

Contenido mineral de forrajes en predios de ovinocultores del estado de Yucatán

Mineral content of forage species found in sheep farms in the State of Yucatán, México

Erick F. Vivas May^a, J. Gabriel Rosado Rubio^b, Arturo F. Castellanos Ruelas^b, Manuel Heredia y Aguilar^c, Eduardo J. Cabrera-Torres^d

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue establecer un diagnóstico del contenido de cinco minerales en forrajes que crecen en predios de ovinocultores en el Estado de Yucatán durante la época de lluvias. Se muestrearon 50 predios de 47 municipios. Se recolectaron 88 muestras de forrajes. Se determinó el contenido de Ca, K, Fe, Cu y Zn mediante espectrofotometría de absorción atómica; Se les calculó su promedio y parámetros de dispersión. El modelo estadístico de análisis incluyó los efectos de zona de muestreo, tipo de suelo, tipo de forraje, interacciones y error aleatorio. El contenido de minerales fue 0.53 ± 0.41 % Ca, 0.51 ± 0.24 % K, 12.8 ± 10.1 ppm Cu, 251 ± 147 ppm Fe y 27.6 ± 12.6 ppm Zn. El porcentaje de suficiencia en relación al requerimiento para ovejas de 40 kg de peso, en lactación temprana amamantando un cordero ovino fue 34, 48, 27.8 y 57.7% para el Ca, K, Cu y Zn respectivamente. Casi ningún forraje fue deficiente en Fe. Respecto a la zona, el contenido de Ca y Zn fue mayor ($P < 0.05$) en la Poniente y Oriente respectivamente. El efecto del tipo de suelo únicamente se detectó en los Cambisoles, los cuales tuvieron una mayor cantidad de Cu ($P < 0.05$). El forraje de agostadero fue el más abundante en Ca, Cu y Zn ($P < 0.05$). Se concluye que se detectaron deficiencias de Ca, K, Cu y Zn, en cambio, el Fe se encontró en niveles elevados. La formulación y elaboración de suplementos minerales destinados a ovinos en el Estado de Yucatán deberá incluir estos minerales, estando libres de Fe.

PALABRAS CLAVE: Forrajes tropicales, Minerales, Ovinos, Pastoreo.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to diagnose contents of five minerals in forages that grow in sheep farms during the rainy season in the State of Yucatán, Mexico. A total of 50 farms in 47 municipalities were sampled and 88 forage samples were gathered. Ca, K, Fe, Cu and Zn contents were determined through atomic absorption spectrophotometry and average content and dispersion parameters were estimated. Results were analyzed using a General Linear Model to detect effects of sampling area (Center, East, South, West), soil type (Rendzina, Litosol, Luvisol, Vertisol, Cambisol), forage type, interactions and experimental error. Average results obtained were 0.53 ± 0.41 % Ca, 0.51 ± 0.24 % K, 12.8 ± 10.1 % Cu, 251 ± 149 ppm Fe and 27.6 ± 12.6 ppm Zn. Nutrient content adequacy for 40 kg single lamb lactating ewes was 34, 48, 27.8 and 57.7 % for Ca, K, Cu and Zn, respectively. Practically no deficiencies were found for Fe. Both Ca and Zn content was greater ($P < 0.05$) in East and West areas. Soil type effect was only found in Cambisols, which showed a greater Cu content ($P < 0.05$). Rangeland forage showed the higher Ca, K, Cu and Zn content ($P < 0.05$). It can be concluded that nutrient inadequacies were found for Ca, K, Cu and Zn, while Fe showed high levels. Formulation and manufacture of mineral supplements meant for sheep in Yucatan should include these minerals and be Fe free.

KEY WORDS: Tropical forages, Minerals, Sheep, Grazing.

La producción de rumiantes en el estado de Yucatán depende de la utilización de los forrajes para obtener

Raising ruminants in the Yucatán peninsula in Mexico is dependent on grazing mainly native

Recibido el 23 de octubre de 2009. Aceptado el 29 de junio de 2010.

^b Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. cruelas@uady. Correspondencia al tercer autor.

^c Asesor independiente. Mérida, Yucatán.

^d INIFAP-SAGARPA. Chetumal, Quintana Roo.

nutrientes. Existen limitaciones climáticas y de suelo que imponen severas restricciones nutricionales a estos forrajes. Ello determina una deficiente respuesta animal. Se han realizado estudios⁽¹⁾ al respecto en donde se observa el pobre desempeño de bovinos, sobre todo en aquellos animales que no son producto de encastes.

La oferta limitada de forrajes es severa durante la época de sequía; en lluvias, a pesar de la abundancia de forraje, su rápido crecimiento está asociado con una veloz disminución de la digestibilidad⁽²⁾. No obstante que la oferta de nutrientes sigue un patrón cíclico dependiente de la precipitación pluvial, la deficiencia mineral es generalizada e independiente de la variación de la oferta forrajera⁽³⁾.

El contenido mineral de los forrajes representa una limitante muy importante en los sistemas de producción de rumiantes. El tipo de suelo, las inapropiadas prácticas de fertilización y la utilización de suplementos minerales de baja calidad, determinan en muchas explotaciones ganaderas, deficiencias o desbalances de minerales en la cadena suelo-planta-animal⁽⁴⁾.

En la Península de Yucatán, sólo en el estado del mismo nombre⁽⁵⁾ y en Quintana Roo⁽⁶⁾, se han hecho muestreos y análisis de forrajes, pero únicamente en Yucatán se han llevado a cabo ensayos de complementación mineral en rumiantes en pastoreo^(7,8). Sin embargo esta información ha sido obtenida de predios de productores de ganado bovino.

Con base en lo anterior, el objetivo del estudio fue establecer un diagnóstico del contenido de cinco de los más importantes minerales en forrajes que crecen en predios de ovinocultores del estado de Yucatán durante la época de lluvia, en función de las necesidades de los animales, y su asociación con la zona geográfica, el tipo de suelo y la especie de forraje.

Se llevó a cabo un muestreo, cuya superficie se dividió en cuatro zonas de acuerdo a la vocación agropecuaria tradicional del uso del suelo: Centro (C) (producción de henequén), Oriente (O) (ganadería), Sur (S) (agricultura), y Poniente (P)

pastures for nutrients. Both climate and soil causes nutritional constraints to forage. This causes a deficient animal performance. Studies⁽¹⁾ have been carried out where poor performance of bovines is shown, especially in animals other than crossbred.

In the dry season fodder supply is scarce, and in the rainy season, in spite of abundance, its rapid growth is associated to a fast drop in digestibility⁽²⁾. Although nutrient content follows a cyclic pattern in accordance with rainfall, mineral deficiency is widespread and independent of forage supply⁽³⁾.

Mineral content in forage is a significant limitation for ruminant production. Soil type and inadequate fertilization practices together with low quality mineral supplements determine in many cattle farms a mineral imbalance in soil-plant-animal relationships⁽⁴⁾.

In the Yucatán Peninsula, only in the States of Yucatán⁽⁵⁾ and Quintana Roo⁽⁶⁾ sampling and analyses of forages have been performed, but only in Yucatán studies on mineral supplementation on grazing ruminants have been carried out^(7,8). However, this information has been collected exclusively in bovine cattle farms.

Based on the above, the purpose of the present study was to diagnose content of five of the most important minerals, in pastures that grow in sheep farms in Yucatán in the rainy season, taking into account geographical area, soil type, forage species and animal requirements.

Sampling was carried out during the 2007 rainy season (July to October) in the State of Yucatán, whose whole area was divided in four geographical areas according to traditional soil use: Center (C) sisal production, East (E) livestock, South (S) crops and West (W) indefinite.

Pastures in sheep farms were sampled and, to determine the number of samples, a pre-sampling of four samples gathered at random in each geographical area was performed. Results of analytical contents of a macromineral (Ca) and of a micromineral (Zn) were included in a calculation⁽⁹⁾ with 95 % confidence and a 10 % error for determining

(indefinida), durante la época de lluvias (julio a octubre) de 2007.

Se procedió a muestrear forrajes de predios ganaderos dedicados a la explotación de ovinos. Para determinar la cantidad de muestras, se llevó a cabo un muestreo recolectando cuatro muestras al azar, en cada una de las zonas de estudio; los resultados obtenidos del contenido analítico de un macromineral (Ca) y un micromineral (Zn) 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 10 % alrededor de la media. El cálculo arrojó que se requería de 81 y 95 muestras para analizar Ca y Zn, respectivamente, por lo que se decidió obtener 88 muestras, las cuales procedieron de 50 predios de ovinocultores ubicados en 47 municipios.

Las muestras de forrajes se tomaron dependiendo de la cantidad de ovinocultores registrados en cada zona según el censo de la Asociación de Ovinocultores de Yucatán. El número de muestras obtenidas fue mayor en aquellas zonas con más población de ovinocultores. El muestreo en cada zona se llevó a cabo de una manera totalmente al azar. Se tomaron 53 muestras de forrajes provenientes de 27 predios en la zona C, 20 muestras de 12 predios en la zona O, 10 muestras de tres predios en la zona S y cinco en la P.

Se identificó y registró el tipo de suelo (Rendzina, Litosol, Luvisol, Vertisol y Cambisol) predominante en el cual se ubicaba la explotación ovina⁽¹⁰⁾.

Se obtuvieron muestras de los forrajes disponibles en los predios. Resultaron ser los más abundantes: brizantha (*B. brizantha*), CT-115 (*Pennisetum purpureum*), estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Guinea (*Panicum maximum*), leucaena (*L. leucocephala*), Taiwán (*Pennisetum purpureum* var. 115), Mombaza (*Panicum maximum* var Mombaza), mezcla de forrajes del agostadero y otros, como caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), king grass (*Pennisetum purpureum*), llanero (*Andropogon gayanus*), tanner (*Brachiaria*

samples with $\pm 10\%$ deviation from the average mineral content. The results showed that 81 and 95 samples were required for analyzing Ca and Zn, respectively, so it was decided to take 88 samples from 50 sheep farms in 47 municipalities.

Forage samples were taken considering the number of registered in each geographical area in accordance with the census of the Sheep Farmers Association of Yucatán. Therefore, more samples were taken in the geographical areas that showed a greater number of sheep farmers. Samples in all geographical areas were taken at random. Thus, 53 samples were taken in 27 farms in C area; 20 samples from 12 farms in E area, 10 samples from 3 farms in S area and 5 samples in W area.

The predominant soil type (Rendzina, Litosol, Luvisol, Vertisol, Cambisol) in each sampled farm was identified and duly recorded⁽¹⁰⁾.

Samples of forage species found in farms were taken. The most common were brizantha (*Brachiaria brizantha*), CT-115 (*Pennisetum purpureum*), African star (*Cynodon plectostachyus*), Guinea (*Panicum maximum*), Mombasa (*Panicum maximum* var. Mombasa), leucaena (*Leucaena leucocephala*), Taiwan (*Pennisetum purpureum* var. 115), a mixture of grassland forage species as well as other species such as sugarcane (*Saccharum officinarum*), king grass (*Pennisetum purpureum*), llanero (*Andropogon gayanus*), tanner (*Brachiaria radicans*) and signal grass (*Brachiaria decumbens*). Each specie was identified and samples of approximately 3 kg cut at grazing height⁽¹¹⁾ were collected following a cross pattern with a center point with four ends⁽¹²⁾. Samples were washed immediately with running water and again with distilled water at the moment of arrival at the laboratory. Afterwards samples were blended, quartered and then dried in a Lab Line Imperial model (USA) forced air stove at 60 °C. When dry, samples were ground in a Thomas Wiley Model 4 lab mill provided with a number 20 sieve and then stored until analyzed.

Ca, K, Cu, Zn and Fe content was determined by means of a Perkin Elmer model 500 atomic absorption spectrometer, equipped with the respective hollow

radicans) y señal (*Brachiaria decumbens*). Cada forraje fue identificado y se obtuvieron muestras de aproximadamente 3 kg, cortadas simulando la altura de pastoreo⁽¹¹⁾ empleando un esquema de cruz, con un punto central y cuatro extremos⁽¹²⁾. Las muestras 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 marca Lab Line modelo Imperial V (USA) a 60 °C; luego se molieron en un molino de laboratorio marca Thomas Wiley modelo 4 equipado con una malla 20 y se guardaron hasta su análisis.

Se determinó Ca, K, Fe, Cu y Zn empleando un espectrómetro de absorción atómica (Perkin Elmer modelo 500), equipado con las lámparas de cátodo hueco respectivas, utilizando la metodología descrita por Fick *et al.*⁽¹³⁾.

Los datos obtenidos del contenido mineral de los forrajes se compararon al requerimiento mineral de una oveja de 40 kg en el primer tercio de lactación amamantando una cría⁽¹⁴⁾. Se les calculó la media y parámetros de dispersión; y se transformaron a su logaritmo natural para evitar heterocedasticidad⁽¹⁵⁾. El modelo estadístico para el análisis de minerales incluyó los efectos de la zona de muestreo (C, O, S y P); el tipo de suelo (rendzina, litosol, luvisol, vertisol y cambisol); el tipo de forraje (agostadero, brizantha, CT-115, estrella de África, guinea, leucaena, taiwán,

cathode lamps, using the methodology described by Fick *et al.*⁽¹³⁾.

Data obtained of mineral content in forage was compared to requirements of 40 kg single lamb lactating ewes⁽¹⁴⁾. Averages and dispersion parameters were estimated and transformed in their natural logarithms for avoiding heteroscedasticity⁽¹⁵⁾. The model used for analyzing minerals included effects of geographical area (C, S, E, W), soil type (rendzina, litosol, luvisol, vertisol, cambisol), forage type (native pasture, brizantha, CT-115, African star, guinea, leucaena, Taiwan, Mombasa and others), interactions and experimental error. Analyses were performed with the Means and GLM routines of the SAS statistical software⁽¹⁶⁾. When significant effects were detected in a variable, averages were compared through Tukey's test. Correlations between results were estimated, too.

Some samples got lost due to several causes (loss of harvested material, contamination of same, loss of data), so results of analyses belonging to between 73 and 85 samples are shown.

In Table 1 global results are shown. A great dispersion among data was found, especially for Ca and Cu. Quantities found for each element, except for Fe, in a high percentage of samples were lower than those required for ovines.

The effect of geographical area (Table 2) showed differences ($P < 0.05$) for Ca and Zn. The highest

Cuadro 1. Contenido de calcio y potasio (%), cobre, hierro y zinc (ppm) en forrajes durante la época de lluvias

Table 1. Calcium and potassium (%) and copper, iron and zinc (ppm) content in forage in the rainy season

	n	Average	Standard Deviation	Lowest	Highest	Samples below requirements (%) [†]
Calcium	73	0.53	0.41	0.11	2.21	34.0
Potassium	74	0.51	0.24	0.08	1.0	48.0
Copper	82	12.8	10.1	0.33	53.6	27.8
Iron	85	251	147	17	906	0
Zinc	78	27.6	12.6	0.64	75.6	57.7

[†]Requirements for 40 kg ewes in early lactation with a single lamb (NRC, 2007): Ca 0.30%, K 0.50%, Cu 5 ppm, Fe 50 ppm, Zn 30 ppm.

CONTENIDO MINERAL DE FORRAJES EN PREDIOS DE OVINOCULTORES

mombaza, y otros); las interacciones y el error aleatorio. Los análisis se llevaron a cabo empleando el paquete estadístico SAS⁽¹⁶⁾ en sus rutinas Means y GLM. Cuando se detectaron efectos significativos en alguna variable, los promedios se compararon por medio de la prueba de Tukey. También se estimaron las correlaciones entre los resultados obtenidos.

Para el análisis de las muestras, algunas se perdieron por diversas causas (extravío de los forrajes

Ca content was found in the W area. However, the greater percentage of samples below ovine requirements was found in the E and C areas. For Zn, the higher content was found also in the E area, and the lower in W, and the percentage of farms showing deficiency was greater. All the other minerals showed similar content in all geographical areas ($P > 0.05$). The high number of samples showing both K and Zn content below ovine requirements⁽¹⁴⁾ in all areas is worth mentioning, being followed in deficits first by Cu and finally by Ca.

Cuadro 2. Contenido de calcio y potasio (%), cobre, hierro y zinc (ppm) en forrajes en diferentes áreas geográficas
Table 2. Calcium (%) potassium (%) and copper, iron and zinc (ppm) content in forage species in accordance with their geographical area

	n	Average	Standard deviation	Lowest	Highest	Samples below requirements(%) [†]
Center						
Calcium	44	0.48 ^b	0.28	0.11	1.23	38.6
Potassium	46	0.53	0.23	0.08	0.97	41.3
Copper	50	13.48	9.96	1.17	53.70	14.0
Iron	52	228.50	130.20	17.37	743.70	1.9
Zinc	47	24.90 ^b	11.00	0.64	51.40	63.8
East						
Calcium	17	0.53 ^b	0.58	0.10	2.21	52.9
Potassium	16	0.40	0.21	0.12	0.74	62.5
Copper	19	10.10	10.70	0.33	37.80	47.4
Iron	19	273.10	195.00	29.50	906.30	5.3
Zinc	19	34.20 ^a	15.80	11.80	75.60	42.1
West						
Calcium	5	0.95 ^a	0.63	0.35	1.79	0
Potassium	5	0.64	0.40	0.12	1.00	40.0
Copper	5	16.30	11.00	2.83	27.80	20.0
Iron	5	309.10	129.60	190.00	497.90	0
Zinc	5	23.50 ^b	10.60	5.30	30.90	80.0
South						
Calcium	7	0.51 ^b	0.24	0.19	0.82	14.3
Potassium	7	0.61	0.24	0.23	0.86	42.9
Copper	8	12.70	9.60	2.00	27.80	28.6
Iron	8	308.20	128.50	124.20	495.20	0
Zinc	7	29.70 ^{ab}	6.80	22.40	42.80	42.8

ab Values with different superscript in the same column differ ($P < 0.05$).

[†]Requirements for 40 kg ewes in early lactation with a single lamb (NRC, 2007): Ca 0.30%, K 0.50%, Cu 5 ppm, Fe 50 ppm, Zn 30 ppm.

cosechados, contaminación de los mismos, desaparición de la información), por lo que se presentan los resultados del análisis de entre 73 y 85 muestras.

Results of effects due to soil type are shown in Table 3. Only in Cu effects of soil type were found, being higher in cambisols and lower in vertisols ($P < 0.05$). The greater mineral content deficiencies

Cuadro 3. Contenido de calcio y potasio (%), cobre, hierro y zinc (ppm) en forrajes que crecen en predios de ovinocultores durante la época de lluvias en función del tipo de suelo

Table 3. Calcium (%) potassium (%) and copper, iron and zinc (ppm) content in forage species growing in sheep farms in the rainy season in accordance with soil type

	n	Average	Standard deviation	Lowest	Highest	Samples below requirements (%)†
Cambisol						
Calcium	7	0.35	0.21	0.11	0.75	42.8
Potassium	7	0.35	0.26	0.18	0.86	85.7
Copper	8	17.30 ^a	10.90	5.33	37.80	0.0
Iron	8	301.60	146.40	113.70	516.80	0.0
Zinc	8	30.80	22.70	0.64	75.60	50.0
Litosol						
Calcium	17	0.56	0.32	0.17	1.23	35.3
Potassium	18	0.57	0.18	0.28	0.97	33.3
Copper	19	15.60 ^{ab}	13.20	1.17	53.67	21.1
Iron	20	203.40	106.10	17.37	480.00	5.0
Zinc	16	28.60	11.80	8.69	51.50	50.0
Luvisol						
Calcium	9	0.55	0.39	0.18	1.47	22.2
Potassium	9	0.41	0.26	0.12	0.81	55.5
Copper	11	13.5 ^{ab}	10.60	0.33	32.80	18.2
Iron	11	254.00	112.00	124.00	437.37	0.0
Zinc	9	30.30	13.10	11.80	48.10	55.5
Rendzina						
Calcium	33	0.55	0.49	0.11	2.21	42.4
Potassium	34	0.54	0.24	0.08	1.00	47.1
Copper	38	11.1 ^{ab}	7.70	0.33	27.80	21.1
Iron	39	263.00	175.00	29.50	906.30	2.6
Zinc	39	25.20	11.30	5.30	61.40	69.2
Vertisol						
Calcium	6	0.46	0.22	0.19	0.82	33.3
Potassium	5	0.55	0.26	0.17	0.79	40.0
Copper	6	8.70 ^b	9.90	1.17	27.80	66.7
Iron	6	265.30	131.10	121.60	495.30	0.0
Zinc	6	31.70	6.80	22.50	42.80	16.7

ab Values with different superscript in the same row differ ($P < 0.05$).

†Requirements for 40 kg ewes in early lactation with a single lamb (NRC, 2007): Ca 0.30%, K 0.50%, Cu 5 ppm, Fe 50 ppm, Zn 30 ppm.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados globales obtenidos. Se encontró una gran dispersión entre los datos, sobre todo para el caso del Ca y Cu. La cantidad encontrada de minerales, excepto Fe, fue inferior al contenido recomendado para ovinos, en un elevado porcentaje de las muestras.

El efecto de zona (Cuadro 2) fue diferente ($P < 0.05$) para el contenido de Ca y de Zn. El mayor contenido de Ca se encontró en la zona P; sin embargo, el mayor porcentaje de muestras debajo del requerimiento de los ovinos se encontró en las zonas O y C. Para el caso del Zn, en la zona O se encontró la mayor concentración, en cambio en la zona P la concentración fue la más baja y el porcentaje de predios con deficiencias fue el mayor. Todos los demás minerales se encontraron en cantidades similares en las diferentes zonas ($P > 0.05$). Es notorio el elevado porcentaje de muestras con niveles de K y Zn inferiores a las necesidades de los ovinos⁽¹⁴⁾, en todas las zonas muestreadas, siguiéndoles en importancia por su déficit, el Cu y finalmente el Ca.

Los resultados del tipo de suelo sobre el contenido de minerales en los forrajes se muestran en el Cuadro 3. Únicamente se encontró efecto en el contenido de Cu, siendo mayor el porcentaje de este mineral en los suelos cambisoles y menor en los vertisoles ($P < 0.05$). Las mayores deficiencias de minerales en relación a los requerimientos de los ovinos⁽¹⁴⁾ se encontraron en las redzinas y cambisoles.

regarding ovine requirements⁽¹⁴⁾ were found in rendzinas and cambisols.

Results of mineral content regarding forage type are shown in Table 4. Native pasture and leucaena showed the higher Ca content, being very low in brizantha ($P < 0.01$). The same effect was seen in Cu. On the other hand, Zn content was similar in all forages, except in Mombasa ($P < 0.01$). No effects ($P > 0.05$) due to double or triple interactions were found for mineral content in forages.

Significant correlations between Cu and Ca (0.38), Fe and Cu (0.54), Zn and Cu (0.39) and Zn and Fe (0.30) were found ($P < 0.01$).

It can be deduced from these results that 34 % of sampled forages show Ca content below ovine requirements. This is in disagreement with what is mentioned by other authors who stated that Ca content in forages in Yucatán is adequate^(5,17). These could be due to the fact that the sampling base in the present study was broader. The C area was expected to show the higher Ca content, because of the abundance of limestone, but unexpectedly it was W. Regarding forage, it was expected that leucaena showed the greater Ca content, but the fact that native pasture showed a high Ca content can be attributed to the presence of legumes. No forage showed deficiency for Fe content regarding ovine requirements⁽¹⁴⁾.

A K adequacy of 48 % disagrees with what is mentioned by other authors⁽¹⁸⁾ who only took

Cuadro 4. Contenido de calcio y potasio (%), cobre, hierro y zinc (ppm) en forrajes que crecen en predios de ovinocultores durante la época de lluvias*

Table 4. Calcium (%) potassium (%) and copper, iron and zinc (ppm) content in forage species growing in sheep farms in the rainy*

	Native pasture (n=25)	Brizantha (n=8)	CT-115 (n=2)	Star of Africa (n=15)	Guinea (n=8)	Leucaena (n=3)	Taiwán (n=12)	Mombasa (n= 2)
Calcium	0.83± 0.51 ^a	0.19± 0.05 ^c	0.49± 0.54 ^b	0.41± 0.22 ^b	0.38± 0.22 ^b	0.87± 0.00 ^a	0.40± 0.12 ^b	0.19± 0.01 ^c
Potassium	0.53± 0.26	0.59± 0.13	0.45± 0.06	0.45± 0.28	0.57± 0.21	0.51± 0.29	0.59± 0.25	0.32± 0.06
Iron	342.00±187.00	167.00±99.00	274.00±134.00	211.00±81.00	227.00±112.00	267.00±97.00	205.00±83.00	91.30±46.50
Copper	20.4± 8.00 ^a	4.5± 3.50 ^c	13.00± 5.30 ^{ab}	7.5± 4.3 ^{ab}	7.6± 8.1 ^{ab}	17.8± 1.6 ^a	13.3±14.70 ^{ab}	1.60± 0.60 ^c
Zinc	31.3± 15.00 ^a	31.6±12.20 ^a	33.10± 12.60 ^a	23.6±11.1 ^{ab}	27.3± 6.1 ^{ab}	26.1± 4.1 ^{ab}	25.6±11.40 ^{ab}	17.60±12.00 ^b

* Mean and Standard deviation.

ab Valves with different superscript in the same row differ a-b $P < 0.05$; a-c $P < 0.01$.

En cuanto al contenido de minerales en función del tipo de forraje, los resultados se presentan en el Cuadro 4. El forraje de agostadero y la leucaena fueron los que tuvieron el mayor porcentaje de Ca, habiéndose encontrado en proporciones muy bajas en el brizantha ($P < 0.01$). El mismo efecto se observó para el contenido de Cu. Para el caso del Zn el contenido fue similar en todos los forrajes, con excepción del mombaza ($P < 0.01$). No se encontró efecto ($P > 0.05$) atribuible a las interacciones dobles o triples, sobre el contenido de minerales de los forrajes.

Se encontraron correlaciones significativas entre el contenido de Cu con Ca (0.38), Fe-Cu (0.54), Zn-Cu (0.39) y Zn y Fe (0.30) ($P < 0.01$).

De los resultados anteriores, se deduce que el 34 % de los forrajes muestreados se encontraron con un contenido de Ca por debajo del requerimiento de los ovinos. Esto contrasta con lo afirmado por otros autores quienes mencionan que el Ca se encontró en cantidades satisfactorias en los forrajes que crecían en Yucatán^(5,17). La diferencia pudo haberse a que el presente muestreo fue más amplio que los precedentes. El hecho de que la zona más abundante en Ca haya sido la P, es inesperado ya que se consideraba que fuera la zona C en donde se encontrarán las mayores cantidades de este mineral, por la abundancia de roca caliza que aflora sobre la superficie del suelo. En cuanto al tipo de forraje, era de esperarse que las leguminosas, como la leucaena tuvieran el mayor contenido de Ca; y el hecho de que los forrajes de agostadero hayan resultado con elevados contenidos, se explica por su posible riqueza en leguminosas.

Para el caso del K el porcentaje de insuficiencia fue del 48 %, lo cual también contrasta con lo informado por otros autores quienes muestrearon pastos únicamente en la zona C⁽¹⁸⁾. La insuficiencia no es afectada, por el tipo de suelo sobre el cual crecen los forrajes, por la localización geográfica del predio ovino, o por el tipo de forraje. Debido a lo anterior, es importante considerar a este mineral al momento de formular sales minerales para el Estado.

Ningún forraje fue deficiente en Fe, el cual se encontró en niveles elevados en comparación con el requerimiento de ovinos⁽¹⁴⁾.

samples in C geographical area. This deficiency is not affected either by soil type, geographical area or forage type. Due to this, it is of the utmost importance to take into account K when formulating mineral supplements for Yucatán.

Regarding Cu and Zn, adequacy was 27.8 and 57.7 %, respectively, in coincidence with previous studies performed in Yucatán⁽¹⁹⁾. Results found in the present study concerning Fe, Cu and Zn content concur with those reported by Millán *et al*⁽⁵⁾ who consider Cu and Zn content as marginal and Fe content is in surplus.

The high Fe content in forages predisposes towards Cu and Zn deficiency, because of antagonism between these minerals^(20,21). Fe, Cu and Zn in excess interact diminishing the digestive availability of the mineral in deficit, Cu and Zn in this case.

Very few studies have been performed and published in Mexico on mineral content in pastures, despite the importance of this subject, and most of these were carried out in the central part of the country. Dominguez and Huerta⁽²³⁾ also found an excess of Fe and scarcity of Cu for ovines in the valley of Toluca. Working with goats, Ramírez *et al*⁽²⁵⁾ found Se deficiency in forage species that grow in the Mexican highland and suggest injections to relieve this. In the north of Mexico studies were carried out recently on mineral content of forage species relative to ovine requirements⁽²⁶⁾, and P deficiency stood out. In Yucatán, both Se and Co have been pointed out as being in deficit in grasses⁽¹⁹⁾ and their inclusion in mineral supplements is recommended.

Results found in the present study emphasize the presence of Ca and K deficit in forage species growing in sheep farms and confirm an excess in Fe content, and of Cu and Zn marginal contents as seen before for bovines. When these imbalances are added to a poor forage biomass supply in the dry season, mineral requirements of animals are not met⁽²⁷⁾. The above justifies the use of mineral supplementation.

Correlations between minerals in the present study indicate a close positive relationship of Fe with Cu

En cuanto al Cu y Zn, los porcentajes de insuficiencia fueron de 27.8 y 57.7% respectivamente, valores coincidentes con los encontrados en otros estudios llevados a cabo en Yucatán⁽¹⁹⁾. Los resultados de Fe, Cu y Zn, confirman lo encontrado por Millán *et al*⁽⁵⁾, quienes consideraron al contenido de Cu y Zn como marginales y el Fe como excedentario.

El elevado contenido de Fe en los forrajes predispone a deficiencias de Cu y Zn, debido al antagonismo existente entre estos minerales^(20,21). En efecto, los excesos de Fe, Cu, o Zn interactúan disminuyendo la disponibilidad digestiva del mineral que se encuentre en déficit⁽²²⁾, en este caso el Cu y el Zn.

Pocos trabajos han sido realizados en México y publicados, sobre el contenido mineral de los forrajes, no obstante la importancia del tema, siendo la zona centro del país en donde se han conducido la mayor parte de los experimentos: Domínguez y Huerta⁽²³⁾ también encontraron exceso de Fe y deficiencia de Cu para ovinos en pastoreo, en forrajes que crecen en el Valle de Toluca. Trabajando con cabras Ramírez *et al*⁽²⁴⁾ encontraron deficiencias de selenio en forrajes que crecen en el altiplano mexicano, y proponen la aplicación parenteral de selenito de sodio para aliviar la deficiencia⁽²⁵⁾. En el norte de México se han generado recientes investigaciones relacionadas con el contenido mineral de forrajes consumidos por ovinos destacándose las deficiencias de fósforo⁽²⁶⁾. En Yucatán, el selenio, así como el cobalto, han sido señalados como deficitarios en los pastos⁽¹⁹⁾ y recomiendan su inclusión en las sales minerales.

Los resultados aquí presentados recalcan la existencia de déficits de Ca y K en los forrajes que crecen en los predios de ovinocultores y confirman los excesos de Fe, así como los contenidos marginales de Cu y Zn ya observados anteriormente en los pastos que crecen en las explotaciones para ganado bovino. Cuando estos desbalances se suman a la baja oferta de biomasa forrajera durante la época seca, entonces no se alcanzan a cubrir los requerimientos de los animales⁽²⁷⁾. Lo anterior, justifica el uso del aporte de minerales.

and Zn, which are antagonistic in their absorption in the digestive tract, as already mentioned.

Based on the above, it can be offered as a conclusion that in the rainy season, Ca, K and Cu deficiency was detected in almost half of the forage species found in sheep farms in Yucatán and of Cu in a quarter of them. On the other hand, Fe was found in excess regarding ovine requirements.

Formulation and manufacture of mineral supplements for ovines in the State of Yucatán should include Ca, especially in those for E and C geographical areas, K and above all Zn in those for E and Cu to a lesser extent and all should be Fe free. Sheep farms in Rendzina and Cambisol soils should use more concentrated mineral supplements, as these soils showed the greater mineral deficit. Finally, Ca and Cu deficiency in Brizantha grass and of Cu in Mombasa make necessary redesigning a strategy for providing these elements to ovines that graze them.

ACKNOWLEDGMENTS

The present study was partly funded through CONACYT-SAGARPA-COFUPRO project # 12284 "Caracterización mineral en el sistema suelo-planta-animal y su aplicación en la nutrición de ovinos en la Península de Yucatán".

End of english version

El estudio de las correlaciones establecidas entre los minerales indica una cercana relación positiva de la presencia del Fe, con Cu y Zn, minerales que como ya se dijo son antagónicos en su absorción.

Con base en la información anterior, se concluye que durante la época de lluvias, se detectaron deficiencias de Ca, K y Zn en aproximadamente la mitad de los forrajes muestreados en los predios de ovinocultores del estado de Yucatán y de Cu en una cuarta parte de ellos. En cambio, el Fe se

encontró en niveles muy elevados en relación a las necesidades de los ovinos.

La formulación y elaboración de suplementos minerales destinados a ovinos en el estado de Yucatán deberá incluir Ca sobre todo en las zonas Oriente y Centro; K, Zn sobre todo en la zona Oriente y en menor medida Cu, estando libres de Fe. Las ganaderías establecidas en suelos de tipo redzina y cambisol deberán utilizar suplementos minerales más concentrados, ya que fueron las que mayor déficit en minerales tuvieron. Finalmente, la deficiencia del pasto brizantha en Ca y Cu, así como del mombaza en Zn hacen necesario revisar una estrategia para aportar estos minerales a los ovinos que los pastoreen.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto CONACyT-SAGARPA-COFUPRO #12284 "Caracterización mineral en el sistema suelo-planta-animal y su aplicación en la nutrición de ovinos en la Península de Yucatán".

LITERATURA CITADA

1. Magaña JG, Parra BGM, Estrada LRJ, Ku VJC, Sosa FCF. Caracterización del recurso genético animal en el diseño de sistemas sustentables de producción bovina en el trópico. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2009;10:85-94.
2. Minson DJ. Forages in ruminant nutrition. San Diego. USA: Academic Press; 1990.
3. 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.
4. Whitehead CD. Nutrient elements in grassland. *Soil-Plant-Animal Relationships*. Cambridge. UK: CABI Publishing International University Press; 2000.
5. Millán CH, Aguirre GMA, Escamilla GI, Castellanos RAF. Perfil mineral del pasto Guinea en el oriente de Yucatán. *Vet Méx* 1990;21(4):399-402.
6. Cabrera TE, Sosa RE, Castellanos RAF, Gutiérrez BAO, Ramírez SJH. Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo. *Vet Méx* 2009;40(2):167-179.
7. 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(3):257-262.
8. Cetz UFH, Cervantes TJI, Sauri DE, Bores QRA, Castellanos RAF. Impacto del empleo de microminerales quelatados en la alimentación de rumiantes. *Livest Res Rural Develop* 2005 [serie en línea]. Disponible: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/cetz17097.htm> Consultado 14 abr, 2009.
9. Segura CJC, Honhold N. Métodos de muestreo para la producción y la salud animal. México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. México; 2000.
10. Bautista F, Aguilar Y, Rivas H, Páez R. Los suelos del estado de Yucatán. En: Martínez M, Cabañas D editores. Importancia del binomio suelo-materia orgánica en el desarrollo sostenible. Agencia Española de Cooperación Internacional y el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Segura de Murcia, España; 2007:13-42.
11. Wayne CC. Symposium on nutrition of forages and pastures; collecting samples for representative and ingested material of grazing animals on nutritional studies. *J Anim Sci* 1964;23:265-270.
12. Tejada HI, Carrasco B. La toma de muestra, su conservación y envío al laboratorio. En: Castellanos RA, Llamas LG, Shimada MA, editores. Manual de técnicas de investigación en rumiología. Sistema de Educación Continúa en Producción Animal en México, A.C. 1990:1-28.
13. 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.
14. NRC. National Research Council. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington D.C. USA; National Academy Press; 2007.
15. Chatterjee S, Price B. Regression analysis by example. 2^d ed. New York, USA: John Wiley and Sons Inc.; 1991.
16. SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 6.03) Cary, NC, USA. SAS Inst. Inc. 1988.
17. Méndez EG. Deficiencias minerales en el ganado bovino del estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo. Documento técnico. México. Texcoco. 1996.
18. Carmona SR. Determinación de minerales en cuatro localidades ganaderas del municipio de Conkal, Yucatán [tesis maestría]. Mérida, Yuc.: Instituto Tecnológico Agropecuario Número 2; 1998.
19. Bores QR, Castellanos RA. Importancia de los minerales en la alimentación de los rumiantes en Yucatán. *Publicación Técnica. Inst. Nal. de Invest. Agric. Forestales y Pecuarias-CONACyT-SISIERRA*. Mayo. Mérida, Yuc. 2003.
20. Gengelbach 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.
21. 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.
22. Castellanos RAF, Pacheco AJA, Murguía OML, Rosado RJG, Betancur ADA, Chel GLA. Effect of antagonistic minerals (Fe, S and Zn) on absorption and metabolism of Cu by sheep fed poultry waste. *J Appl Anim Res* 2008;33:121-125.
23. Domínguez VIA, Huerta BM. Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el valle de Toluca, México. *Agrociencia* 2008;42:173-183.

CONTENIDO MINERAL DE FORRAJES EN PREDIOS DE OVINOCULTORES

24. Ramírez BJE, Tórtora JL, Aguirre A, Hernández LM. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican Plateau. *Small Rum Res* 2001;41:81-85.
25. Ramírez BJE, Hernández CE, Hernández CLM, Tórtora PJ. Efecto de la suplementación parenteral con selenito de sodio en la mortalidad de coderos y los valores hemáticos de selenio. *Agrociencia* 2003;38(1):43-51.
26. Ramírez-Lozano RG, González-Rodríguez H, Gómez-Meza MV, Cantú-Silva I, Uvalle-Sauceda JI. 2010. Spatio-temporal variations of macro and trace mineral contents in six native plants consumed by small ruminants at northeastern México. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2010;12:267-281.
27. Garmendia JC, Chicco CF. 1988. Manejo alimenticio para mejorar la eficiencia reproductiva de bovinos de carne a pastoreo. En: Plasse D, Peña N, editores. *Cursillo sobre bovinos de carne*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. 1998:175-213.

