



Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo, México

Comparison of the mineral content in forage and soil of grazing areas in the state of Quintana Roo, Mexico

Eduardo J. Cabrera Torres* Edgar E. Sosa Rubio* Arturo F. Castellanos Ruelas**
 Álvaro O. Gutiérrez Baeza* Jorge H. Ramírez Silva*

Abstract

The objective of this study was to determine the amount of macro and micro minerals in forages growing in three areas of the state of Quintana Roo, north (N), center (C) and south (S) and the most important forage species that grow in those areas. One hundred and eight pasture samples and 68 soil samples were collected in 45 farm units. All minerals were analyzed with atomic absorption spectrometer, except P which was analyzed by colorimetric method. Variables were analyzed using GLM procedures and means were compared using Duncan Multiple Range Test. Forage species more frequently found were *Brachiaria brizantha*, 73.3%; *Cynodon plectostachyus*, 31.1%; *Pennisetum purpureum*, 31.1%; *Panicum maximum* var Tanzania, 26.6%; *P. maximum* var Mombasa, 15.5%; *P. maximum* var Guinea, 13.3%; *Brachiaria mutica*, 11.1%; and *Brachiaria humidicola*, 11.1%. Low Ca, P and Mg levels were found in both pastures and soil, where as K and Fe were extremely abundant. Specific deficiencies of Mn (N), Zn (C) and Cu (C and S) were also found. In conclusion, there are serious imbalances in the mineral content of forages that can be solved distributing mineral supplements to animals on pasture rich in Ca, P and Mg, and free of K and Fe, depending to the different state areas, Mn, Zn and Cu should be added.

Key words: MACROMINERALS, MICROMINERALS, RUMINANTS, FORAGE, TROPICS.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el contenido de macro y microminerales en tres zonas del estado de Quintana Roo, norte (N), centro (C) y sur (S) y determinar los principales forrajes cultivados por productores de bovinos. Se muestrearon 45 unidades ganaderas de las que se obtuvieron 108 muestras de forrajes y 68 de suelos. Los minerales se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica y el P por colorimetría. Las variables se analizaron mediante el procedimiento GLM y los promedios se compararon empleando la prueba de Duncan. Los forrajes encontrados más frecuentemente fueron: *Brachiaria brizantha*, 73.3%; *Cynodon plectostachyus*, 31.1%; *Pennisetum purpureum*, 31.1%; *Panicum maximum*, var Tanzania, 26.6%; *P. maximum*, var Mombasa, 15.5%; *P. maximum*, var Guinea, 13.3%; *Brachiaria mutica*, 11.1%; y *Brachiaria humidicola*, 11.1%. Se encontraron contenidos bajos de Ca, P y Mg en las pasturas asociadas con un bajo nivel de estos minerales en los suelos, mientras que los contenidos de K y Fe se encontraron en niveles elevados tanto en los forrajes como en los suelos. Asimismo, se encontraron deficiencias zonificadas de Mn (N), Zn (C) y Cu (C y S). Se concluye que existen fuertes desbalances en el contenido de minerales de los forrajes, que pueden ser subsanados aportando a los animales en pastoreo complementos minerales con Ca, P y Mg, libres de K y Fe, y dependiendo de la zona del estado se deberá añadir Mn, Zn y Cu.

Palabras clave: MACROMINERALES, MICROMINERALES, RUMIANTES, FORRAJES, TRÓPICOS.

Recibido el 13 de mayo de 2008 y aceptado el 25 de marzo de 2009

*Campo Experimental Chetumal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, -Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Carretera Chetumal-Bacalar, Km 14, Quintana Roo, México.

*Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas, Periférico Norte, Km 33.5, Tablaje Catastral, 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, 97203, Mérida, Yucatán, México.

Correspondencia: Arturo F. Castellanos Ruelas, correo electrónico: cruelas@uady.mx, teléfono: 01 999 946 0989 extensión 110.

Introduction

Macro and microminerals are indispensable to assure life and productivity of all species. Nevertheless, few efforts have been made to get to know and manipulate their presence in forages used in bovine production systems in the state of Quintana Roo.

Mineral content in forages is affected by multiple factors; the most important one is the geographical location. In temperate climate, contents of Ca, Mg, Fe, Zn and Cu have been found in *Lolium perenne* pasture,¹ in insufficient quantity to cover the dairy bovine requirements, while P, Na and K concentrations were higher compared to the normal level. Whereas, in a semi-desert area,² enough quantities of Ca, Mg and Fe were found in forages to satisfy the requirements of beef breed grazing bovines; nevertheless, forage was marginally deficient in P, Na, Zn and Cu. Finally, in tropical areas³ it is not unusual to find P deficiencies in Buffel pasture grazed by growing beef cattle; therefore, authors recommend supplementation during the whole year, instead, Cu and Mn should only be supplemented during the dry season.

In the peninsula of Yucatan, only in the state bearing the same name, sampling and analysis of forage have been done,⁴ as well as mineral supplementation assays in grazing ruminants.⁵⁻⁷ Even though its livestock vocation, in the state of Quintana Roo, no systemic work has been done to get to know forage mineral content. Since that state characterizes itself for having three different geographical zones (north, center and south) it is necessary to carry out a comparative type study.

Based on the aforementioned, the aim of this study was to quantify macro and micro mineral levels present in forage cultivated in livestock parcels, as well as in soil located in the state of Quintana Roo, comparing these contents with bovine necessities, as between the different areas of the state. Finally, it was determined which forage is most commonly cultivated.

Material and methods

In the state of Quintana Roo, a sampling was done in its three divided zones based on the type of soil: north (N), where Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Cozumel and Solidaridad municipalities are located, with lithic leptosol and calcareous regosol type soil; center (C), covering the municipalities of José María Morelos and Felipe Carrillo Puerto, which soil is rendzic leptosol type and south (S), corresponding to the municipality of Othon P. Blanco, where gleysol and vertisol type soil predominates.⁸

Sampling of forages and soil from livestock par-

Introducción

Los macro y microminerales son indispensables para asegurar la vida y productividad de todas las especies. No obstante su importancia, pocos esfuerzos se han llevado a cabo para conocer y manipular la presencia de ellos en los forrajes administrados en los sistemas de producción bovina en el estado de Quintana Roo, México.

El contenido de minerales en los forrajes está afectado por múltiples factores, uno de los más importantes es la localización geográfica. En clima templado se han encontrado contenidos de Ca, Mg, Fe, Zn y Cu en praderas de *Lolium perenne*,¹ que eran insuficientes para cubrir los requerimientos del ganado lechero que las pastoreaba, mientras que las concentraciones de P, Na y K fueron mayores al nivel normal. En cambio, en una zona semidesértica,² el Ca, Mg y Fe se encontraron en los forrajes en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos de bovinos de razas cárnicas en pastoreo; sin embargo, los forrajes fueron marginalmente deficientes en P, Na, Zn y Cu. Finalmente, en zona tropical³ es frecuente encontrar deficiencias de P en praderas de Buffel común pastoreadas por bovinos de carne en crecimiento, por lo que los autores recomiendan complementarlo durante todo el año, en cambio el Cu y Mn sólo deben complementarse durante la época seca.

En la península de Yucatán, sólo en el estado del mismo nombre se han hecho muestreos y análisis de forrajes,⁴ así como ensayos de complementación mineral en rumiantes en pastoreo.⁵⁻⁷ En el estado de Quintana Roo, no obstante su vocación ganadera, no se han llevado a cabo trabajos sistemáticos para conocer el contenido mineral de los forrajes. Dado que ese estado se caracteriza por tener tres zonas geográficas diferentes (Norte, Centro y Sur) es necesario llevar a cabo un estudio de tipo comparativo.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue cuantificar los niveles de macro y microminerales presentes en forrajes cultivados en predios ganaderos, así como en suelos ubicados en el estado de Quintana Roo, comparando estos contenidos con las necesidades de los bovinos, así como entre las diferentes zonas del estado. Finalmente, se determinó qué forrajes son los que se cultivan con mayor frecuencia.

Material y métodos

Se llevó a cabo un muestreo, en el estado de Quintana Roo, cuya superficie se dividió en tres zonas con base en el tipo de suelo: norte (N) en donde se ubican los municipios de Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Cozumel y Solidaridad, con suelos tipo leptosol lítico y regosol calcárico; centro (C), abarcando

cels dedicated to bovine exploitation was performed.

In order to determine forage sample quantity, a pre-sampling was carried out collecting 6 randomized samples in each of the studied zones. The obtained results of the analytical content of a macromineral (phosphorus) and a micromineral (zinc) were incorporated to a calculus⁹ considering a reliability of 95% and an acceptable error to find samples with mineral content, of more or less than ten per cent around the mean. The calculus showed that 119 and 102 samples to analyze P and Zn were necessary, respectively. Based on the aforementioned, 108 samples in total were decided to be obtained for the macro and micromineral analysis.

Forage samples were taken from 45 livestock units: 11 located in the N zone, 14 in the C zone and 20 in the S zone. The size of the sample in each zone depended on the importance of the livestock activity. Such unities were selected at random from a list of registries of the state's Livestock Union. The number of sampled unities represented 5% of the total of producers of each zone; those with more cattle heads were selected.

Sampling was performed during the rainy season (July through October) of 2004. The presence of diverse cultured forages in the parcels was recorded, by visual observation and interviewing the owner. Subsequently, frequency was calculated, expressed as parcel percentage with certain type of forages.

Samples of approximately 3 kg of forage previously identified, simulating bovine grazing behaviour, were obtained. They were immediately washed with running water and as soon as they got to the laboratory, they were washed with distilled water. Subsequently, they were mixed, divided into four parts and dried in a forced air stove* at 60°C. Then they were grounded in a laboratory mill** equipped with a 20 mesh and they were kept until their analysis.

Ca, K, MG, Na, Cl, Fe, Mn, Zn and Cu were determined using an atomic absorption spectrometer*** equipped with the respective hollow cathode lamps.¹⁰ P was quantified by colorimetry.¹¹

Soil samples were obtained from the same visited parcels. Sixty eight samples were taken, since in some of the parcels, for their extension, more than one was obtained. Ca, K, Mg and Na were determined in their interchangeable form.¹² P was determined by the Olsen and Dean method.¹³ Fe, Mn, Zn and Cu were also determined¹⁰ and, finally, chlorides.¹²

Data obtained from the forage mineral content, transformed in logarithm to avoid heteroscedasticity,¹⁴ were statistically analyzed using the minimum square method, utilizing a fixed effects linear model that included the general mean, the sampling area effect (N, C and S), type of forage *Brachiaria* (*B. brizantha*), African Star (*Cynodon plectostachyus*), Taiwan (*Penn-*

los municipios de José María Morelos y Felipe Carrillo Puerto, cuyos suelos son de tipo leptosol rénsico, y sur (S) que comprende el municipio de Othón P. Blanco, donde predomina el suelo tipo gleysol y vertisol.⁸

Se procedió a muestrear los forrajes y el suelo de predios ganaderos dedicados a la explotación de bovinos.

Para determinar la cantidad de muestras de forraje se llevó a cabo un premuestreo recolectando seis muestras al azar en cada una de las zonas de estudio. Los resultados obtenidos del contenido analítico de un macromineral (fósforo) y un micromineral (zinc) se incorporaron a un cálculo,⁹ considerando una confiabilidad de 95% y un error aceptado para encontrar muestras con contenido mineral, de más o menos de 10% alrededor de la media. El cálculo arrojó que se requería de 119 y 102 muestras para analizar P y Zn, respectivamente. Con base en lo anterior, se decidió obtener 108 muestras en total para el análisis de macro y microminerales.

Las muestras de forrajes se tomaron de 45 unidades ganaderas: 11 ubicadas en la zona N, 14 de la zona C y 20 en la zona S. El tamaño de la muestra en cada zona dependió de la importancia de la actividad ganadera. Dichas unidades se seleccionaron al azar de un listado de registros de la Unión Ganadera del estado. El número de unidades muestreadas representó 5% del total de productores de cada zona; se seleccionaron aquellos que más cabezas de ganado tenían.

El muestreo se llevó a cabo durante la época de lluvias (julio a octubre) de 2004. Se contabilizó la presencia de diversos forrajes cultivados en los predios, mediante observación visual y entrevistando al propietario. Posteriormente se calculó la frecuencia, expresada como el porcentaje de predios con cierto tipo de forraje.

Se obtuvieron muestras de aproximadamente 3 kg de forraje previamente identificado, cortadas simulando la altura de pastoreo. Se lavaron inmediatamente con agua corriente y, al llegar al laboratorio, con agua destilada. Posteriormente se mezclaron, cuartearon y secaron en una estufa de aire forzado* a 60°C. Luego se molieron en un molino de laboratorio** equipado con una malla 20 y se guardaron hasta su análisis.

Se determinó Ca, K, Mg, Na, Cl, Fe, Mn, Zn y Cu empleando un espectrómetro de absorción atómica*** equipado con las lámparas de cátodo hueco respectivas.¹⁰ El P se cuantificó por colorimetría.¹¹

Las muestras de suelo se obtuvieron de los mismos predios visitados. Se tomaron 68 muestras, ya que en

*Lab Line, modelo Imperial V, Estados Unidos de América.

**Thomas Wiley, modelo 4. Estados Unidos de América.

***Perkin Elmer Model 500. Norwalk, CT. Estados Unidos de América

isetum purpureum), Tanzania (*Panicum maximum* var tanzania), Mombasa (*Panicum maximum* var Mombasa), Guinea (*Panicum maximum*), Parana (*Brachiaria mutica*), Chetumal Grass (*Brachiaria humidicola*) and others (Sugar cane, King Grass, Llanero, Guatemala, Tanner, Aleman, Native Savanna and Signal), the interactions among the sampling zone $\times$ type of forage and the random error. For the analysis of the mineral content in soil, data were also transformed and the model used was similar to the last, considering the sampling zone effect (N, C and S). The analyses were carried out using SAS statistical package¹⁵ in its Means and GLM routines. When significant effects were detected in some variable, the means were compared using Duncan's multiple range test.

Results

Most frequently used forages were: Brachiaria (*B. brizantha*, 73.3%), African Star (*Cynodon plectostachyus*, 31.1%), Taiwan (*Pennisetum purpureum*, 31.1%) and Tanzania (*Panicum maximum* var Tanzania, 26.6%). Other less frequent forages found were: Mombasa (*Panicum maximum* var Mombasa, 15.5%), Guinea (*Panicum maximum*, 13.3%), Parana (*Brachiaria mutica*, 11.1%) and Chetumal Grass (*Brachiaria humidicola*, 11.1%). A third group of forages (Sugar cane, King Grass, Llanero, Guatemala, Tanner, Aleman, Native Savanna, Signal), were found in very reduced frequency percentages, therefore, they were not included in this study.

The obtained mineral content results in forages and soil, showed a great variability. There was no significant interaction among sampling zones and type of forage for non of the analyzed minerals ($P > 0.05$).

Macromineral content and its relation with the geographical location

Table 1 shows forage macromineral quantification, without species distinction. In the determination of Ca, S zone had the greatest content ($P < 0.05$) in contrast to the N and C zones, where Ca percentage was very low. In general, 64% of all the analyzed samples showed a content lower than the critical level (0.30%) required by beef female bovines in lactation stage. In regard to P content, in contrast to Ca, forages that grow in the N zone showed the greatest contents in contrast to the ones of the S ($P < 0.05$). Eighty nine percent of all sampled forages were below the critical level (0.25%).

The three zones did not showed significant difference in K content ($P > 0.05$) and in all cases it was above the critical level required by the animals (0.70%).

algunos de los predios, por su tamaño, se recogió más de una. Se les determinó Ca, K, Mg y Na en su forma intercambiable.¹² El P se determinó por el método de Olsen y Dean.¹³ También se determinaron Fe, Mn, Zn y Cu.¹⁰ Finalmente, se determinaron los cloruros.¹²

Los datos obtenidos sobre el contenido de minerales en los forrajes, transformados en logaritmo para evitar heterocedasticidad,¹⁴ se analizaron estadísticamente empleando el método de mínimos cuadrados, utilizando un modelo lineal de efectos fijos que incluyó la media general, el efecto de la zona de muestreo (N, C y S), el tipo de forraje [Brizantha (*B. brizantha*), Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Taiwán (*Pennisetum purpureum*), Tanzania (*Panicum maximum*, var tanzania), Mombasa (*Panicum maximum*, var Mombasa), Guinea (*Panicum maximum*), Paraná (*Brachiaria mutica*), Pasto Chetumal (*Brachiaria humidicola*); otros (Caña de azúcar, King Grass, Llanero, Guatemala, Tanner, Alemán, Sabana Nativa, Señal], las interacciones entre zona de muestreo $\times$ tipo de forraje y el error aleatorio. Para el análisis sobre el contenido de minerales en el suelo, los datos también se transformaron y el modelo utilizado fue similar al anterior, considerando el efecto de la zona de muestreo (N, C y S). Los análisis se llevaron a cabo empleando el paquete estadístico SAS¹⁵ en sus rutinas Means y GLM. Cuando se detectaron efectos significativos en alguna variable, los promedios se compararon por medio de la prueba de rango múltiple de Duncan.

Resultados

Los forrajes de mayor frecuencia fueron: Brachiaria (*B. brizantha*, 73.3%), Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*, 31.1%), Taiwán (*Pennisetum purpureum*, 31.1%) y Tanzania (*Panicum maximum*, var tanzania, 26.6%). Otros forrajes que se encontraron con menor frecuencia fueron: Mombasa (*Panicum maximum*, var Mombasa, 15.5%), Guinea (*Panicum maximum*, 13.3%), Paraná (*Brachiaria mutica*, 11.1%) y Pasto Chetumal (*Brachiaria humidicola*, 11.1%). Un tercer grupo de forrajes (Caña de azúcar, King Grass, Llanero, Guatemala, Tanner, Alemán, Sabana Nativa, Señal), se encontraron en porcentajes de frecuencia muy reducidos y es por ello que no se consideraron en este estudio.

Los resultados del contenido mineral obtenidos en los forrajes y suelos, mostraron una gran variabilidad. No se encontró interacción significativa entre zona de muestreo y tipo de forraje para ninguno de los minerales analizados ($P > 0.05$).

Contenido de macrominerales y su relación con la localización geográfica

La cuantificación de macrominerales en los forrajes,

Mg content in forages was higher in S and C zones in contrast to N ($P < 0.05$); nevertheless, its concentration was way below the animals' requirement (0.20%). All samples showed a content below this level.

Na percentage was different in the three sampled zones ($P < 0.01$), higher than the critical level in C and S zones in contrast to N zone. In 71% of the analyzed cases, the level was below the critical one (0.10%). Finally, Cl content was not affected by the geographical zone.

In general, macromineral content in forages is related to its presence in soil. This was clearly seen in the case of Ca, which presence was higher in N and S forage zones, in contrast to C zone ($P < 0.01$) coinciding with Ca result found in soil (Table 2). This analysis revealed that Ca is found in low level in all the state's soil.

N zone, where higher content of P in forages was found, was precisely where its higher soil concentration was recorded. P in soil is found in low level at the C zone and in medium level at the S zone.

K results obtained in soil were also congruent with the observed in forages, since it was found in high levels, except for the N zone.

In regard to Mg, its low presence in the forages of the three zones must be related to its very low level detected in soil, with the exception of the ones of the S zone.

The information obtained on Na content in soil was the only one which did not coincide with the observed

sin distinción de especie, en función de la zona se presenta en el Cuadro 1. En la determinación de Ca la zona S tuvo el mayor contenido ($P < 0.05$) en comparación con las zonas N y C, en donde el porcentaje de Ca fue muy bajo. En general, 64% de todas las muestras analizadas mostraron un contenido abajo del nivel crítico (0.30%) requerido por bovinos hembras de razas cárnicas en estado de lactancia. En cuanto al contenido de P, a diferencia del Ca, los forrajes que crecen en la zona N mostraron los mayores contenidos en comparación con los del S ($P < 0.05$). El 89% de todos los forrajes muestreados estuvieron por debajo del nivel crítico (0.25%).

No se encontró diferencia significativa en el contenido de K en las tres zonas ($P > 0.05$) y en todos los casos estuvo por encima del nivel crítico requerido por los animales (0.70%).

El contenido de Mg en los forrajes fue mayor en la zona S y C en comparación con la N ($P < 0.05$); sin embargo, su valor porcentual estuvo muy por debajo del requerimiento de los animales (0.20%). Todas las muestras mostraron un contenido por debajo de este nivel.

El porcentaje de Na fue diferente en las tres zonas muestreadas ($P < 0.01$), arriba del nivel crítico en las zonas C y S, a diferencia de la zona N. En 71% de los casos analizados, el nivel estuvo por debajo del crítico (0.10%). Finalmente, el contenido de Cl no se vio afectado por la zona geográfica.

En general, el contenido de macrominerales en

Cuadro 1

EFFECTO DE LA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA SOBRE EL CONTENIDO
DE MACROMINERALES EN LOS FORRAJES QUE SE CULTIVAN EN EL
ESTADO DE QUINTANA ROO (%)^{*}
EFFECT OF THE GEOGRAPHICAL LOCATION ON FORAGE
MACROMINERAL CONTENT CULTURED IN THE
STATE OF QUINTANA ROO (%)

Mineral	North zone <i>n</i> = 16		Center zone <i>n</i> = 28		South zone <i>n</i> = 65		Critical level†	Deficiency (%)‡
	Mean	S.D	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Calcium	0.11 ^a	0.09	0.11 ^a	0.12	0.39 ^b	0.34	0.30	64
Phosphorus	0.21 ^a	0.09	0.15 ^b	0.19	0.10 ^b	0.08	0.25	89
Potassium	1.99	0.36	1.96	0.59	2.11	0.82	0.70	0
Magnesium	0.02 ^a	0.02	0.04 ^b	0.02	0.06 ^b	0.22	0.20	100
Sodium	0.06 ^a	0.01	0.13 ^c	0.06	0.11 ^b	0.08	0.10	71
Chloride	0.06	0.02	0.07	0.03	0.07	0.03	---	---

^{*}Different letters in the same line indicate a-b $P < 0.05$; a-c $P < 0.01$

†Requirement for lactating beef breed bovine (NRC, 1996).

‡ Percentage of samples below the critical level.

results in forages. N zone soil, which was more abundant in Na, compared to the other two zones ($P < 0.01$), had the poorest forages with the same mineral.

Micromineral content and its relation with the geographical location

Quantification of microminerals in forages, without species distinction and in function of the zone, is shown in Table 3. The level of Fe found in the three zones was five times higher than the critical level (50 ppm); detecting higher quantity in the C zone than in S ($P < 0.05$).

In regard to Mn, the level found was higher than the critical in C and S zones, but not in N, which propitiated that 64% of sampled forages were below this level.

Zn results showed differences ($P < 0.01$) between zones, above the critical level in S zone, marginal in N and deficient in C. Also, there were differences between zones for Cu content ($P < 0.01$): satisfactorily in N zone, deficient in C and above all in S. The results obtained with Zn and Cu indicated that 70% and 88% of the analyzed forages were below the critical level, respectively.

The abundance of Fe and Mn in the sampled forages of the three zones, coincides with the high content of these minerals in the respective soil (Table

los forrajes está asociado con su presencia en el suelo. Ello se observó claramente en el caso del Ca, cuya presencia fue mayor en los forrajes de las zonas N y S, comparada con la zona C ($P < 0.01$) coincidiendo con el resultado de Ca encontrado en el suelo (Cuadro 2). Este análisis reveló que el Ca se encuentra en un nivel bajo en los suelos de todo el estado.

La zona N, en donde se encontraron los forrajes con mayor contenido de P, fue precisamente en donde se registró su mayor concentración en el suelo. El P en el suelo se encuentra en bajo nivel en la zona C y en mediano nivel en la zona S.

Los resultados de K obtenidos en el suelo también fueron congruentes con lo observado en los forrajes, ya que se encontró en niveles altos, excepto en la zona N.

En cuanto al Mg, su reducida presencia en los forrajes de las tres zonas debe asociarse con su muy bajo nivel analizado en los suelos, con excepción de los de la zona S.

La información obtenida sobre el contenido de Na en el suelo fue la única que no coincidió con los resultados observados en los forrajes. Los suelos de la zona N, que fueron los más abundantes en Na, comparados con las otras dos zonas ($P < 0.01$), resultaron con los forrajes más pobres en el mismo mineral.

Cuadro 2

CONTENIDO DE MACROMINERALES EN EL SUELO EN FUNCIÓN DE SU LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO (MINERAL INTERCAMBIABLE, EM/100 g NIVEL OBSERVADO)*
MACROMINERAL CONTENT IN SOIL IN FUNCTION OF ITS GEOGRAPHICAL LOCATION IN THE STATE OF QUINTANA ROO (INTERCHANGEABLE MINERAL, ME/100 g OBSERVED LEVEL)

<i>Mineral</i>	<i>North zone</i>		<i>Center zone</i>		<i>South zone</i>	
	<i>n=12</i>		<i>n= 22</i>		<i>n= 34</i>	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Calcium	3.4 ^a	4.4	1.8 ^c	0.8	2.5 ^b	3.1
	Low		Low		Low	
Phosphorus	12	10	5	9	10	6
(ppm)	High		Low		Medium	
Potassium	0.2	0.2	0.9	0.9	0.7	1.0
	Low		High		High	
Magnesium	0.1	0.1	0.2	0.2	1.4	2.1
	Very low		Very low		Medium	
Sodium	15.2 ^a	11.4	11.0 ^b	7.4	6.0 ^c	1.6

*Different letters in the same line indicate a-b $P < 0.05$; a,c $P < 0.01$

4). Nevertheless, Zn and Cu content in soil was the opposite to the found in forages. Chloride content was higher ($P < 0.01$) in N and C zones in contrast to S.

Macromineral content and its relation with the type of forage

Macromineral quantification in forages, in function of their species, is shown in Table 5. In regard to Ca, eight of the most frequently found in livestock parcels, two had the highest percentage and were above the critical level (0.30%): Taiwan 0.34 ± 0.5 and Mombasa 0.43 ± 0.28 ($P < 0.05$). Ca content found in Parana grass was extremely low (0.14 ± 0.16) (Table 5).

In regard to P content it was found that all were below the critical level of 0.25%. Levels found in Mombasa (0.08 ± 0.03) and *B. humidicola* (0.08 ± 0.04) forages represented only a third of this level.

All sampled forages had a K level way above the critical one (0.70%), on the contrary, the content of Mg in the totality of the samples was insufficient ($< 0.20\%$).

Na percentage was satisfactory in half of the studied forages (Tanzania, Guinea, Parana and *B. humidicola*).

Last, the presence of Cl was very similar in all forages.

Micromineral content and its relation with the type of forage

Forage micromineral quantification, in function of the species, is shown in Table 6. In all cases Fe quantity was very high and superior to the critical level (0.50

Contenido de microminerales y su relación con la localización geográfica

La cuantificación de microminerales en los forrajes, sin distinción de especie y en función de la zona, se presenta en el Cuadro 3. El nivel de Fe hallado en las tres zonas fue cinco veces mayor al nivel crítico (50 ppm); habiéndose detectado mayor cantidad en la zona C que en la S ($P < 0.05$).

En cuanto al Mn, el nivel encontrado fue superior al crítico en las zonas C y S, mas no en la N, lo cual propició que 64% de los forrajes muestreados se encontraran por debajo de este nivel.

Los resultados del Zn mostraron diferencias ($P < 0.01$) entre zonas, arriba del nivel crítico en la zona S, marginal en el N y deficiente en el C. También se encontraron diferencias entre zonas para el contenido de Cu ($P < 0.01$): satisfactorio en la zona N, insuficiente en el C y sobre todo en el S. Los resultados obtenidos con Zn y Cu indicaron que 70% y 88% de los forrajes analizados estuvieron por debajo del nivel crítico, respectivamente.

La abundancia de Fe y Mn en los forrajes muestreados en las tres zonas coincide con el alto contenido de estos minerales en los respectivos suelos (Cuadro 4). En cambio, el contenido de Zn y Cu en el suelo fue contrario a lo encontrado en los forrajes. El contenido de cloruros fue mayor ($P < 0.01$) en las zonas N y C en comparación con la S.

Contenido de macrominerales y su relación con el tipo de forraje

La cuantificación de macrominerales en los forrajes,

Cuadro 3

EFFECTO DE LA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA SOBRE EL CONTENIDO DE MICROMINERALES EN LOS FORRAJES QUE SE CULTIVAN EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO (PPM)*

EFFECT OF THE GEOGRAPHICAL LOCATION ON FORAGE MICROMINERAL CONTENT CULTURED IN THE STATE OF QUINTANA ROO (PPM)*

Mineral	North zone n = 16		Center zone n = 28		South zone n = 65		Critical level†	Deficiency %‡
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
Iron	243 ^{ab}	98	262 ^a	80	242 ^b	89	50	0
Manganese	29	21	42	26	51	105	40	64
Zinc	28 ^a	4	19 ^b	17	31 ^a	35	30	70
Copper	11 ^a	5	5 ^b	4	3 ^c	5	10	88

*Different letters in the same line indicate a-b $P < 0.05$; a-c $P < 0.01$

† Requirement for lactating beef breed bovine (NRC, 1996).

‡ Percentage of samples below the critical level.

Cuadro 4						
CONTENIDO DE MICROMINERALES EN EL SUELO EN FUNCIÓN DE SU LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO (PPM)*						
MICROMINERAL CONTENT IN SOIL IN FUNCTION OF ITS GEOGRAPHICAL LOCATION IN THE STATE OF QUINTANA ROO (PPM)*						
Mineral	North zone		Center zone		South zone	
	n = 16		n = 28		n = 65	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Iron	13	4	15	14	14	21
	High		High		High	
Manganese	22	11	30	16	25	12
	High		High		High	
Zinc	0.9 ^a	0.4	1.6 ^b	1.1	0.8 ^a	2.0
	Medium		High		Medium	
Copper	1.0	1.0	1.5	1.1	1.6	1.5
	Medium		Medium		Medium	
Chlorides (Me/l ⁻¹)	1.4 ^a	0.6	1.4 ^a	0.7	1.2 ^c	0.9

*Different letters in the same line indicate a-b P < 0.05; a-c P < 0.01

ppm) ; Tanzania grass (204 ppm $\pm$ 57) was the one that showed the lowest level (P < 0.05).

Mn quantification was below the critical level (40 ppm) in five of the eight collected forages (Brizantha, African Star, Taiwan, Mombasa and *Brachiaria humidicola*).

Finally, Zn and Cu quantification showed that all mean values were below the critical level (30 and 10 ppm, respectively), except for Zn content in African Star

Discussion

The higher frequency of *Brachiaria brizantha* grass in livestock parcels (73.3%) can be due to the promotion given to this pasture, either in demonstrative events as in congresses and by bulletin publications for cattlemen.^{18,19} Due to high coverage of this pasture in livestock land of the state of Quintana Roo, this information might be useful for spreading its knowledge, with the objective to increase its productivity and, in consequence, cattle that graze it.

Macromineral content and its relation with the geographical location

Contrary to all Ca deficiencies found here in this forages and above all in soil, other authors have pointed out that the marine calcareous soil origin of Yucatan's neighbor state, confers an adequate Ca content.¹⁹ This

en función de la especie, se presenta en el Cuadro 5. En cuanto al Ca, se encontró que de los ocho forrajes más frecuentemente encontrados en los predios ganaderos, dos tenían los mayores porcentajes y estaban por encima del nivel crítico (0.30%): Taiwán 0.34 ± 0.5 y Mombasa 0.43 ± 0.28 (P < 0.05). El contenido de Ca encontrado en el pasto Paraná fue extremadamente bajo (0.14 ± 0.16) (Cuadro 5).

Con respecto al contenido de P se encontró que todos estaban por debajo del nivel crítico de 0.25%. Los niveles encontrados en los forrajes Mombasa (0.08 ± 0.03) y *B. humidicola* (0.08 ± 0.04) representaron sólo una tercera parte de este nivel.

Todos los forrajes muestreados tuvieron un nivel de K muy por encima del nivel crítico (0.70%), en cambio el contenido de Mg en la totalidad de las muestras fue insuficiente (< 0.20%).

El porcentaje de Na se encontró satisfactorio en la mitad de los forrajes estudiados (Tanzania, Guinea, Paraná y *B. humidicola*).

Finalmente, la presencia del Cl fue muy similar en todos los forrajes.

Contenido de microminerales y su relación con el tipo de forraje

La cuantificación de microminerales en los forrajes, en función de la especie, se presenta en el Cuadro 6. La cantidad de Fe encontrada fue muy elevada y superior al nivel crítico (0.50 ppm) en todos los casos; el

Cuadro 5

EFFECTO DEL TIPO DE PASTO SOBRE EL CONTENIDO DE MACROMINERALES EN LOS PRINCIPALES FORRAJES QUE SE CULTIVAN EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO (%), MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR*

EFFECT OF THE TYPE OF GRASS ON THE MAIN FORAGE MACROMINERAL CONTENT CULTURED IN THE STATE OF QUINTANA ROO (%), MEAN AND STANDARD DEVIATION

	<i>B. brizantha</i> (n = 33)	<i>Star of Africa</i> (n = 14)	<i>Taiwan</i> (n = 14)	<i>Tanzania</i> (n = 12)	<i>Mombasa</i> (n = 7)	<i>Guinea</i> (n = 6)	<i>Parana</i> (n = 5)	<i>B. humidicola</i> (n = 4)
Calcium	0.23 ^a 0.18	0.25 ^a 0.12	0.34 ^{ab} 0.50	0.25 ^a 0.16	0.43 ^b 0.28	0.20 ^a 0.18	0.14 ^c 0.16	0.27 ^b 0.25
Phosphorus	0.10 0.07	0.18 0.12	0.20 0.24	0.13 0.09	0.08 0.03	0.15 0.15	0.11 0.08	0.08 0.04
Potassium	2.26 ^a 0.58	2.01 ^a 0.39	2.21 ^a 1.00	2.05 ^a 0.62	1.51 ^b 0.49	1.98 ^{ab} 0.65	2.21 ^a 0.14	1.45 ^b 0.36
Magnesium	0.02 ^a 0.02	0.02 ^a 0.01	0.02 ^a 0.02	0.03 ^b 0.01	0.02 ^a 0.01	0.02 ^a 0.02	0.04 ^b 0.02	0.02 ^a 0.01
Sodium	0.09 ^a 0.04	0.08 ^a 0.03	0.08 ^a 0.03	0.10 ^a 0.05	0.07 ^b 0.04	0.10 ^a 0.05	0.17 ^c 0.07	0.19 ^c 0.09
Chloride	0.07 0.03	0.06 0.03	0.07 0.03	0.05 0.03	0.07 0.04	0.06 0.02	0.07 0.04	0.08 0.03

*Different letters in the same line indicate a-b $P < 0.05$; a-c $P < 0.01$

does not apply for the state of Quintana Roo, since the Ca content in forages that grow in the S zone satisfies the required critical level, it is very low compared to the recorded values in Yucatan's forages (0.60% or higher). These findings suggest great necessity to include this mineral as supplement for animals. The same calcium deficiency was diagnosed by the bovine osseous tissue analysis that grazed in the state of Campeche.²¹

The low content of P found in forages and confirmed in soil, above all in C and S zones, coincides with previous studies carried out in the state of Yucatan,²² which concluded that P was also deficient. The same deficiency was identified by the bovine bone analysis of animals grazed in the state of Campeche.²¹ This deficit can be extended to other multiple tropical zones in Latin America.²³

Notwithstanding, K was low in N zone soil, its appropriate level found in the analyzed grass samples confirmed that, generally, this mineral is found in adequate quantities in tropical forages.²⁴ It is only critical when the animals are under stress condition and their requirements notably increase;¹⁶ therefore, it is necessary to supplement it.

The Mg low level found in forages and soil draws attention, since it has not been found in the state of Quintana Roo. In general, mineral salt commercial firms avoid its use for bovines in tropical zones. Deficiency of this mineral induces hypomagnesium in

pasto Tanzania (204 ppm $\pm$ 57) fue el que mostró el nivel más bajo ($P < 0.05$).

La cantidad de Mn estuvo por debajo del nivel crítico (40 ppm) en cinco de los ocho forrajes recolectados (Brizantha, Estrella, Taiwán, Mombasa y *Brachiaria humidicola*).

Finalmente, la cuantificación de Zn y Cu mostró que todos los valores promedio estuvieron por debajo del nivel crítico (30 y 10 ppm, respectivamente), excepto por el contenido de Zn en el pasto Estrella.

Discusión

La mayor frecuencia del pasto *Brachiaria brizantha* en los predios ganaderos (73.3%) puede deberse a la promoción que se le ha dado a esta gramínea, tanto en pruebas demostrativas como en congresos y mediante la publicación de folletos para productores.^{18,19} Debido a la amplia cobertura que tiene este pasto en las tierras ganaderas del estado de Quintana Roo, esta información puede ser útil para tomar decisiones orientadas a difundir el conocimiento sobre su manejo, con la finalidad de incrementar su productividad y, en consecuencia, la del ganado que lo pastorea.

Contenido de macrominerales y su relación con la localización geográfica

Contrariamente a la insuficiencia de Ca aquí encon-

Cuadro 6

EFFECTO DEL TIPO DE PASTO SOBRE EL CONTENIDO DE MICROMINERALES EN LOS PRINCIPALES FORRAJES QUE SE CULTIVAN EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO (PPM), MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR*

EFFECT OF THE TYPE OF GRASS ON THE MAIN FORAGE MICROMINERAL CONTENT CULTURED IN THE STATE OF QUINTANA ROO (PPM), MEAN AND STANDARD DEVIATION*

	<i>B. brizantha</i>	<i>Star of Africa</i>	<i>Taiwan</i>	<i>Tanzania</i>	<i>Mombasa</i>	<i>Guinea</i>	<i>Parana</i>	<i>B. humidicola</i>
Iron	252 ^{ab}	280 ^a	217 ^b	204 ^b	244 ^{ab}	271 ^a	331 ^a	326 ^a
	71	86	82	57	39	82	126	22
Manganese	36 ^a	34 ^b	27 ^b	42 ^a	30 ^b	55 ^a	60 ^a	29 ^a
	23	28	26	33	26	19	34	21
Zinc	23 ^a	35 ^b	28 ^{ab}	16 ^a	18 ^a	20 ^a	25 ^{ab}	23 ^a
	17	15	11	13	15	17	15	7
Copper	4 ^a	6 ^a	9 ^b	3 ^a	5 ^a	6 ^a	6 ^a	5 ^a
	3	3	6	3	16	4	3	7

*Different letters in the same line indicate a-b P < 0.01

grazing bovines;²⁵ nevertheless, up until now, hypomagnesium is not considered important in the peninsula of Yucatan.

Na deficiency found here can be easily corrected by the supplementation of sodium chloride.

Micromineral content and its relation with the geographical location.

The excessive content of Fe found in forages and soil coincides with the observed in samplings carried out in the state of Yucatan.⁴ The low content of Mn in forages, in contrast to its high level in soil, seems to indicate that this mineral is not found in an absorbable form for plants; therefore, it needs to be supplemented in ruminants diet. Likewise, a low content of Mn was found in 80.5% of forage samples obtained from the neighbor state of Campeche.²⁶

The low Zn content found is very important, since it is a mineral that intervenes in several metabolic processes in the animal organism: mucosa integrity, immune system and reproductive aspects. This deficiency has also been diagnosed in the other two peninsular states, Yucatan⁴ and Campeche.²⁷

As Cu low content is concerned, while its presence was not fully associated with soil, its deficiency, together with a Fe excess, can exacerbate due to Fe negative interaction over Cu absorption. In fact, hepatic Cu low levels have been recorded in bovines and ovine that consume high Fe diets.²⁸ Likewise, grazing animals that accidentally consumed rich soil on Fe, have manifested a decrease in Cu absorption.²⁸

tradas en los forrajes y sobre todo en los suelos, otros autores han señalado que el origen calcáreo marino del suelo del vecino estado de Yucatán, le confiere un adecuado contenido de este mineral.¹⁹ Para el caso del estado de Quintana Roo esto no aplica, ya que si bien el contenido de Ca en los forrajes que crecen en la zona S satisface el nivel crítico requerido, es muy reducido comparado con los valores registrados en los forrajes de Yucatán (0.60% o mayor). Estos hallazgos sugieren la importante necesidad de incluir este mineral como complemento para los animales. La misma insuficiencia cálcica también fue diagnosticada mediante el análisis de tejido óseo de bovinos que pastorean en el estado de Campeche.²¹

El bajo contenido de P encontrado en los forrajes y confirmado en los suelos, sobre todo de las zonas C y S, coincide con trabajos previos llevados a cabo en el estado de Yucatán,²² los cuales concluyeron que el P también fue insuficiente. La misma situación se identificó mediante el análisis del hueso de bovinos que pastorean en el estado de Campeche.²¹ Esta escasez puede extenderse a otras múltiples zonas tropicales de Latinoamérica.²³

El nivel apropiado de K encontrado en las muestras de pasto analizadas, no obstante que fue bajo en los suelos de la zona N, confirmó que este mineral generalmente se encuentra en cantidades adecuadas en los forrajes tropicales.²⁴ Solamente se hace crítico cuando los animales se encuentran en una situación de angustia bajo la cual incrementan sus requerimientos notablemente,¹⁶ por lo que es necesario complementarlo.

El bajo nivel de Mg encontrado en los forrajes y suelo llama la atención, ya que no se ha encontrado

Macromineral content and its relation with the type of forage

Notwithstanding that Ca and P quantities were found low, the ratio between them was good, ranging from 1.1:1 for *B. humidicola*, to 2.3:1 for *B. brizantha*. The exception was Mombasa grass, with a relation of 5.3:1. It is considered that this ratio can be up to 7:1 in ruminants, as long as consumed P quantity satisfies the animal requirement.³⁰

The low quantity of P in Mombasa and *B. humidicola* forages shows its incapability to obtain it from the soil, in contrast to others. Based on that, animals feeding these forages must receive this mineral supplement.

The profile of K (very high) and Mg (insufficient) content is very similar to all studied forages, which facilitates the design of mineral supplements to ease this problem.

Considering that Na was found in sufficient levels, it is not necessary to supplement it by distributing sodium chloride, which is a frequent practice among cattlemen of the State.

Micromineral content and its relation with the type of forage

It is unfavorable that in all studied forages, Fe had been found very high and Cu low, with the exception of Taiwan, where the content is marginal. The design for mineral salts elaborated to correct imbalance must consider an absence of Fe in its formulation and the addition of Cu in absorbable forms.

There are no results available on the Mn content in forages that grow in the peninsula of Yucatan; therefore, the information presented here is original and it implies that mineral sources of this mineral must be supplied to correct its scarceness.

In regard to Zn, this study found it deficient, in contrast to studies where it has been recorded within a marginal level;²² therefore, it must be reinforced in a mineral supplement.

With the obtained information it can be concluded that soil from the state of Quintana Roo is deficient in Ca, reflecting itself in the forages' constitution. There was also considerable P deficiency and, most of all, Mg in soil and forages, which contrasts with high quantities of K and Fe. Likewise, deficiency of Mn (N), Zn (C) and Cu (C and S) in forages was found between zones, which does not coincide with its high or medium presence in soil. Among the studied forages, the most frequent were: Brizantha, African Star, Taiwan and Tanzania.

It is possible to use the information here presented to design mineral supplements or multi-nutritive blocks to ease mineral deficiencies and excessiveness.

en el estado de Quintana Roo. En general, es un mineral soslayado entre los fabricantes de sales minerales para bovinos en zonas tropicales. La insuficiencia de este mineral propicia la hipomagnesemia en ganado en pastoreo;²⁵ sin embargo, este padecimiento hasta ahora no se considera importante en la península de Yucatán.

La insuficiencia de Na aquí encontrada puede ser fácilmente subsanada mediante la administración de sal común.

Contenido de microminerales y su relación con la localización geográfica

El excesivo contenido de Fe encontrado en forrajes y suelos coincide con lo observado en muestreos hechos en el estado de Yucatán.⁴ El reducido contenido de Mn en los forrajes, en contraste con su elevado nivel en el suelo, parece indicar que este mineral no se encuentra en forma absorbible para las plantas, por lo que requiere ser complementado en la dieta de los rumiantes. De igual forma, se encontró un bajo contenido del Mn en 80.5% de muestras de forrajes obtenidas en el vecino estado de Campeche.²⁶

Es muy importante el reducido contenido de Zn encontrado, ya que es un mineral que interviene en diversos procesos metabólicos en el organismo animal: la integridad de las mucosas, el sistema inmune y en aspectos reproductivos. Esta deficiencia también ha sido diagnosticada en los otros dos estados peninsulares, Yucatán⁴ y Campeche.²⁷

En cuanto al bajo contenido de Cu, si bien no se asoció plenamente con su presencia en el suelo, su insuficiencia, aunada a un exceso de Fe, puede exacerbarse debido a la interacción negativa del Fe sobre la absorción del Cu. En efecto, se han registrado niveles bajos de Cu hepático en bovinos y ovinos que consumen dietas altas en Fe.²⁸ De la misma manera, animales en pastoreo que consumieron tierra rica en Fe por accidente, han manifestado una disminución en el aprovechamiento del Cu.²⁸

Contenido de macrominerales y su relación con el tipo de forraje

No obstante que la cantidad de Ca y P se encontraron bajas, la relación entre ellos fue buena, oscilando entre 1.1:1 para el pasto *B. humidicola*, hasta 2.3:1 para *Brizantha*. La excepción fue el pasto Mombasa, con una relación de 5.3:1. Se considera que esta relación puede ser de hasta 7:1 en rumiantes, siempre y cuando la cantidad de P consumida satisfaga el requerimiento del animal.³⁰

La reducida cantidad de P en los forrajes Mombasa y *B. humidicola*, manifiesta su poca habilidad para

When these products are designed to be used in the whole state they must include Ca, P and Mg in its formulation, using sodium chloride as inactive ingredient and avoiding the addition of K and, most of all, Fe in the formulation. The addition of Zn and Cu will be necessary when supplements be offered in C and S zones of the state, and, mostly, Mn in the N zone.

Acknowledgements

The present study was partially financed by the Quintana Roo Produces Foundation, A.C., by the project titled: "Mineral characterization of soil, plant, animal and its application in animal nutrition".

Referencias

1. SÁNCHEZ RC, AGUSTIN RG, RAYA CMA. Contenido mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de vacas Holstein en pastoreo en Acatlán, Hidalgo, México. Arch Latinoam Prod Anim 1997;5 Supl 1:108-111.
2. AMÍREZ LRG, GARCÍA DG, GONZÁLEZ RHF. Contenido mineral de los recursos forrajeros del noreste de México. En: [Nombre de editores sin datos] Suplementación mineral de ganado en zonas áridas y semiáridas. Chihuahua, Chihuahua, México: [Editorial sin datos] 2003:23-28.
3. RAMÍREZ RG, FOROUGHBACKHCH R, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ H, GARCÍA-CASTILLO CG, ALBA-ÁVILA J, HÁUAD LA. Variación estacional del contenido mineral en el zacate buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.). Livest Res Rural Dev [serie en línea] 2002 Abril [Citado: 2007 mayo 17]. Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/2/rami142.htm>
4. MILLÁN CH, AGUIRRE GMA, ESCAMILLA I, CASTELLANOS RAF. Perfil mineral del pasto Guinea en el oriente de Yucatán. Vet Méx 1990;21:399-402.
5. SEGURA CVM, CASTELLANOS RAF. Efecto de la suplementación fosforada sobre la ganancia de peso de bovinos en pastoreo en Yucatán, México. Vet Méx 1999;30:257-262.
6. CABRERA TE, CASTELLANOS RAF, MONTES PRC, DELGADO DLR. Efecto de la suplementación fosforada sobre el comportamiento posparto de borregas Pelibuey en el trópico. Livest Res Rural Dev [serie en línea] 2001 Octubre [Citado: 2007 abril 21]. Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/cabr135.htm>.
7. CETZ UFH, CERVANTES TJI, SAURI DE, BORES QRA, CASTELLANOS RAF. Impacto del empleo de microminerales quelatados en la alimentación de rumiantes. Livest Res Rural Dev [serie en línea]. 2005 septiembre [Citado: 2007 abril 21]. Disponible en URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/cetz17097.htm>
8. SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS; INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS, CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, CAMPO EXPERIMENTAL CHETUMAL. Marco de referencia para la planeación de la investiga-

obtenerlo del suelo, en comparación con los otros. Con base en ello, los animales que pastorean en estos forrajes deberán recibir complementos reforzados de este mineral.

El perfil del contenido de K (muy elevado) y Mg (insuficiente) es muy parecido en todos los forrajes estudiados, lo cual facilita el diseño de complementos minerales para aliviar este problema.

Considerando que el Na se encontró en niveles suficientes, es innecesario complementarlo a partir de la distribución de sal común, práctica muy extendida entre los ganaderos del estado.

Contenido de microminerales y su relación con el tipo de forraje

Resulta desfavorable que en todos los forrajes estudiados, el Fe se haya encontrado muy elevado y el Cu bajo, excepto para Taiwán, en donde el contenido es marginal. El diseño de sales minerales elaboradas para corregir este desbalance deberá considerar una ausencia de Fe en la formulación y la adición de Cu en formas absorbibles.

No se dispone de resultados del contenido de Mn en forrajes que crecen en la península de Yucatán, por lo que la información aquí presentada es original e implica que hay que aportar fuentes de este mineral para corregir su carencia.

En cuanto al Zn, en este trabajo se encontró deficiente, a diferencia de estudios en donde se ha registrado dentro de un nivel marginal,²² por lo que su aporte debe estar reforzado en un producto mineral.

Con la información obtenida se puede concluir que los suelos del estado de Quintana Roo son insuficientes en Ca, lo que se refleja en la constitución de los forrajes. También se encontró insuficiencia considerable de P y sobre todo de Mg en suelo y forrajes, lo cual contrasta con cantidades elevadas de K y Fe. De la misma manera, se encontró, por zonas, insuficiencia de Mn (N), Zn (C) y Cu (C y S) en los forrajes, lo cual no coincide con su alta o mediana presencia en el suelo. Entre los forrajes estudiados, los más frecuentes fueron: Brizantha, Estrella de África, Taiwán y Tanzania.

Es posible utilizar la información aquí obtenida para diseñar complementos minerales o bloques mult nutritivos destinados a aliviar las carencias y excesos de minerales. Cuando estos productos sean diseñados para ser empleados en todo el estado deberán incluir en su formulación Ca, P y Mg, utilizando sal común como vehículo y evitando adicionar K y sobre todo Fe en la formulación. La adición de Zn y Cu se hará necesaria cuando se ofrezcan los complementos en las zonas C y S del estado, y de Mn sobre todo para la zona N.

ción agrícola en el estado de Quintana Roo. Chetumal, Q. Roo: SARH-INIA, 1981.

9. SEGURA CJC, HONHOLD N. Métodos de muestreo para la producción y la salud animal. Mérida, Yucatán: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, 2000.
10. FICK KR, MC DOWELL LR, MILES PH, WILKINSON MS, KUNK JD, CONRAD JH. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Gainesville. Gainesville, Fla. USA: Universidad de Florida, 1979.
11. TEJADA DE HI. Análisis de insumos usados en alimentación animal. México DF: Ed. Sistema de Educación Continua, 1988.
12. AGUILAR SA, ETCHEVERS BJ, CASTELLANOS RJ. Análisis Químico para Evaluar la fertilidad del suelo. México DF: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación especial No. 1, 1987.
13. OLSEN SR, DEAN LA. Phosphorus. 2ª ed. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1965.
14. CHATTERJEE S, PRICE B. Regression analysis by example. 2nd ed. N.Y. USA: John Wiley and Sons Inc., 1991.
15. SAS. SAS/STAT. User's Guide: Statistics (version 6.03) Cary, NC, USA. SAS Inst. Inc. 1988.
16. NATIONAL RESEARCH COUNSEL. The nutrient requirements of beef cattle. 7th revised ed. Washington, DC, USA: National Academy Press, 1996.
17. PIZARRO EA. Especies arbustivas, gramíneas y leguminosas para el trópico americano. Memorias del IX Seminario de Forrajes y forrajes; 2005 [Mes días sin datos]; San Cristóbal (Venezuela). San Cristóbal (Venezuela): Universidad Nacional del Táchira San Cristóbal, Venezuela, 2005: 30-49.
18. SOSA REE, ZAPATA BG, CABRERA TE. Pasto Chetumal (*Brachiaria humidicola*) (Rendle Schweick): Una opción para la ganadería en Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo: Folleto técnico INIFAP-CIRSE, 1994:16
19. SOSA REE, CABRERA TE, PÉREZ RD. Evaluación del potencial forrajero de gramíneas y leguminosas introducidas, bajo diferentes frecuencias de corte. Trópico Rural FUQROOP 2006;1(5):1-8
20. MÉNDEZ EG. Deficiencias minerales en el ganado bovino del estado de Yucatán (tesis de licenciatura). Texcoco (Estado de México) México: Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Chapingo, 1996.
21. FERNÁNDEZ DF, JUÁREZ HE. Nutrición mineral de bovinos en el estado de Campeche (tesis de licenciatura). Texcoco (Estado de México) México: Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Chapingo, 1993.
22. BORES QR, CASTELLANOS RAF. Importancia de los minerales en la alimentación de los rumiantes en

Agradecimientos

El presente trabajo fue parcialmente financiado por la Fundación Quintana Roo Produce, A.C., mediante el proyecto titulado: "Caracterización mineral de suelo, planta, animal y su aplicación en la nutrición animal".

Yucatán. Publicación Técnica. Mérida, Yucatán: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias-Conacyt-SISIERRA. 2003. Mayo.

23. MCDOWELL LR, ELLIS GL, CONRAD JH. Suplementos minerales para el ganado vacuno de pastoreo en las regiones tropicales. Rev Mundial Zoot FAO 1984; 52:2-12.
24. MCDOWELL LR, CONRAD JH, ELLIS GL. Mineral deficiencies and imbalances and their diagnosis. Symposium of herbivore nutrition in subtropics and tropics-Problems and prospects; 1983 April [días sin datos]; Peoria, South Africa. Preoria, South Africa: University of Preoria, 1983:18-24
25. GREEN LW, FONTENOT JP, WEBB KE. Site of magnesium and other microminerals absorption in steers fed high potassium. J Anim Sci 1983;2:503-513.
26. HERNÁNDEZ AG. La concentración mineral en algunas especies forrajeras pastoreadas en Chiapas y Campeche (tesis de licenciatura). Tuxtla Gutiérrez (Chiapas) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas, 1992.
27. CASTRILLO PH, MONROY AP, CASTELLANOS RAF. Composición mineral de tres gramíneas, concentración de los mismos elementos en el suero de bovinos y respuesta a la suplementación mineral en la zona del Camino Real, Camp. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México; 1983 nov-dic [días sin datos]; México DF. México DF. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SAR, 1983:785.
28. GENGBACH GP, WARD JD, SPEARS JW. Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves. J Anim Sci 1994;72:2722-2727.
29. GOONERATNE SR, SYMONDS HW, BAILEY JV, CHRISTENSEN DA. Effects of dietary copper, molybdenum and sulfur on biliary copper and zinc excretion in Simmental and Angus cattle. Can J Anim Sci 1994;74:315-325.
30. GUEGUEN L, LAMAND M, MESCHY F. Nutrition minerale. In: JARRIGE J, editor. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris, France: INRA. 1988;95-106.