leq 0.05$) entre edades.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre edades.

Condición corporal. En este estudio no se encontró efecto de la condición corporal sobre la proporción de animales deficientes en minerales (Cuadro 25). Varios autores han reportado que los animales gordos presentan una mayor concentración de elementos minerales en sus tejidos en comparación a los flacos; entre ellos Romero (1989) para P, Mg, K, Cu y Zn en suero sanguíneo; Fernández y Juárez (1993) para Mn y Fe en hígado; y González y Juárez (1993) para Ca en hueso. Contrariamente, Nour *et al.* (1988) y García y Lazarín (1992) no encontraron efecto de la condición corporal sobre el contenido de minerales en tejidos varios.

Cuadro 25. Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de animales deficientes en minerales.

CONDICION CORPORAL	n	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
		% DE ANIMALES DEFICIENTES						
FLACO	159	2.24 ^a	63.08 ^a	0.00 ^a	15.49 ^a	36.17 ^a	2.11 ^a	20.14 ^a
GORDO	752	5.3 ^a	68.35 ^a	0.97 ^a	12.44 ^a	25.26 ^a	3.02 ^a	14.33 ^a
p≤		0.30	0.15	0.34	0.70	0.71	0.11	0.98

n número de muestras.

^a Medias con distinta literal dentro de cada columna indican diferencia estadística (p≤.05) entre animales flacos y gordos.

p≤ Probabilidad estadística de las diferencias entre animales flacos y gordos.

En resumen, los efectos de sexo, edad, genotipo y condición corporal sobre la concentración mineral en el ganado están poco estudiados por lo que es difícil concluir a cerca de ellos. En este estudio, las variables anteriormente citadas tuvieron un efecto prácticamente insignificante; donde la proporción de animales deficientes fue casi la misma entre machos y hembras, animales europeos y cruzados, jóvenes y adultos, y entre flacos y gordos; es decir, las deficiencias minerales afectan a todos los animales por igual.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con base en los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio se concluye lo siguiente:

1. La incidencia de deficiencias de Ca y Mg es virtualmente inexistente en el ganado, dado que las concentraciones de estos minerales encontradas en los forrajes son elevadas, independientemente de la zona o época de muestreo, llegando incluso al nivel de toxicidad potencial.

2. La incidencia de deficiencias de Cu, Zn y Mn en el ganado es inferior a lo sugerido por el forraje debido a que una alta proporción de los ganaderos suplementa con diferentes alimentos provocando que los problemas disminuyan.

3. La incidencia de deficiencias de Fe se dio en el ganado de forma moderada. Sin embargo, la concentración de Fe encontrada en los forrajes está entre los niveles mínimo y máximo recomendables para la correcta nutrición del ganado, lo que hace pensar que no debería haber desbalances de Fe en el ganado, en especial si se contabiliza el aporte de Fe que realizan los suplementos.

4. Buena parte de los animales tuvieron un nivel subnormal de P; esto ocasionado por que la concentración de P encontrada en los forrajes es, en la mayoría de los casos, mucho menor al nivel mínimo recomendable para la correcta nutrición del ganado. Ya que una alta proporción de los ganaderos suplementa, se esperaba que esto paliara la deficiencia de P en el ganado; caso que no ocurrió quizá por el elevado nivel de Ca.

5. La incidencia de deficiencias minerales en el ganado fue alta para P, moderada para Cu, Mn y Fe, y baja para Mg, Ca y Zn. Las deficiencias fueron prácticamente independientes de la época de muestreo, sexo, edad, genotipo o condición corporal de los animales.

6. La concentración de Na encontrada en los forrajes de Yucatán es menor al requerimiento animal, lo que debería desencadenar deficiencias de Na en los animales; estado que no pudo ser comprobado.

7. La concentración de K encontrada en los forrajes de Yucatán está entre los niveles mínimo y máximo recomendables para la adecuada nutrición del ganado, lo que hace pensar que no se hallarán desbalances de K en el ganado; aspecto que no fue evaluado.

8. La concentración de minerales de los forrajes varía dependiendo de la especie y tipo. Además la cuantía mineral es fiel reflejo de la calidad mineral del suelo. Por lo tanto la concentración de Zn, Mn y Cu fue mayor en el Sur del Estado, mientras que la mayor concentración de Mg y Na se dio en la Costa.

9. El aporte de minerales a la dieta del ganado mediante el consumo de agua es prácticamente inexistente.

10. Con base en los resultados encontrados se recomienda suplementar al ganado con la proporción de minerales capaz de contrarrestar los efectos nocivos de las deficiencias minerales en el animal.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. J., R. Rosiles, M., R. López, L. y T. Quintero, M. 1987. Algunos macro y micro minerales en pollinaza y gallinaza de los Estados de Morelos y Veracruz. Vet. Méx. 18: 17-20.
- Agustín, R. G., M. A. Raya, C. 1996. Contenido mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de bovinos productores de leche en pastoreo en Acatlán, Hidalgo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- A.O.A.C. 1991. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. 11^a ed. U.S.A.
- ARC. 1980. The nutrient requirement of farm livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB). The Gresham Press. England.
- Bárcena, G. A., R. M. García, E., G. Jardón, H. y R. Rosiles M. 1995. Concentración sérica de calcio, sodio, magnesio, potasio, cobre y zinc en halcones Cola Roja (*Buteo jamaicensis*), Harris (*Parabuteo unicinctus*) y Caracara (*Polyborus plancus*) en cautiverio de la ciudad de México. Vet. Méx. 26: 1, 65-66.
- Barnes, R. F. 1969. Collaborative research with the two stages *in vitro* technique. Proc. National conference on forage evaluation and utilization. Lincoln, Nebraska.
- Barr, J. A., J. H. Goodnight; J. P. Sall; W. H. Blair y D. M. Chilco. 1979. SAS User's Guide. SAS Inst. Inc. Raleigh, North Carolina, U.S.A.

- Barradas, H. 1980. Interrelationships among the mineral content of soils, forage and cattle in the central and Northern of Veracruz, México. Thesis of Master Science. Department of Dairy Sci. Michigan State University. U.S.A.
- Beede, D. K. 1991. Mineral and water nutrition. Vet. Clin. North Am. 2: 373.
- Buckman, H. O. y N. C. Brady. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simón de. Barcelona, España. 590 p.
- Camacho, M. J. 1979. Contribución al estudio de la composición química de las rocas fosfóricas de México utilizadas como fuente de minerales en la nutrición animal. Tesis Profesional. FMVZ. UNAM.
- Castellanos, R. A. F. 1988. Evaluación de un suplemento mineral comercial para bovinos en pastoreo. INFORME FINAL. 6 p. Mérida, Yucatán.
- , R. A. F. 1989. Importancia de la suplementación mineral para los rumiantes en la Península de Yucatán. Revista Cebú; Junio, pp 49-60.
- Castrillo, P. H., V. Monroy A. y A. Castellanos. 1983. Composición mineral de 3 gramíneas, concentración de los mismos elementos en suero de bovinos y respuesta a la suplementación mineral en la zona de Camino real, Campeche. XVII Reunión de Investigación Pecuaria en México. INIP. p 785-788. México, D.F.
- Chávez, S. A., L. C. Fierro; V. Ortiz M; M. Peña N. y E. Sánchez G. 1979. Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en pastoreo en un pastizal amacollado arbofruticosa. Pastizales. Vol X, Nº 5 sep-oct. pp 2-11.

- Conrad, J. H. y J. Avila. 1978. Predicción de las deficiencias minerales en los rumiantes basdos en suelo, planta y tejido animal. In: L. R. McDowell y J. H. Conrad (Eds.). Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumientes en pastoreo. pp 164-169. Univ. de Florida, U.S.A.
- Cordoba, V. C., A. González, G. y R. Rosiles, M. 1988. Relación del contenido de algunos minerales esenciales en suero de ovinos confinados con el alimento y con el suero en la región de Parres, México, D. F. Vet. Méx. 19: 105-109.
- Cortés, C., M. Pérez., M. Canudas y H. López. 1983. Efecto de fertilización y riego sobre la composición bromatológica y la concentración de minerales en el zacate estrella de Africa. XVII Reunión de Investigación Pecuaria en México. INIP. pp 895-899. México, D. F.
- Cruz, S. S. A. 1977. Deficiencias y toxicidades de minerales del ganado bovino en pastoreo en San Juan de Sabinas, Coahuila (verano 1977). 1, determinación de niveles. Tesis profesional, DCAM, ITESM. Monterrey, N. L. México.
- De Loera, R. J. y F. Hipólito V. 1996. status mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de bovinos en "Ganadera Vaquerias". Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Díaz, S., R. Montes de Oca, V. Velázquez y J. Wilsmore. 1994. Actividad de glutathion peroxidasa (GSH-Px) y niveles de selenio en sangre de ovinos y niveles de selenio en suelo y pasto de areas ovinas. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco, México. pp 237.

- Domínguez V. I. A. 1993. diagnóstico del estado mineral de ovinos bajo condiciones de pastoreo en Tenango del Valle, México. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Duch, G. J. 1988. La conformación territorial del estado de Yucatán. UACH. CRUPY. pp 324-395.
- G. J. 1991. Fisiografía del estado de Yucatán, su relación con la agricultura. UACH. CRUPY. pp 211-221.
- Ellis, G. L., L. R. McDowell y J. H. Conrad. 1988. Evaluation of mineral supplements for grazing cattle in Latin America. Nutr. Rep. Int. 38: 6, 1137-1147.
- Escobedo, A. P. A. y J. A. Domínguez O. 1986. Caracterización de la ganadería bovina en el Oriente del estado de Yucatán. Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, México.
- Fernández, D. F. y E. Juárez H. 1993. Nutrición mineral de bovinos en el estado de Campeche. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Fick, K. R., L. R. McDowell; P. H. Miles; N. S. Wilkinson; J. D. Funk; J. H. Conrad y R. Valdivia. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Anim. Sci. Department. Univ. de Florida, U.S.A.
- Fierro, L. C., F. Gómez y M. H. González. 1977. Utilización de arbustivas indeseables por medio del pastoreo con cabras. Pastizales. Vol VIII, N° 6 nov-dic. pp 2-9.
- Flores, V. E. 1995. Niveles de selenio, cobre, sodio, potasio y molibdeno en suelos forrajeros en el municipio de Santa María del Río, San Luis Potosí, México. Vet. Méx. 26: 3, 292.

- Gallardo, O. E. 1993. Concentración mineral en algunos suplementos minerales para bovinos comercializados en México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Gámez, G. A. 1977. Determinación de deficiencias y toxicidades de minerales del ganado bovino en pastoreo en el municipio de Salinas Hidalgo, N. L. 1, determinación de niveles. Tesis profesional, DCAM, ITESM. Monterrey, N. L. México.
- García, G. J. 1980. Valores normales de calcio, fósforo, y magnesio sérico para vacas de la raza cebú (indobrasil) en condiciones de pastoreo y en clima semicálido húmedo. Tesis profesional. FMVZ. UNAM.
- García, I. J. 1981. Valores séricos de Ca, P y Mg de bovinos cebú localizados en el municipio de Balcan, Tabasco. Tesis profesional. FMVZ. UNAM.
- García, P. J. T. R. y V. Lazarín, S. 1992. Nutrición mineral de bovinos en la región central de Chiapas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Gomid, J. A. y A. T. Aguilar-Zometa. 1978. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. In. L. R. McDowell y J. H. Conrad (Ed.) Simp. Latinoam. sobre Invest. en Nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. pp 39-46. Univ. de Florida. U.S.A.
- González, A. D. E. y J. Holm. 1994. Investigación sobre el contenido de plomo y cadmio en cabras utilizadas como bioindicadores en regiones agrícolas y suburbanas. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco, México. pp 65.

- González, N., L. E. Lavandeira y R. Pedroso. 1988. Incidencia de deficiencias minerales en áreas ganaderas de Cuba y la utilización de mezclas minerales "abiertas" como métodos para combatirlas. *Rev. Cub. C. Vet.* 19: 74.
- González, O. R. y F. Juárez, O. 1993. Nutrición mineral de bovinos en la costa de Chiapas. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México.
- González, O. R. I. y J. G. Ochoa, G. 1985. Deficiencias nutricionales en los agostaderos del norte de Durango. *Agric. Téc. Méx.* 11:2, 121-139.
- Gooneratne, S. R., W. T. Bucley and D. A. Christense. 1989. Review of copper deficiency and metabolism in ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 96: 819.
- Graham, T. W. 1991. Trace element deficiencies in cattle. *Vet. Clin. North Am.* 1: 161.
- Grant, W. T. 1982. Exchangeable cations. In: *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy monograph no. 9.*
- Greenberg, A. E., J. J. Connors and M. A. H. Franson. 1980. Standard methods for examination of water and waste water. american water works assoc. and Water pollution control federation (APHA, AWWA and WPCF). Washington, D. C., U.S.A.
- Guardado, A. R. E. 1977. Determinación de deficiencias y toxicidades minerales del ganado bovino en pastoreo en el estado de Nuevo León (invierno). 1, determinación de niveles. Tesis profesional, DCAM, ITESM. N. L. México.
- Guevara, G. J. A. 1982. Resúmen de información sobre deficiencias y toxicidades en el área de Nuevo León y recomendaciones para su uso y divulgación. Tesis profesional, DCAM, ITESM. N. L. México.

- Guevara, G., J. A. Velázquez, O., R. Rosiles, M. y R. Montes de Oca, J. 1990. Niveles de Se, Cu y Co en suelo y forrajes y su importancia sobre los problemas de deficiencias en corderos, alimentados bajo condiciones de pastoreo, en San Felipe del Progreso, México. III Congreso Nacional de Producción Ovina. Tlaxcala, México. pp 92-95.
- Gutiérrez, L. C. A., P. García, N. y M. Pérez, M. 1993. Contenido mineral y respuesta a la suplementación de ovinos en pastoreo, en Santa Catarina del Monte, México. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México.
- Hernández, A. G. 1993. La concentración mineral de algunas especies forrajeras pastoreadas en Chiapas y Campeche. Tesis Profesional. Univ. Aut. de Chiapas. Chiapas, México.
- Huerta, B. M. 1993. Diagnóstico de deficiencias minerales. Apuntes. 18 p.
- Ibarra, C. J. C. A. 1979. Suplementación de minerales a ganado bovino en pastoreo de zacate guinea (Panicum maximum Jack) durante la época seca en región subtropical. Tesis profesional, DCAM, ITESM. N. L. México.
- INEGI. 1993. Anuario estadístico del estado de Yucatán. INEGI.
- Jarrige, R. 1981. Alimentación de los rumiantes. Ed. Mundiprensa. España
- Jiménez, G. E. A. 1976. Determinación de deficiencias y toxicidades de minerales en bovinos en pastoreo en el Mpio. Salinas Victoria, N. L. (primavera y verano). 1, determinación de niveles. Tesis profesional, DCAM, ITESM. N. L. México.
- Kutsky, R. J. 1981. Handbook of vitamins, minerals and hormones. Van Nostrand Reinhold Co. N. Y. USA.

- López, L. R. y R. Rosiles M. 1998. Determinación de veintitrés elementos minerales en roca fosfórica utilizada como suplemento para alimentación animal. *Vet. Méx.* 19: 237-240.
- López, O. R. 1991. Concentración mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de bovinos en Chorreños, Durango. Tesis Maestría en Ciencias. UACH. Chapingo, México.
- Maas, J., L. E. Davis and B. S. Hempstead. 1984. Efficacy of ethylenedramine dihydroiodide in the prevention of naturally occurring foot rot in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 45: 2347.
- McCaughan, C. J. 1992. Treatment of mineral disorders in cattle. *Vet. Clin. North Am.* 1: 107.
- McDowell, L. R. 1985. Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Academic Press, Inc. Orlando, Florida.
- McDowell, L. R., L. H. Conrad; G. L. Ellis y J. K. Loosli. 1984. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Univ. de Florida y Agencia de Estados Unidos para el desarrollo Internacional. U.S.A.
- Mejía, H. A. 1984. Determinación de deficiencia y/o toxicidad de minerales en tre municipios ganaderos del estado de Coahuila. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Méndez, E. G. 1989. estado mineral y reproducción estacional de vacas lecheras en Quintana Roo, México. Tesis Maestría en Ciencias. UACH. Chapingo, México.
- Mendoza, C. H. 1990. La ganadería bovina en el estado de Yucatán. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México.

- Millán, C. H., M. A. Aguirre, G., I. Escamilla y A. F. Castellanos, R. 1990. Perfil mineral del pasto guinea en el oriente de Yucatán. *Vet. Méx.*, 21: 4, 399-402.
- Miller, W. J. 1979. Copper and zinc ruminant nutrition. In: B. O'Dell, E. K. Miller, y W. J. Miller (Eds.) *National Feeds Ingredients Association*. 72 p.
- Miller, E. R. 1985. Mineral*disease interactions. *J. Anim. Sci.* 60:6.
- Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Sta. Lucia. Queensland, Australia.
- Moguel, O. Y., J. G. Cantón, C; E. Sauri, D. y A. F. Castellanos, R. 1995. Contenido de algunos macro y microminerales en las deyecciones avícolas en Yucatán. *Tec. Pec. Mex.* 33: 2, 100-104.
- Morúa, B. M. A. y G. Hurtado, R. 1991. Contenido mineral de gramíneas forrajeras tropicales en Puyacatengo, Tabasco. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México.
- Nour, A. M. y M. L. Thonney. 1988. Minerals of carcass soft tissue and bone of serialy slaughtered cattle as affected by biological type and management. *J.Agric.Sci.*3:1.
- NRC. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. National Academic Sciences. Washington, D. C.
- Obeso, S. H. 1977. Determinación de deficiencias y toxicidades minerales de ganado bovine en pastoreo en el municipio de Ciénega de Flores, Nuevo León. 1. Determinación de minerales. ITESM. Monterrey, Nuevo León.
- Ojeda, G., F. Castrejón; H. Troncoso y M. A. Aguirre. 1994. Efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno sobre la composición mineral de *Brachiaria*

brizanta (Hochst. Ex A.) Cv. Insurgente. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco, México. pp 247.

Olsen, S. R. y L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: Methods of soil analysis Part 2; Chemical and microbiological properties. ASA 'a BHHH3

Ordoñez, R. J. A., V. Velazquez, O., R. Rosiles, M. y R. Montes de Oca J. 1990. Niveles de Se, Cu y Co en suelo y forrajes y su importancia sobre los problemas de deficiencias en corderos, alimentados bajo condiciones de pastoreo, en San Felipe del Progreso, México.

Ortega, A. J. L. 1979. Niveles de minerales en suelo, forraje y suero sanguíneo y suplementación fosfórica a becerros en pastoreo de zacate estrella (Cynodon plectostachyus. Pilger) en región tropical. Tesis Profesional, DCAM, ITESM. N. L. México.

Pérez, L. H. 1996. Composición química de algunas plantas forrajeras nativas de la estación experimental Zoquiapan, Estado de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Pérez, V. R. J. 1995. Cuantificación de Cu, Zn, Pb, Ca y Fe en hígados de ovinos procedentes de Oaxaca y Estados Unidos de América y su relación con el estado físico de la muestra. Vet. Méx. 26: 4, 414.

Pinto, R. R. 1995. Suplementación mineral a vaquillas bajo pastoreo en la zona central de Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias. UACH. Chapingo, México.

Perkin-Elmer. 1976. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer Corp. Connecticut, U.S.A.

- Porrúa. 1986. Diccionario Porrúa de historia, biografía y geografía de México. Tomo 3. Ed. Porrúa. México.
- Ramírez, B. J. E. 1995. La carencia de selenio, su diagnóstico y suplementación en un sistema de producción caprina en el sureste del Edo. de Tlaxcala. Tesis Maestria. FESC. UNAM.
- Ramírez, B. J. E., N. Velasco R; M. Huerta B. y L. M. Hernández C. 1992. Evaluación del estado mineral de caprinos en dos comunidades del estado de Tlaxcala. VIII Reunión Nacional de Caprinocultura. Oaxaca, Oax. pp 87-91
- Ramírez, S. P. y M. A. Hernández G. 1994. Producción ovina en el área forestal del pico de Orizaba. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Reyes, C. R. O. 1984. Niveles de calcio, fósforo, y magnesio séricos en bovinos cebu-suizo en pastoreo localizados en Acayucan, Veracruz. México. Tesis profesional. FMVZ. UNAM.
- Rivero, R. M. E., R. Rosiles M. y J. Romero M. 1990. Relación del contenido de minerales séricos esenciales de ovinos criollos en pastoreo con el alimento y el suelo en la región de Parres, D. F. Vet. Méx. 21: 3, 257-264.
- Rodríguez, G. A. 1996. Contenido mineral en alimento y suero sanguíneo de vacas holstein en estabulación. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Rodríguez, G. O. 1990. Evaluación del estado mineral de ovinos pastoreando sobre vegetación natural en Venado, San Luis Potosi. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México.

- Roque, G. R., A. Loyo; R. Mora; E. M. Sanchez y A. Chaire. 1991. Forage intake and nutrition of range goats in a shrubland in northeastern Mexico. *J. Anim. Sci.* 69: 879-885.
- Romero, B. J. O. 1989. Evaluación del status mineral de caprinos pastoreando vegetación natural en el altiplano potosino. Tesis de Maestría. UNAM.
- Sánchez, H. A. 1978. Evaluación de la suplementación de minerales a bovinos en pastoreo de zacate estrella africana (Cynodon plectostachyus Pilger.) bajo condiciones de clima tropical húmedo.
- Sánchez, H. P. 1978. Determinación de niveles de selenio en algunos factores nutricionales... Tesis profesional. FMVZ. UNAM.
- Sandoval, A. J., L. Arellano, M., M. Carranco, J. y R. F. Pérez-Gil. 1987. Estudio de la composición química de las hojas y vainas del *Cajanus cajan* (L.) Millsp (Gandul). Reunión de investigación pecuaria en México. México, D. F. p 203.
- Santiago, V. M. A. y S. Gerardo, De la C. 1996. Estado mineral de ganado bovino y de zacates estrella y guinea en Tepetzintla, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Shirley, L. R. 1985. Water requirements of grazing ruminants and water as source of minerals. In: L. R. McDowell (De.). Nutrition of grazing ruminants in warm climates. pp 37-57. Academic Press Inc. U.S.A.
- Siller, B. E. 1977. Deficiencias y toxicidades de minerales en ganado bovino en pastoreo en Melchor Muzquiz, Coahuila. Invierno 1976-77 y Primavera de 1977. 1.- Determinación de niveles. Tesis profesional, DCAM, ITESM. N. L. México.

- Siller, C. V. 1977. Determinación de deficiencias y toxicidades de minerales en ganado bovino en pastoreo en el municipio de Sabinas, Coahuila (Mar. - Oct. 1977). 1. Determinación de niveles. Tesis profesional, DCAM, ITESM. N. L. México.
- Spross, S. A. K. 1979. Evaluación de calcio, fósforo y flúor en alfalfa y maíz del Valle de México. Tesis profesional. FMVZ. UNAM.
- Strouth, M. K. D. 1985. Niveles de selenio en alfalfa y sangre de vacas holstein y correlación entre niveles de selenio... Tesis Maestria. FMVZ. UNAM.
- Tejada, De H. I. y H. Merino Z. 1971. Composición química de rocas fosfóricas de México y su utilización como fuente de minerales en nutrición animal. Téc. Pec. Méx. 15: 21-26.
- Tepal, CH. J. A., L. F. Salas, N. y L. Chel, G. 1987. Efecto de la fertilización en la producción y calidad nutritiva del pasto guinea (*panicum maximum*) en el oriente de Yucatán. Reunión de investigación pecuaria en México. México, D. F. p 174.
- Theiler, A., H. H. Green y P. J. DuToit. 1924. Minimum mineral requirements in cattle. J. Agric. Sci. 27: 291.
- Van Soest, P. J., D. R. Mertens y B. Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forages. J. Anim. Sci. 47: 712.
- Vargas, G. J. M. 1995. Evaluación del estado mineral en suero sanguíneo de cabras pastoreando vegetación natural en Colón, Querétaro. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Vazquez, A. A. y N. Bautista, A. 1993. Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua. Departamento de Suelos, UACH. Chapingo, México.

- Velasco, R. N. 1992. Cuantificación del status mineral en un sistema de producción extensivo (caprino) en un municipio de Huamantla, Tlaxcala. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, México.
- Vignon, F. J. A. 1983. Determinación de Ca y P entre ganado estabulado, semiestabulado y libre pastoreo por medio del espectrofotómetro. Tesis profesional. FMVZ. Univ. Ver.
- Villalvazo, D. M. A. 1979. Tasa de cobre plasmático en bovinos cebú de Acayucan, Ver. Tesis Profesional. FMVZ. UNAM.
- Underwood, E. J. 1981. Los minerales en la alimentación del ganado. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España.
- Wayne, C. C. 1964. Symposium on nutrition of forages and pastures colecting forages samples representative of ingested material of grazing animal, for nutritional studies. J. Anim. Sci. 23(1): 265-270.
- Weiner, G., N. F. Suttle; A. C. Field; J. G. Herbert and J. A. Woolliams. 1978. Breed differences in copper metabolism in sheep. J. Agric. Sci. Camb. 91: 433.

