

CONTENIDO MINERAL DE LOS FORRAJES EN LA ZONA SUR DE COSTA RICA. I. EFECTO DE LA EPOCA CLIMATICA Y EL ESTADO VEGETATIVO^{1/}

*Hernán Fonseca ***

*Emilio Vargas ***

*Carlos Campabadal ***

*Jorge Manuel Sánchez ***

ABSTRACT

Mineral content of pasture grasses in southern Costa Rica. I. Effect of season and growth stage. A study was conducted in the southern region of Costa Rica to determine crude protein and mineral content of the main pasture grasses. Crude protein, Ca, P, Mg, K, Cu, Fe, Zn and Mn were determined in the rainy and dry seasons. In both seasons, young and mature cuttings were analyzed. A total of two hundred and fifty nine samples were collected, corresponding 114 and 145 to the rainy and dry seasons, respectively. Average results of the analyses for crude protein, Ca, P, Mg, and K were 7.42, 0.27, 0.14, 0.16 and 1.70% of the dry matter content. Values for Fe, Cu, Mn and Zn were 245; 6; 119 and 39 mg/kg, respectively of the DM. These figures were compared to the requirements for dairy cattle recommended by the NRC. According to such comparisons, results indicate that, either by season of the year or growth stage, the pasture grasses do not meet the requirements for crude protein, Ca, P, Mg and Cu. Zn requirements are met only in the young stage in both seasons. Results also indicate that the grasses in the region are high in K, Fe and Mn content, which may well interfere with the metabolism of other minerals.

INTRODUCCION

La zona sur de Costa Rica ha sido la última en desarrollarse, debido a la falta de vías de comunicación y a la distancia tan grande que la separa de la Meseta Central, donde están ubicadas las prin-

cipales ciudades del país. El desarrollo ha estado basado en la ganadería, la que se ha originado como una actividad extensiva que ha evolucionado principalmente con base en forrajes.

La zona sur está representada por la Región Brunca según la regionalización contemplada en el Decreto Ejecutivo No. 16068-PLAN. Consta de 904000 ha. De esta superficie, el 47,1% corresponde a pastos mejorados con una carga animal de 0,99 U.A./ha. El porcentaje de parición anual es de 48,2% y la mortalidad de 6,5%. La población de ganado bovino asciende a 279 mil cabezas (Izurieta, 1986).

La información anterior indica claramente que el nivel de productividad y especialmente el de re-

1/ Recibido para publicación el 28 de abril de 1988.

* Este trabajo se llevó a cabo con ayuda financiera del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad de Florida, Gainesville, Florida, U.S.A.

** Laboratorio de Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

producción, es muy bajo. En este sentido se ha podido comprobar que los minerales juegan un papel vital y que en Latinoamérica existe una marcada deficiencia de minerales en los forrajes, que salvo que se suplan en forma de sales, se manifiestan en los animales (McDowell *et al.*, 1984).

En Costa Rica se han descrito deficiencias de minerales en forrajes en casi todo el territorio (Alvarez, 1977; Murillo, 1977; Vargas, 1978; Vargas *et al.*, 1980) y ello se asocia especialmente a las bajas tasas de reproducción que existen (Izurieta, 1986). McDowell *et al.* (1984) informa de las respuestas tan considerables que se obtienen en las tasas reproductivas en varios países latinoamericanos, africanos y asiáticos con la suplementación mineral.

El objetivo de esta investigación fue analizar la composición proteica mineral de los forrajes en la Región Brunca, que abarca el extremo sur de Costa Rica. Además, mediante estos análisis, se determinó la capacidad de los forrajes para satisfacer las necesidades de proteína y minerales del ganado bovino en esta región, tanto durante las épocas seca y lluviosa, como según el estado vegetativo de los forrajes.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en la Región Brunca de Costa Rica situada en el sur, colindante con la frontera con Panamá.

La toma de muestras de forraje se realizó al azar y tanto el número de muestras recolectadas como el número de fincas estudiadas, se estableció por la densidad de población vacuna en las diferentes partes de la región. El muestreo se efectuó en dos épocas; la seca y la lluviosa y el total de muestras tomadas fue de 259, de las cuales, 114 fueron de la época lluviosa (junio-noviembre) y 145 de la época seca (diciembre-mayo). También, las muestras se clasificaron por su estado de crecimiento vegetativo y se colectaron 142 en estado tierno (pre-floración) y 117 en estado maduro (post-floración). Las especies de pastos que se analizaron fueron: *Hyparrhenia rufa*; *Pennisetum purpureum*; *Panicum maximum*; *Axonopus scoparius*; *Cynodon nlemfluensis*; *Melinis minutiflora*; *Paspalum notatum* y *Brachiaria sp.*

En el Cuadro 1 aparece la distribución de las muestras por provincia, cantón y época del año. Las muestras fueron cosechadas a una altura de 10 a 15 cm del suelo; se colocaron en bolsas de plástico y luego se llevaron al laboratorio donde se secaron a 60°C durante 48 horas; se molieron y se almacenaron en frascos de vidrio para su posterior análisis químico. Se determinó la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) por el método de la AOAC (1975) y el Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn y Mn por absorción atómica. El P por colorimetría (Fick *et al.*, 1976).

El análisis estadístico de los resultados se efectuó de acuerdo a un diseño totalmente al azar. Cuando las variables difirieron significativamente ($P \leq 0,05$) se hizo una prueba de Duncan para comparar los promedios.

RESULTADOS Y DISCUSION

Proteína cruda

Los contenidos promedios de PC y minerales de los forrajes analizados, se resumen en el Cuadro 2. El valor promedio de la proteína en base seca (7,42%) es inferior al nivel que Van Horn (1987) establece como mínimo (11% PC) sobre el cual, al agregar una fuente de proteína, se aumenta la producción en vacas lecheras. Este valor es de 9,67% menos que el que encontraron Sánchez *et al.* (1986) en la zona montañosa central de Costa Rica. Además ninguno de los forrajes satisface el 14% de PC que establece el NRC (1978) como requerimiento mínimo para las vacas que producen menos de 20 kg de leche/día. Este resultado se analiza asumiendo una disponibilidad y consumo normal de forraje, sin embargo, podría presentarse un agravamiento de la situación si por razones climatológicas (falta de lluvias), escasea el forraje, o si por el contrario, el animal selecciona y mejora su dieta con respecto al material muestreado.

En los Cuadros 3, 4 y 5 se muestra el efecto que ejerció la estación del año y el estado vegetativo, sobre el valor nutritivo de los pastos. En promedio no hubo diferencia significativa entre las dos estaciones (lluviosa y seca), lo cual permite señalar que el nitrógeno de los suelos es bajo durante todo el año. Comparando los niveles de PC en los estados tierno y maduro, se encontró una diferencia signi-

Cuadro 1. Distribución de las muestras de forrajes por provincia, cantón y época.

Provincia	Cantón	Número de muestras		
		Epoca lluviosa	Epoca seca	Total
San José	Perez Zeledón	92	78	170
Puntarenas	Buenos Aires	21	29	50
	Golfito	9	—	9
	Osa	12	18	30
		134	125	259

Cuadro 2. Composición química promedio de los forrajes en la zona sur de Costa Rica (Base seca).

Componente	Contenido *	Desviación estándar
Proteína cruda, %	7,42	3,24
Calcio, %	0,27	0,12
Fósforo, %	0,14	0,08
Magnesio, %	0,16	0,08
Potasio, %	1,70	1,28
Hierro, mg/kg	245	214
Cobre, mg/kg	6	7
Manganeso, mg/kg	119	94
Zinc, mg/kg	39	32

* Promedio de 259 muestras.

Cuadro 3. Efecto de la época sobre la composición química de los forrajes en la zona sur de Costa Rica (Base seca).

Componente	Epoca	
	Lluviosa (1)	Seca (2)
Proteína cruda, %	7,85 ^a	7,08 ^a
Calcio, %	0,26 ^a	0,28 ^a
Fósforo, %	0,15 ^a	0,13 ^b
Magnesio, %	0,17 ^a	0,16 ^a
Potasio, %	1,73 ^a	1,68 ^a
Hierro, mg/kg	230 ^a	257 ^a
Cobre, mg/kg	7 ^a	5 ^b
Manganeso, mg/kg	98 ^a	136 ^b
Zinc, mg/kg	37 ^a	40 ^a

a,b Promedios en una línea con letras distintas difieren significativamente.

(1) Promedio de 114 muestras; (2) promedio de 145 muestras. Total = 259 muestras.

Cuadro 4. Efecto del estado vegetativo sobre la composición química de los forrajes en la zona sur de Costa Rica (Base seca).

Nutrientes	Edad	
	Tierno (1)	Maduro (2)
Proteína cruda, %	8,47 ^a	6,22 ^b
Calcio, %	0,29 ^a	0,26 ^a
Fósforo, %	0,16 ^a	0,11 ^b
Magnesio, %	0,18 ^a	0,14 ^b
Potasio, %	1,86 ^a	1,52 ^b
Hierro, mg/kg	258 ^a	226 ^a
Cobre, mg/kg	6 ^a	5 ^b
Manganeso, mg/kg	122 ^a	116 ^a
Zinc, mg/kg	42 ^a	34 ^a

a,b Promedios en una línea con letras distintas, difieren significativamente ($P < 0.05$).

(1) Promedio de 142 muestras; (2) promedio de 117 muestras. Total = 259 muestras.

ficativa ($P \leq 0,05$), con valores de 8,47 y 6,22%, respectivamente. Aún así ni el estado tierno reúne el requisito de proteína señalado anteriormente como mínimo para lograr una adecuada producción de leche. Es posible que los valores de PC fueran más elevados si se fertilizaran los pastos con nitrógeno (Gomide *et al.*, 1969).

Con relación a la interacción época del año y estado vegetativo, se encontró diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre la estación lluviosa y ambos estados de crecimiento en la estación seca. En esta última, también hubo diferencia entre el estado tierno y el maduro del forraje (Cuadro 5).

Calcio

El valor de calcio en los forrajes (0,27%) (Cuadro 2) fue superior al encontrado en la zona

Cuadro 5. Composición química de los forrajes por época y estado vegetativo en la zona sur de Costa Rica (Base seca).

	Epoca			
	Lluviosa		Seca	
	Tierno (1)	Maduro (2)	Tierno (3)	Maduro (4)
Proteína cruda, %	7,93 ^a	7,73 ^a	9,03 ^b	5,34 ^c
Calcio, %	0,27 ^{ab}	0,24 ^a	0,30 ^b	0,27 ^{ab}
Fósforo, %	0,16 ^a	0,14 ^a	0,16 ^a	0,10 ^b
Magnesio, %	0,18 ^a	0,15 ^{ab}	0,18 ^a	0,13 ^b
Potasio, %	1,62 ^{ac}	1,83 ^{ab}	2,09 ^b	1,32 ^c
Hierro, mg/kg	235 ^a	218 ^a	281 ^a	231 ^a
Cobre, mg/kg	7 ^a	7 ^a	6 ^a	3 ^b
Manganeso, mg/kg	100 ^a	93 ^a	145 ^b	130 ^{ab}
Zinc, mg/kg	43 ^a	33 ^a	45 ^a	35 ^a

a,b,c,d Promedios en una línea con letras distintas, difieren significativamente ($P < 0,05$).

(1) Promedio de 72 muestras; (2) promedio de 70 muestras; (3) promedio de 43 muestras; (4) promedio de 74 muestras. Total = 259 muestras.

montañosa por Sánchez *et al.* (1986). Sin embargo las Figuras 1 y 3 muestran que tanto en la época lluviosa, como en la seca, los niveles de calcio fueron bajos en el 92,45% y 83,33%, respectivamente de las muestras, que no reunieron el contenido mínimo (0,43%) para el ganado lechero en producción, según el NRC (1978).

Fósforo

Las deficiencias de fósforo en los forrajes de zonas tropicales, son muy frecuentes (McDowell *et al.*, 1984), e inducen a pérdidas cuantiosas por baja productividad del ganado bovino que depende del consumo de forrajes. Los pastos estudiados en el presente caso, promediaron 0,14% de P en base de materia seca, cifra muy por debajo del 0,34% que es el mínimo establecido por el NRC (1978) para el ganado lechero con una producción menor a 20 kg/día.

El análisis de la distribución del contenido de P (Figuras 1 y 3) indica que en las épocas lluviosa y seca, apenas el 0% y el 3,70% de los forrajes, respectivamente, superaron el nivel crítico. El contenido de fósforo difirió significativamente entre las dos épocas (Cuadro 3) y entre los dos estados de crecimiento (Cuadro 4). Estos resultados no concuerdan con lo publicado por Sánchez *et al.* (1986) en donde se señala que al no encontrar diferencia significativa entre estados vegetativos, es posible sugerir que el estrés de la sequía, estación en

la que sí hubo diferencia respecto a la estación lluviosa, tiene un mayor efecto sobre el contenido de P que en el estado vegetativo. Por lo tanto, al diferir ambos estudios, conviene analizar este aspecto más a fondo. En esta zona la estación seca es mucho más severa que en la zona central.

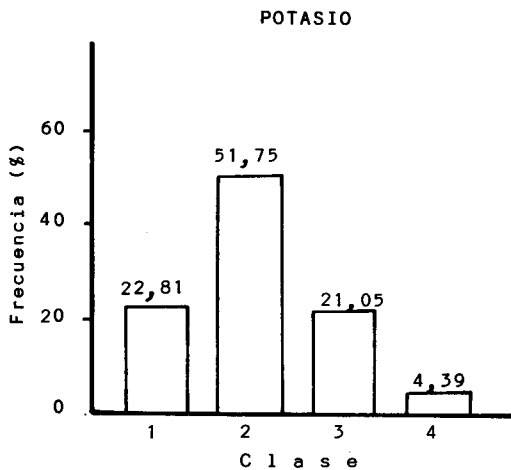
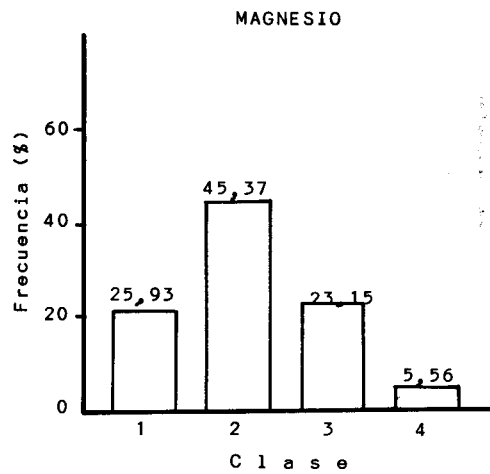
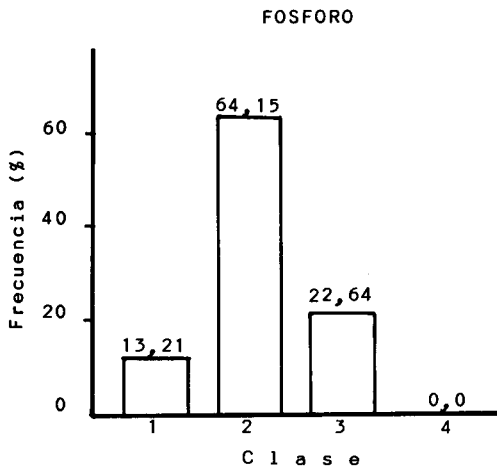
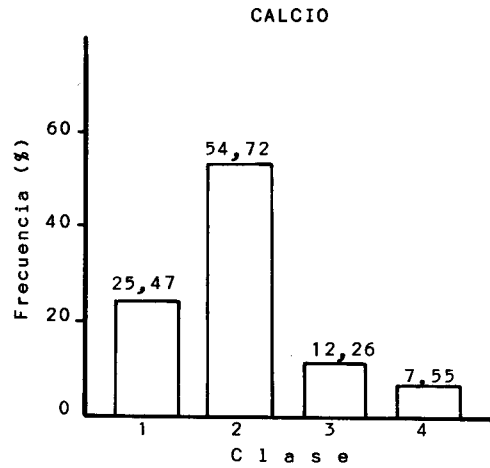
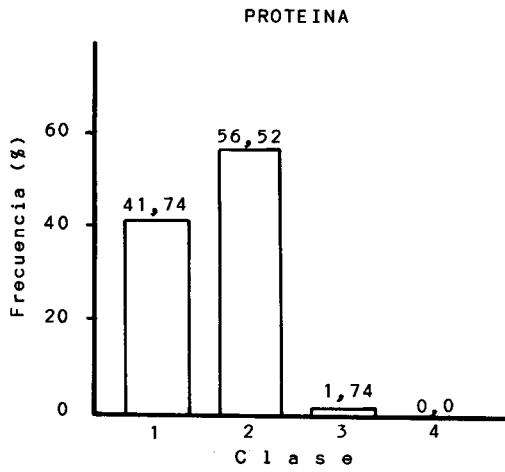
Magnesio

El contenido promedio de los forrajes (0,16%) (Cuadro 2) está por debajo de las recomendaciones del NRC (1978), lo cual establece la necesidad de suplementar Mg en esta región. En el Cuadro 3 se nota que no hubo diferencia significativa entre la estación lluviosa y la seca, pero las Figuras 1 y 3 indican que el 71,7% de las muestras tomadas en la época lluviosa y el 77,7% de las tomadas en la época seca, no llenan la necesidad mínima de 0,20% para el ganado de leche en producción. En los Cuadros 4 y 5 se observa que la edad de los forrajes, tanto en la época lluviosa como en la seca, mostraron diferencias significativas, siendo en ambos casos el estado tierno el de mayor contenido, pero sin llegar a llenar los requisitos mínimos.

Potasio

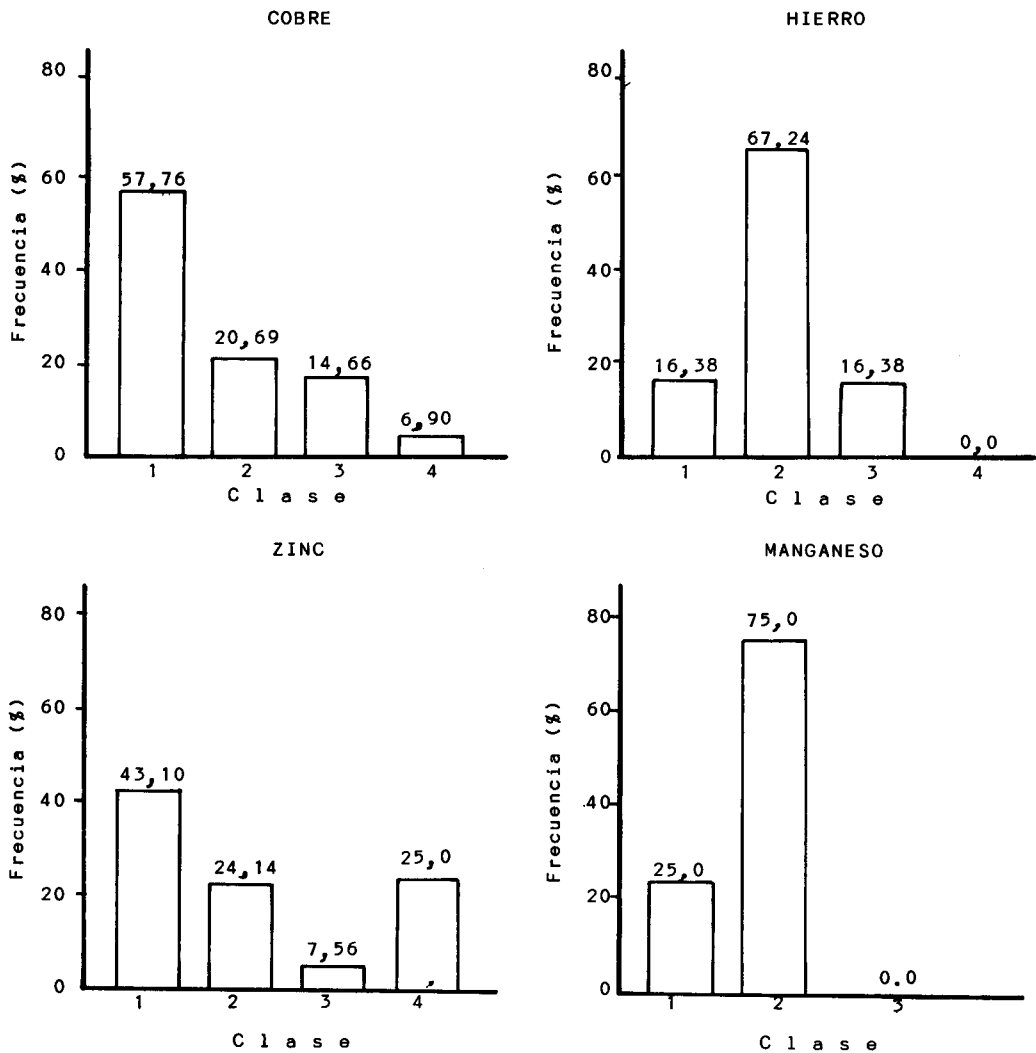
Las necesidades de K para el ganado bovino las fijan Amerman y Goodrich (1983) en 0,6-0,8%.

El promedio para todos los forrajes fue de 1,70% (Cuadro 2) que, relativamente, cubre las



VARIABLE	CONCENTRACION EN BASE SECA (%)			
	C L A S E			
	1	2	3	4
Proteína	0,0-7,0	7,1 -14,0	14,1-21,0	≥ 21,1
Calcio	0,0-0,18	0,19- 0,33	0,34-0,43	≥ 0,44
Fósforo	0,0-0,09	0,10- 0,19	0,20-0,31	≥ 0,32
Magnesio	0,0-0,10	0,11- 0,20	0,21-0,30	≥ 0,31
Potasio	0,0-0,80	0,81- 2,41	2,42-4,02	≥ 4,03

Fig. 1. Distribución de frecuencias de los elementos mayores y proteína en los forrajes durante la época lluviosa en la Zona Sur de Costa Rica.



VARIABLE	CONCENTRACION EN BASE SECA (mg/kg)			
	C L A S E			
	1	2	3	4
Cobre	0,0- 4,0	4,1- 10,0	10,1- 16,0	≥ 16,1
Hierro	0,0-50,0	50,1-400,0	400,1-1000,0	≥ 1000,1
Zinc	0,0-20,0	20,1- 40,0	40,1- 60,0	≥ 60,1
Manganeso	0,0-40,0	40,1-500,0	500,1-1000,0	≥ -

Fig. 2. Distribución de frecuencias de los elementos menores en los forrajes durante la época lluviosa en la Zona Sur de Costa Rica.

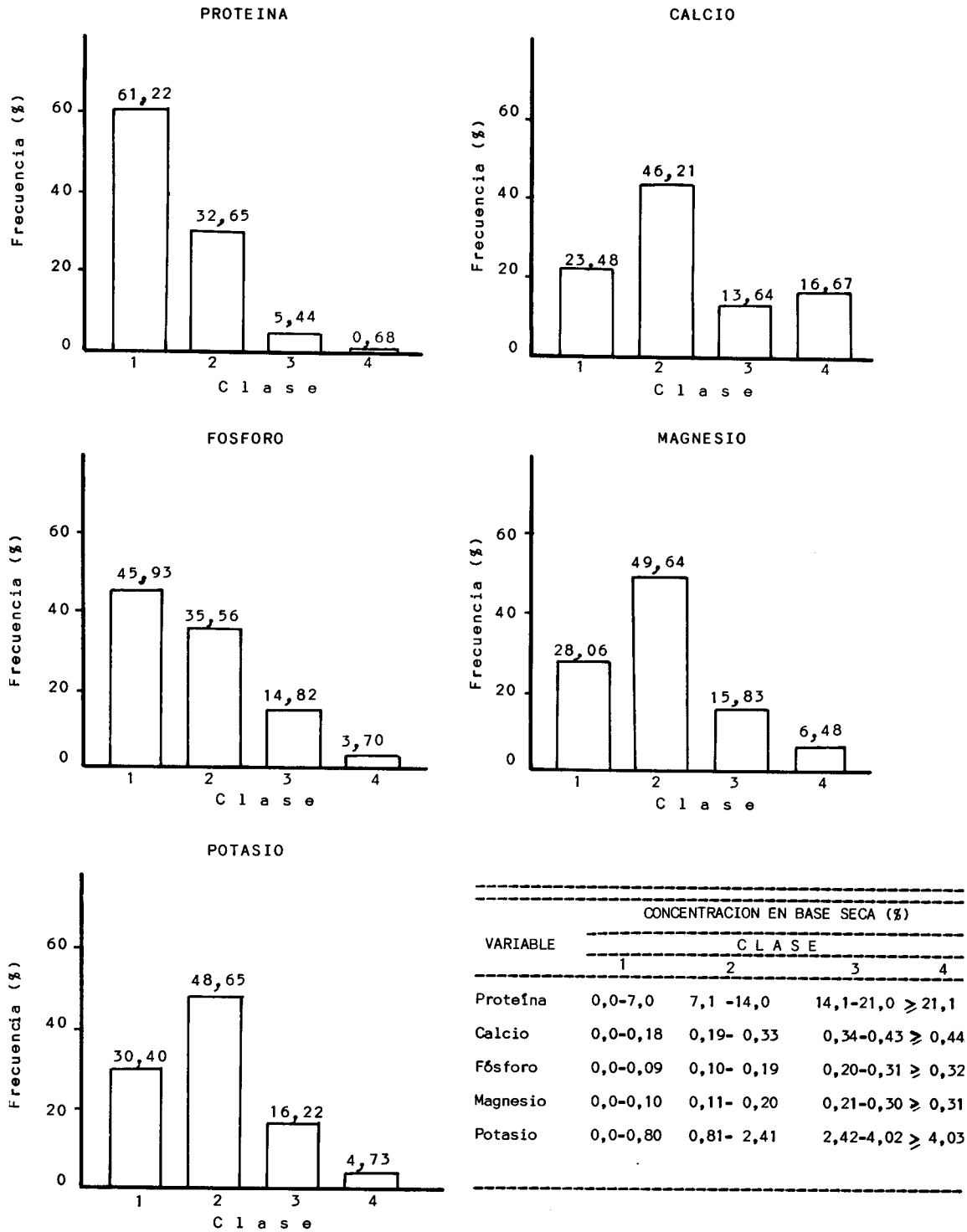
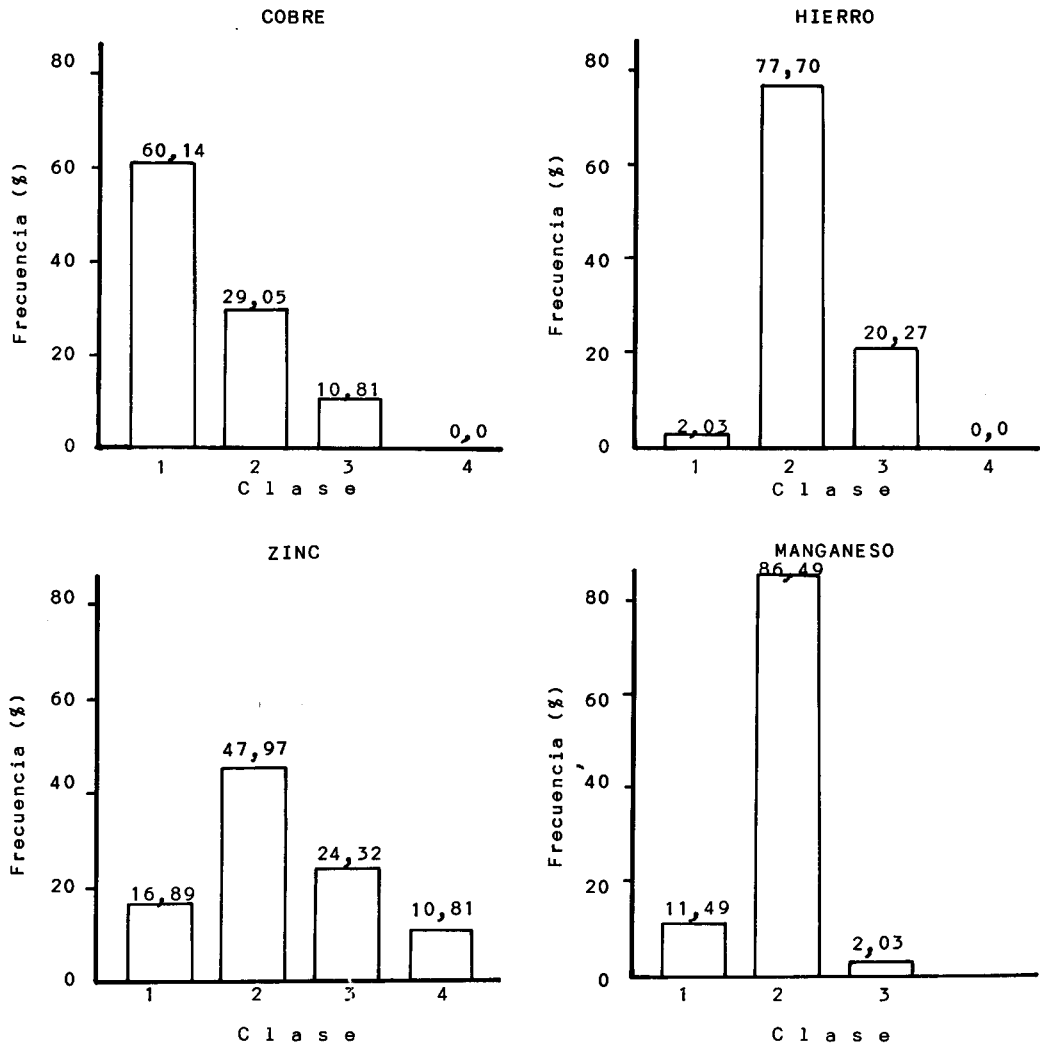


Fig. 3. Distribución de frecuencias de los elementos mayores y proteína en los forrajes durante la época seca en la Zona Sur de Costa Rica.



VARIABLE	CONCENTRACION EN BASE SECA (mg/kg)			
	C L A S E			
	1	2	3	4
Cobre	0,0- 4,0	4,1- 10,0	10,1- 16,0	≥ 16,1
Hierro	0,0-50,0	50,1-400,0	400,1-1000,0	≥ 1000,1
Zinc	0,0-20,0	20,1- 40,0	40,1- 60,0	≥ 60,1
Manganeso	0,0-40,0	40,1-500,0	500,1-1000,0	≥ -

Fig. 4. Distribución de frecuencias de los elementos menores en los forrajes durante la época seca en la Zona Sur de Costa Rica.

necesidades. Según McDowell (1974), es posible que en el trópico se presenten deficiencias de K debido a que este elemento disminuye considerablemente conforme el pasto madura al finalizar la estación lluviosa y entrar la seca. Sin embargo, en el presente estudio, se obtuvo un nivel de 1,73% y 1,68% en las épocas lluviosa y seca, respectivamente, no habiendo diferencia significativa entre ambos valores (Cuadro 4). Por otra parte, si hubo diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre los estados tierno y maduro, tanto en la estación lluviosa como seca (Cuadro 5). El 77,2% de las muestras superaron en la época lluviosa el contenido mínimo de K requerido por los bovinos y el 69,6% superó este requisito en la época seca.

Los resultados anteriores difieren de lo encontrado por Sánchez *et al.* (1986) tanto en lo que concierne a la época del año como al estado vegetativo. También difieren parcialmente de Gomide (1976) al afirmar éste, que el K tiende a declinar al incrementarse la edad de la planta. El nivel de K aumentó en la época lluviosa al madurar el forraje y efectivamente, disminuyó en la época seca con su maduración.

Cobre

El contenido promedio de Cu en los forrajes de la región, fue de 6 mg/kg (Cuadro 2), por lo que al compararse con el nivel mínimo establecido por el NRC (1978) para ganado lechero en producción (10 mg/kg) es probable que se manifiesten deficiencias. Estos resultados concuerdan con Valverde (1977), quien encontró niveles de 3 mg/kg en los forrajes del cantón de Coto Brus, no incluido en este estudio. El mismo autor, encontró en bovinos una alta correlación entre el bajo nivel en forrajes e hígado (67% de los animales mostraron niveles bajos en hígado).

En el presente estudio, se encontró que durante la época lluviosa un 78,4% de las muestras no satisfacen las necesidades del ganado lechero, y 89,1% en la época seca. Esta marcada deficiencia concuerda con lo descrito por McDowell *et al.* (1984) quienes aseveran que después del P, el Cu es el mineral más limitante para la producción.

El Cuadro 4 muestra que la edad del forraje, afecta significativamente ($P \leq 0,05$) los valores del mineral, siendo el estado maduro el más bajo. Al tomar en cuenta la época, se encontró que durante

el período lluvioso no hubo diferencia entre el estado tierno y maduro, pero en la época seca sí hubo una diferencia significativa (6 y 3 mg/kg) ($P \leq 0,05$).

Hierro

El Fe es un elemento abundante en los forrajes de Costa Rica (Alvarez, 1977; Vargas, 1978; Sánchez *et al.*, 1986) y aparentemente su contenido en los forrajes varía poco entre épocas (Cuadro 3) y edad de la planta (Cuadros 4 y 5). Como se puede observar en los cuadros anteriores el mineral estuvo siempre por encima de 50 mg/kg de MS, cifra establecida por el NRC (1978) como el requerido por el ganado lechero, y aún por encima del nivel fijado por Standish y Ammerman (1971) que señala 200 mg/kg de Fe como mínimo necesario para que no se reduzca la ganancia de peso y el consumo de alimentos en rumiantes.

Zinc

El nivel medio obtenido en el presente estudio, fue de 39 mg/kg (Cuadro 2) y el NRC (1978) establece las necesidades de Zn del ganado lechero en producción en 40 mg/kg de tal manera que los niveles son marginales. Sin embargo, analizando las épocas lluviosa y seca por separado, se observa que los forrajes en el 67,2% y 64,8%, respectivamente, no llenan las necesidades de Zn (Figuras 1 y 3). Por otra parte, en el Cuadro 3 se puede apreciar que, entre épocas, no hubo diferencias significativas, y tampoco las hubo entre los estados tierno y maduro (Cuadro 4), aunque, el estado tierno mostró un nivel ligeramente superior.

Manganeso

El Mn alto en los forrajes (mayor de 100 mg/kg) ha sido señalado por Lang (1971) como factor causal de baja reproducción del ganado de leche en la zona de Orosi, Costa Rica. El NRC (1978) establece el requisito de 40 mg/kg de MS para el ganado lechero y en el presente estudio se encontraron 119 mg/kg como promedio de la región (Cuadro 2). En una encuesta realizada por Valverde (1977) en el cantón de Coto Brus, dentro de la región estudiada, se encontró que la tasa de parición promedio fue de 55%, que es muy baja. No obstante, los niveles de Mn informados promediaron 20,9 mg/kg, cifra que más bien define una

deficiencia, por lo que en el presente estudio, no queda claro si el nivel alto de Mn es el único factor causante de la baja tasa de reproducción. La época del año, afectó significativamente ($P \leq 0,05$) la concentración de Mn, siendo esta de 136 mg/kg en la época seca y de 98 mg/kg en la época lluviosa (Cuadro 3).

En relación al estado vegetativo de la planta, según se observa en los Cuadros 4 y 5, no hubo diferencia significativa ($P \leq 0,05$). En las Figuras 2 y 4, se puede apreciar que los forrajes de la región en un 100% suplen los requerimientos de Mn tanto en la época lluviosa como en la seca. En ambos casos, la frecuencia de 40 a 500 mg/kg es muy alta, y estos niveles que se acercan a 500 mg/kg de MS, han sido señalados por Hartman *et al.*, (1955) como proclives a reducir la absorción de otros minerales e interferir en la conversión del caroteno a vitamina A y en la digestibilidad de la fibra cruda.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio en la Región Brunca de Costa Rica (zona sur), con el objetivo de analizar el contenido de proteína cruda, Ca, P, Mg, K, Cu, Fe, Zn y Mn, en los principales forrajes de la región. Estos análisis se efectuaron en las épocas lluviosa y seca del año y en ambas estaciones se analizaron los forrajes en estado tierno y maduro. Los resultados se compararon con los niveles mínimos que recomienda el NRC. En total, se recolectaron 259 muestras divididas en 114 en la época lluviosa y 145 en la época seca.

Los resultados para todas las muestras dan un promedio para proteína cruda, Ca, P, Mg y K de 7,42; 0,27; 0,14; 0,16 y 1,70% de la MS, respectivamente. Los valores para Fe, Cu, Mn y Zn fueron de 245; 6; 119 y 39 mg/kg de la MS, respectivamente. Solamente el P y el Cu fueron mayores significativamente ($P \leq 0,05$) durante la época lluviosa, y el Mn en la época seca. Para los demás parámetros, no hubo diferencia significativa. El estado vegetativo afectó ($P \leq 0,05$) los contenidos de proteína cruda, P, Mg, K y Cu, que fueron mayores en el estado tierno. De acuerdo a las recomendaciones del NRC para el ganado lechero y el ordenamiento de los datos obtenidos según la época

del año y el estado vegetativo, los forrajes de la región no satisfacen las necesidades de proteína cruda, Ca, P, Mg y Cu en ningún estado de crecimiento ni época del año. El Zn las cubre solo en el estado tierno de ambas épocas. Los resultados también indican que los pastos de esta zona tienen niveles muy altos de K, Fe y Mn, minerales que bien pueden interferir con el metabolismo de otros.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ, N.R. 1977. Análisis mineral de pasto y sangre en el cantón central de Liberia, Guanacaste. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 177 p.
- AMMERMAN, B.C.; GOODRICH, R.D. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. Journal of Animal Science 57 (Suplement 2):1-575.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1975. Official methods of analysis. 12 ed. Washington, D.C. 1008 p.
- FICK, K.R.; MILLER, S.M.; FUNK, J.D.; McDOWELL, L.R.; HOUSER, R.H. 1976. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Gainesville, University of Florida, Latin American Research Program. 90 p.
- GOMIDE, J.A. 1976. Composicao mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In Simposio Latino-Americano sobre Pesquisa em Nutricao Mineral de Rumiantes em Pastagens, Belo Horizonte. 20 p.
- GOMIDE, J.A.; NOLLIER, C.H.; MOTT, G.O.; CONRAD, J.H.; HILL, D.L. 1969. Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization. Agronomy Journal 61(1):120-123.
- HARTMAN, R.H.; MATRONE, G.; WISE, G.H. 1955. Effect of high dietary manganese on hemoglobin formation. Journal of Nutrition 57:429-439.
- IZURIETA, C.A. 1986. Estrategias y políticas para reactivar la ganadería de carne bovina en Costa Rica. San José, C.R. Tomo 1, 245 p. (mimeografiado) Documento presentado al Gobierno de Costa Rica, patrocinado por la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) y el Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE).
- LANG, C.E. 1971. Contenido de MN en los forrajes del Valle de Orosi y su efecto sobre la concentración en el pelo y la reproducción en ganado lechero. Tesis Ing. Agr. San José, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

- McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. 1984. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Gainesville, Fla. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida. 91 p.
- McDOWELL, L.R. 1974. Deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countries. Scotland, University of Edimburg. Conference on Beef Cattle Production in Developing Countries.
- MURILLO, C. 1977. Evaluación del estado de nutrición mineral del ganado bovino en pastoreo en el cantón de Cañas, Guanacaste. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 141 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1978. Nutrient requirements of dairy cattle. 5 ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences. 76 p.
- SANCHEZ, J.M.; VARGAS, E.; CAMPABADAL, C.; FONSECA, H. 1986. Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica. I. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. *Agronomía Costarricense* 10 (1/2):179-190.
- STANDISH, J.F.; AMMERMAN, C.B. 1971. Effect of excess dietary iron as ferrous sulfate and ferric citrate on tissue mineral composition of sheep. *Journal of Animals Science* 33:481-484.
- VALVERDE, J.C. 1977. Estado mineral del ganado y forrajes del cantón de Coto Brus, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 66 p.
- VAN HORN, H.H. 1987. Protein and nonprotein nitrogen for lactating cows. In Conferencia Nacional de Producción Animal (4., 1987, San José, C.R.). San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de Zootecnistas. 15 p. (mimeografiado)
- VARGAS, E.; CAMPABADAL, C.; PALMER, L. 1980. Composición química y mineral de algunos forrajes de la provincia de Cartago y su relación con los requerimientos del ganado bovino. *Agronomía Costarricense* 4(2):165-173.
- VARGAS, E.A. 1978. Estudio del estado de nutrición mineral del ganado y los pastos en los cantones de Bagaces y Abangares de la Provincia de Guanacaste. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 86 p.