

SITUACION MINERAL DEL GANADO BOVINO EN PASTOREO DURANTE LA EPOCA SECA EN EL CANTON DE CAÑAS, GUANACASTE ^{1/*}

*Emilio Vargas ***
*Carlos Campabadal ***
*Olger Murillo ****
*Hernán Fonseca ***
*Juan Coward *****

ABSTRACT

Mineral status of grazing beef cattle during the dry season in Cañas, Guanacaste. Blood and forage samples were collected from 19 farms to obtain information on the mineral status of grazing cattle in Cañas, Guanacaste, Costa Rica. The blood serum analysis indicated that 11, 50 and 2 percent of the animals were borderline to deficient in calcium, phosphorus, and magnesium, respectively. The mean value for serum blood phosphorus was 4.35 mg/100 ml. Mean forage protein, calcium, phosphorus, magnesium and potassium were 3.83, 0.26, 0.09, 0.12 and 1.10 per cent respectively and for iron, copper, manganese and zinc were 149, 3, 26 and 20 ppm, respectively. It was found that 80, 89, 81, 86 and 93 percent of the forage sample were borderline to deficient in protein, phosphorus, copper, manganese and zinc. Difference ($p > 0.05$) in mineral concentration among forages was found for protein, phosphorus, magnesium, potassium and iron. Within the nutrients studied, protein, phosphorus, copper, manganese and zinc are most likely to be deficient.

INTRODUCCION

En Costa Rica, la explotación del ganado vacuno ocupa un lugar importante en la economía nacional, teniendo esta actividad un gran avance en los últimos años. Sin embargo, la mayoría de las explotaciones, especialmente las de carne, se traba-

ja en forma extensiva, desaprovechándose el potencial productivo del país. Entre los factores que influyen en la producción animal, los minerales pueden jugar un papel importante, especialmente en animales de pastoreo en donde la principal y casi única fuente de alimentos la constituyen los forrajes, los cuales en muchas circunstancias no alcanzan a llenar las necesidades de uno o varios minerales requeridos por los animales (6,7). Estas deficiencias traen como consecuencia baja producción así como problemas de reproducción, fundamentalmente (8).

En los países tropicales, se ha observado numerosas deficiencias de minerales, desbalances y toxicidades de algunos minerales que afectan la industria animal en forma severa (8). Las diferencias más comunes son las de fósforo, cobre, zinc, manganeso y cobalto. En Costa Rica se han encontrado severas deficiencias de calcio y fósforo en forrajes (13) así como excesos de manganeso en algunas áreas específicas del país (2, 3).

1/ Recibido para publicación el 1 de julio de 1984.

* Trabajo financiado en parte por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, la Universidad de Florida y con ayuda del Cuerpo de Paz y el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

** Profesor en la Escuela de Zootecnia, Laboratorio de Nutrición Nacional (LANA) Universidad de Costa Rica.

*** Estudiante de la Escuela de Zootecnia. Actualmente funcionario del CATIE.

**** Profesor de la Escuela de Zootecnia.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Cantón de Cañas, Guanacaste durante la época seca que va de noviembre a abril. El Cantón de Cañas está localizado en el llamado Pacífico Seco del país, y su altura promedio de 100 msnm.

La precipitación promedio anual es de 196 mm con temperatura media de 27,3 C, variando entre 25,4 y 30,1 C. Se tomaron 90 muestras de forrajes y 106 de sangre en 19 fincas con distintos sistemas de manejo y tamaño diferente distribuidos en todo el Cantón.

Los forrajes recolectados fueron *Hypparrhenia rufa*, *Cynodon nlenfluensis*, *Digitaria decumbens*, *Paspalum conjugatum* y *Paspalum fasciculatum*. La recolección se realizó a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo, en los potreros que estaban listos para ser pastoreados, tomándose 500 g de muestra (aproximadamente) de cada una de las especies que existieran en la finca, procurándose en todos los casos tomar al menos cuatro muestras por finca. Las muestras se guardaron en bolsas plásticas y se enviaron al laboratorio, donde se secaron a 60 C por 48 horas y se molieron en un molino de acero inoxidable con malla de 1 mm, guardándose luego en un lugar seco hasta su análisis. Las muestras de sangre se obtuvieron por punción yugular, recolectándose un mínimo de cinco por finca de los animales en pastoreo. El suero se obtuvo por centrifugación y se conservó bajo refrigeración hasta el momento del análisis.

Los análisis químicos realizados en cada muestra de forraje fueron proteína cruda (N x 6,25), calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc. En el suero se cuantificó el contenido de Ca, P y Mg. El procesamiento de las muestras así como la técnica analítica utilizada se describió previamente (13).

Los datos se analizaron utilizando un diseño estadístico de tipo anidado. Paralelamente se llevó a cabo una encuesta en las fincas estudiadas con el propósito de recabar datos sobre los sistemas de producción animal imperante en la zona.

RESULTADOS Y DISCUSION

Manejo y uso de la tierra

En el Cuadro 1 se muestra algunos factores de manejo de los hatos y distribución de la tierra en el Cantón de Cañas. De las fincas estudiadas un

CUADRO 1. Valores promedio de uso de la tierra y factores de manejo de los hatos en 19 fincas del Cantón de Cañas, Guanacaste.

Variables	Unidades
Area de la finca	358,0 ha.
Area de pastizales	281,6 ha.
Area no pastoril	76,4 ha.
Total de animales	326
Sementales	3
Hembras adultas	118
Novillos	124
Otros animales	81
Carga animal	1,10 anim/ha.
Terneros nacidos por año	55
Edad de apareamiento	24,0 meses
Edad de destete	8,0 meses
Rotación de pastos* (21 días)	68,4 %
Suplementación mineral	
Sal común*	21,0 %
Sal común + minerales*	68,4 %
Sal común + harina de hueso*	10,5 %
Dimensiones de saladeros	3 x 0,5 x 0,5 m
Relación animales/saladero	65

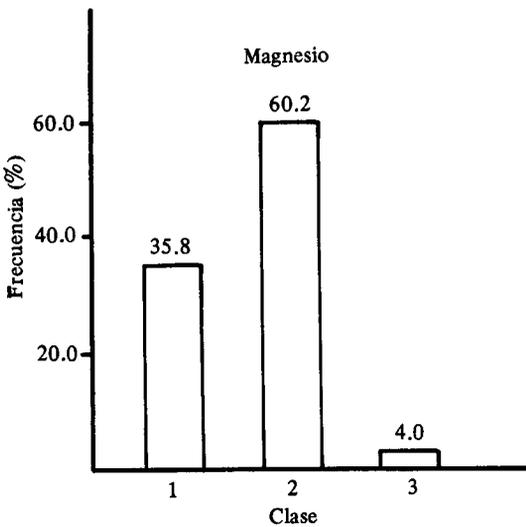
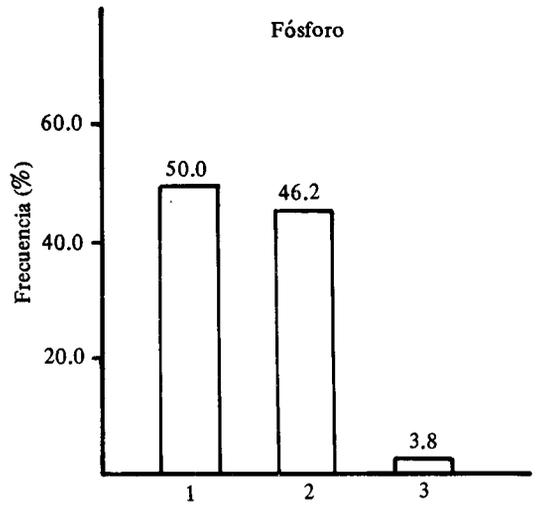
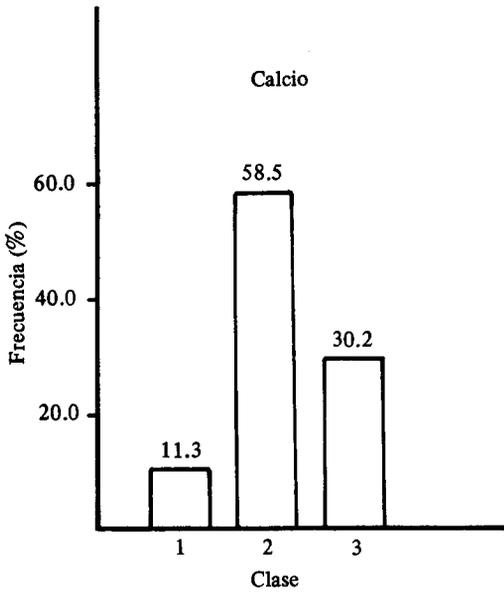
* Indica el porcentaje de las fincas que realizan esa práctica.

alto porcentaje de la tierra es dedicada a pastizales, los cuales soportan una carga animal de 1,1 cabezas/ha. Se observa asimismo, que el porcentaje de natalidad es de solo un 45 por ciento. En lo referente a la suplementación mineral, la información indica que un 79 por ciento de las fincas suplementan con algún tipo de mineral (sal mineralizada o harina de hueso).

Análisis de suero

La concentración promedio de Ca, P y Mg en el suero sanguíneo se presenta en el Cuadro 2. Solamente el contenido de calcio entre fincas mostró diferencias significativas ($p < 0,05$). No se observó diferencia por sexo o edad de los animales, para ninguno de los tres elementos estudiados.

Los valores de Ca en el suero estuvieron dentro del rango normal, con excepción de la finca 12, en donde se obtuvo un valor alto de 14,2 mg/100 ml de suero. La información indica, que solamente un 11,3 por ciento de las muestras analizadas mostraron valores inferiores a 9 mg/100 ml de suero, con un promedio general de 10,85 mg/100 ml (Fi-



Elemento	Concentración (mg/100 ml)		
	Clase		
	1	2	3
Calcio	0,0 - 9,0	9,1 - 12,0	> 12,0
Fósforo	0,0 - 4,0	4,1 - 8,0	> 8,0
Magnesio	0,0 - 1,6	1,7 - 3,2	> 3,2

Fig. 1. Distribución de la concentración de elementos minerales en el suero sanguíneo de bovinos en pastoreo del cantón de Cañas.

gura 1). Con relación al fósforo sanguíneo los datos indican que este fluctuó entre fincas desde 2,36 hasta 8,46 mg/100 ml de suero con una medida general para el Cantón de 4,35 mg/100 ml. Este promedio está por debajo del valor generalmente aceptado como concentración mínima que indica deficiencia de 4,5 mg/100 ml (12). La distribución de los resultados señala que el 50 por ciento de las muestras analizadas para fósforo mostraron valores por debajo de 4 mg/100 ml. Los resultados del magnesio sanguíneo indican que en promedio ninguna de las fincas estudiadas, mostró valores de magnesio inferiores a 1,6 mg/100 ml, valor considerado como el límite normal inferior para este elemento en el suero (12). Sin embargo, la distribución del contenido del Mg en las muestras de sangre, individuales, indicó que solamente un 1,9 por ciento de ellas arrojaron valores inferiores a 1,6 mg/100 ml de suero.

Se desprende de los análisis sanguíneos que el fósforo se mostró bajo en un alto porcentaje, el calcio en un grado bajo y el magnesio fue normal.

Análisis de Forrajes

El contenido promedio de minerales en los forrajes y la distribución de estos valores, se muestran en los Cuadros 3 y 4 y en las Figuras 2 y 3. El contenido mineral por especie se presenta en el Cuadro 5. El análisis estadístico indicó que solamente existen diferencias significativas entre fincas para P y Mn. Por especie se encontró diferencias para proteína, P, Mg, K y Fe. Con base en las recomendaciones del NRC (9) con relación al contenido mínimo de minerales en forrajes, la mayor parte de las muestras analizadas son deficientes en proteína, Ca, P, Cu, Mn, y Zn.

Proteína. Los valores promedio de proteína en las fincas fluctuaron entre 1,64 y 6,90 por ciento con una media general de 3,83%. La Figura 2 indica que el 80 por ciento de las muestras mostraron concentraciones menores a 7%, valor considerado como el requerimiento mínimo para rumiantes para que éste alcance un balance de nitrógeno (10). La distribución por especie mostró que el *Cynodon nlenfluensis* es el forraje de mayor contenido de proteína durante el verano en la zona estudiada con una media de 7,31%, en comparación al *Hyparrhenia rufa* con solamente 3,18%. Este último forraje es cultivado en un 100 por ciento en las fincas en comparación al *Cynodon nlenfluensis* que ocupa solo un 42,1 por ciento de ellas.

CUADRO 2. Concentración promedio de algunos minerales en suero de bovinos en pastoreo en el Cantón de Cañas, Guanacaste (mg/100 ml)

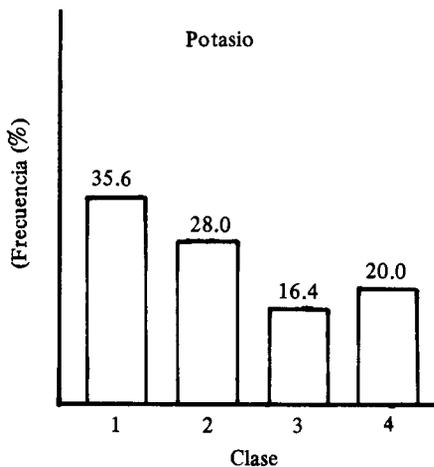
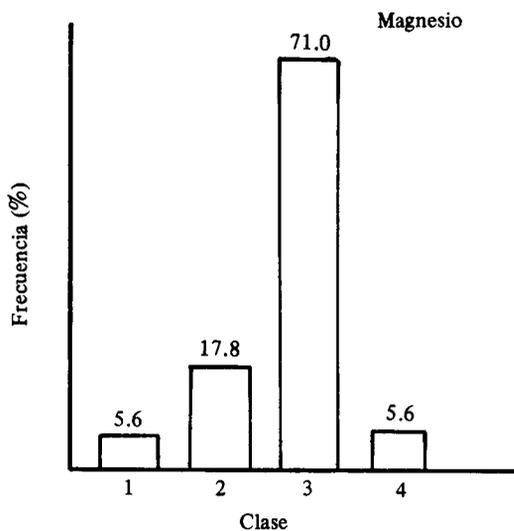
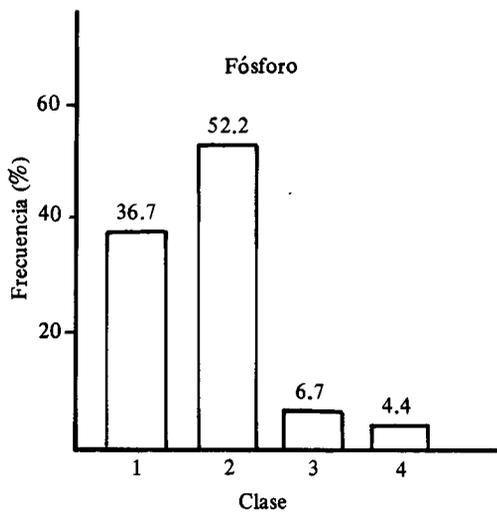
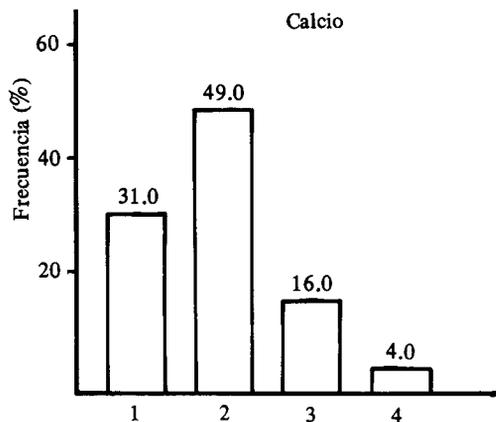
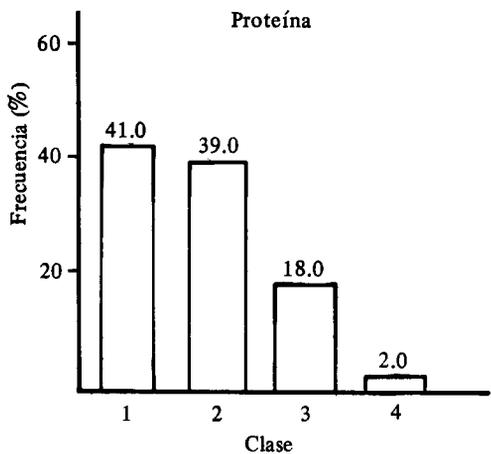
Finca No.	Calcio	Fósforo	Magnesio
1	9,59 cd	3,32	2,12
2	10,37 bcd	2,67	2,05
3	10,15 bcd	6,44	2,60
4	10,52 bcd	6,76	2,28
5	11,51 bc	3,75	3,30
6	9,82 cd	8,46	2,02
7	9,68 cd	4,20	3,32
8	10,83 bcd	5,45	3,09
9	11,11 bc	4,58	2,77
10	10,83 bcd	3,96	2,75
11	11,35 bc	3,60	2,93
12	14,21 a	4,24	2,45
13	10,38 bcd	3,78	2,48
14	11,31 bc	3,73	2,97
15	10,76 bcd	2,39	2,56
16	12,44 ab	2,36	2,11
17	10,84 bcd	4,05	3,48
18	11,82 bc	3,52	2,80
19	8,59 d	5,42	2,82
Promedio	10,85 ± 1,20	4,35 ± 1,56	2,73 ± 0,43

a, b, c, d Promedios en una columna con letras iguales no difieren entre sí ($p < 0,05$). Las columnas que no incluyen esta simbología no fueron diferentes entre sí.

Calcio. El contenido promedio de calcio en forrajes fue de 0,26% con valores en las fincas que fluctuaron entre 0,12 y 0,44%.

En la Figura 2 se indica que un 31,0 por ciento de las muestras mostraron valores inferiores a 0,18% de calcio, valor considerado como un mínimo para bovinos de carne en pastoreo (9). Otros autores, consideran que el requerimiento mínimo de Ca para este tipo de animales es de 0,30% de la materia seca (12). La distribución por especie indica que los forrajes *Hyparrhenia rufa* y *Paspalum conjugatum* mostraron el mayor contenido de calcio con 0,28% y el de menor contenido fue el *Paspalum fasciculatum* con 0,12%. Sin embargo, no se observó diferencia significativa ($p < 0,05$) para este elemento entre los forrajes.

Fósforo. La información señala que en el total de las fincas estudiadas los pastos contienen en promedio valores inferiores a 0,18 % de P,



Variable	Concentración en base seca (%)			
	Clase			
	1	2	3	4
Proteína	0,0 - 2,33	2,34 - 6,99	7,00 - 11,65	> 11,65
Calcio	0,0 - 0,18	0,19 - 0,36	0,36 - 0,54	> 0,54
Fósforo	0,0 - 0,06	0,07 - 0,18	0,19 - 0,24	> 0,24
Magnesio	0,0 - 0,04	0,05 - 0,08	0,09 - 0,20	> 0,20
Potasio	0,0 - 0,60	0,61 - 1,20	1,21 - 1,80	> 1,80

Fig. 2. Distribución de los elementos minerales mayores en los forrajes del cantón de Cañas.

CUADRO 3. Contenido mineral y proteico de los forrajes del Cantón de Cañas (porcentaje en base seca)

Finca	Proteína	Calcio	Fósforo	Magnesio	Potasio
1	5,80	0,14	0,17	0,09	1,32
2	5,57	0,15	0,10	0,05	1,21
3	6,10	0,30	0,15	0,14	1,29
4	5,16	0,32	0,16	0,12	1,08
5	6,69	0,34	0,09	0,17	1,68
6	5,25	0,16	0,14	0,21	1,99
7	2,42	0,44	0,04	0,12	0,65
8	1,95	0,32	0,05	0,12	0,56
9	3,71	0,44	0,04	0,13	1,06
10	6,90	0,22	0,16	0,17	2,77
11	1,65	0,27	0,07	0,10	0,33
12	4,20	0,22	0,08	0,14	1,29
13	2,14	0,18	0,06	0,14	0,81
14	2,13	0,19	0,17	0,10	1,71
15	1,58	0,22	0,03	0,11	0,23
16	3,61	0,12	0,06	0,08	0,93
17	2,58	0,28	0,06	0,13	0,66
18	1,64	0,23	0,03	0,12	0,46
19	3,78	0,33	0,08	0,12	0,96
Promedio	3,83 ± 1,84	0,26 ± 0,09	0,09 ± 0,05	0,12 ± 0,03	1,10 ± 0,62

CUADRO 4. Contenido mineral de los forrajes en el Cantón de Cañas, Guanacaste (ppm en base seca).

Finca	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc
1	137	3	11	30
2	111	4	7	31
3	371	5	19	18
4	158	4	18	12
5	155	6	39	30
6	139	2	15	8
7	156	3	40	11
8	117	3	21	15
9	191	3	24	16
10	304	3	43	35
11	85	1	28	23
12	182	2	32	21
13	102	3	40	17
14	119	3	17	23
15	122	1	23	11
16	80	2	19	18
17	102	2	30	17
18	79	1	46	16
19	122	3	14	19
Promedio	149 ± 74	3 ± 1	26 ± 12	20 ± 8

valor considerado como mínimo necesario para llenar las necesidades de ganado de carne en pastoreo (9). La Figura 2 muestra que el 88,9 por ciento de las muestras analizadas contienen valores de P inferiores al mencionado. El análisis por especie indica que el pasto *Hyparrhenia rufa* es el de menor contenido en este nutrimento con solo un 0,07% en comparación al *Cynodon nlenfluensis* con 0,14%. El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las especies estudiadas. Estos bajos contenidos de fósforo son comunes en forrajes tropicales (7, 11) especialmente durante la época de sequía. Por esta razón se considera al fósforo como uno de los elementos críticos en la producción animal, sobre todo en sistemas bajo pastoreo exclusivo (5).

Magnesio. El valor promedio entre fincas de Mg en forrajes varió entre 0,06 a 0,21 % con una media general para el Cantón de Cañas de 0,12% con un 5,6 por ciento de las muestras con valores menores a 0,04% (Figura 2). El NRC señala un requerimiento mínimo de 0,04% en los forrajes para rumiantes en pastoreo, por lo que se considera que este elemento no constituye un problema en la zona. La distribución por especie, indica que hay diferencia significativa ($p < 0,05$), en el contenido

CUADRO 5. Concentraciones promedio de elementos minerales en cinco forrajes del Cantón de Cañas (Base seca)

Elementos Minerales	Jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i>) (63*)	Estrella Africana (<i>Cynodon nlenfluensis</i>) (7)	Pangola (<i>Digitaria decumbens</i>) (8)	Pasto Natural (<i>Paspalum conjugatum</i>) (3)	Gramalote (<i>Paspalum fasciculatum</i>) (4)
Proteína, %	3,18 ^b	7,31 ^a	5,06 ^b	5,10 ^b	5,07 ^b
Calcio, %	0,28	0,15	0,13	0,28	0,12
Fósforo, %	0,07 ^c	0,14 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,10 ^b
Magnesio, %	0,12	0,10	0,09	0,23	0,16
Potasio, %	0,76 ^c	2,25 ^a	1,63 ^b	1,90 ^{ab}	2,07 ^{ab}
Hierro, ppm	131,00 ^c	185,00 ^{bc}	218,00 ^b	346,00 ^a	185,00 ^{bc}
Cobre, ppm	3,00	4,00	4,00	7,00	2,00
Manganeso, ppm	27,00	17,00	24,00	35,00	16,00
Zinc, ppm	17,00	29,00	31,00	36,00	17,00

* Número de muestras.

a, b, c Promedios en una línea con letras iguales no difieren entre sí ($p < 0,05$). Las líneas que no incluyen esta simbología no fueron diferentes entre sí.

de este nutrimento entre las especies, siendo el forraje *Paspalum conjugatum* el de mayor contenido con 0,23% y el *Digitaria decumbens* el de menos contenido con 0,09%.

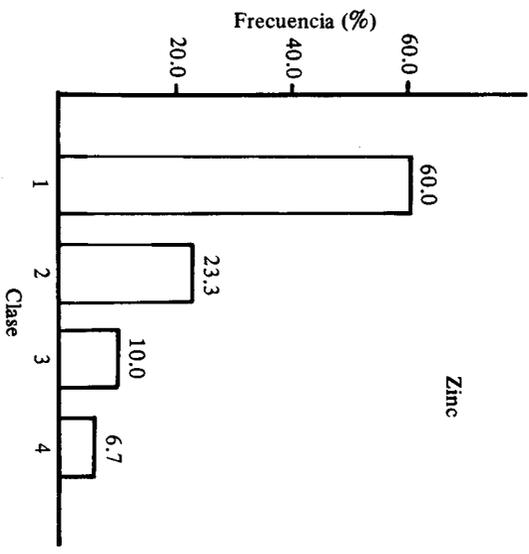
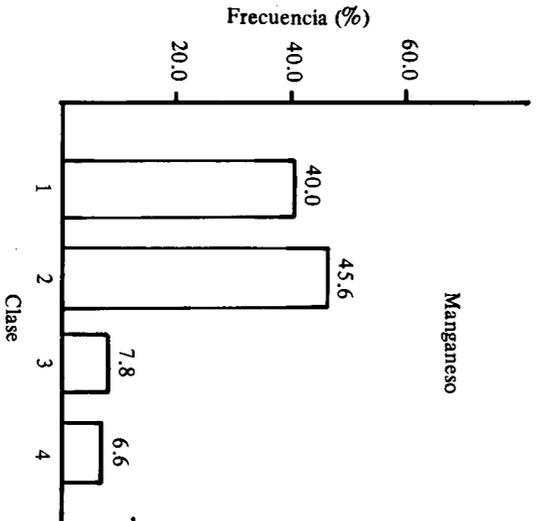
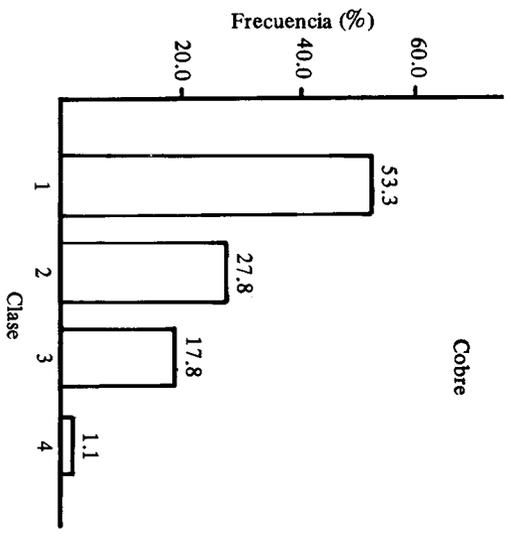
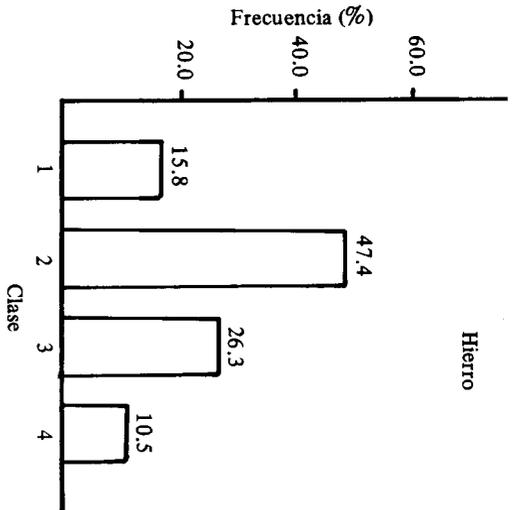
Potasio. El contenido promedio de K en los forrajes fue de 1,10 por ciento con un rango entre fincas de 0,23 a 2,77 por ciento. No se encontró diferencia significativa entre fincas, pero sí entre especies. En la Figura 2 se muestra que un 35,6 por ciento de las muestras analizadas tenían valores inferiores a 0,60 por ciento de este elemento en la materia seca, valor que es considerado como el requerimiento mínimo para bovinos de carne en pastoreo (9). Los valores de potasio en forrajes encontrados en esta área del país se consideran bajos en relación a valores mencionados para otras áreas del país como Cartago (13), San Carlos (3) y San Vito (1); sin embargo, los datos son ligeramente superiores a los reportados por Tergas *et al.* (11) para pasto jaragua durante la época seca en la región de Guanacaste. La especie *Cynodon nlenfluensis* fue la de mayor contenido de este elemento con 2,25 por ciento de su materia seca, seguido por el *Paspalum fasciculatum* con un 2,07 por ciento, encontrándose el *Hyparrhenia rufa* como el forraje con menor contenido de potasio con 0,76%.

Hierro. En el Cuadro 4, se observa que en todas las fincas de la zona estudiada los forrajes aportan como promedio cantidades superiores a 50

ppm de Fe, valor considerado por el NRC (9) como normal para ganado de carne. Los valores medios de Fe por finca variaron de 79 hasta 371 ppm. Altas concentraciones de este elemento en forrajes, ya han sido halladas en Costa Rica (1,3,13). El análisis por especies, indica que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de este nutrimento, siendo el *Paspalum conjugatum* la especie de mayor contenido de Fe con 346 ppm, y el *Hyparrhenia rufa* el de menor con solamente 131 ppm.

Cobre. El NRC estima que el requerimiento de Cu para ganado de carne en pastoreo es de 4 ppm. El 81,1 por ciento de las muestras analizadas en el Cantón de Cañas están por debajo de ese valor (Figura 3), sugiriendo de esta manera una deficiencia de Cu en los animales de la zona. La media general obtenida fue de 3 ppm, sin diferencias significativas ($p < 0,05$) entre fincas ni entre las especies estudiadas. La deficiencia de Cu en animales en pastoreo se considera como una de las más comunes en América Latina (5). En Costa Rica ha sido señalada la posible deficiencia de este mineral para ganado de carne (1) y leche (3, 13). La concentración de este elemento por especies varió de 7 ppm en el *Paspalum conjugatum* hasta 2 ppm en el *Paspalum fasciculatum*.

Manganeso. Se encontraron diferencias significativas en el contenido de Mn entre las fincas



Elemento		Concentración en base seca (%)			
		Clase			
		1	2	3	4
Hierro	0 - 100,0	100,1 - 150,0	150,1 - 200	> 200	
Cobre	0 - 2,0	2,1 - 4,0	4,1 - 10,0	> 10,0	
Manganeso	0 - 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	> 60,0	
Zinc	0 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 40,0	> 40,0	

Fig. 3. Distribución de los elementos minerales menores en los forrajes del cantón de Cañas.

estudiadas, oscilando estos valores entre 11 y 46 ppm. La distribución del contenido de este elemento en los forrajes indica que el 40,0 por ciento de las muestras están por debajo de las necesidades estimadas para ganado de carne (9). Esta baja concentración de Mn en los forrajes de la zona ha sido reportado previamente (4) y contrasta con los altos contenidos de este elemento en los forrajes de otras zonas del país (3, 13). El contenido de este elemento por especie varió entre 35 y 16 ppm.

Zinc. El Zn constituye otro de los elementos que se consideran deficientes en la zona. Como se muestra en el Cuadro 4, la concentración de este elemento varió entre fincas desde 8 hasta 31 ppm, con un promedio para la zona de 20 ppm. El NRC (9) señala como necesidad de Zn un mínimo de 40 ppm de la materia seca. En la Figura 3 se muestra que el 93 por ciento de las muestras analizadas tenían valores de Zn inferiores a 40 ppm. La distribución por especies, señala que los forrajes *Hyparrhenia rufa* y *Paspalum fasciculatum* son las especies de menor contenido de este nutrimento con solo 17 ppm en comparación a 31 ppm para el *Digitaria decumbens*.

La información aquí descrita indica que durante la época seca existe en los forrajes de la zona, una severa deficiencia en cuanto al contenido de proteína, fósforo, cobre, manganeso y zinc, lo cual probablemente limita la producción animal. Se considera que los elementos calcio, magnesio, potasio e hierro, están presentes en los forrajes en cantidades adecuadas para bovinos de carne.

RESUMEN

En 19 fincas del cantón de Cañas, Guanacaste, se recolectaron 90 muestras de forrajes y 109 de sangre, con el fin de hacer un diagnóstico de la nutrición mineral del ganado en pastoreo, durante la época seca en la zona. De las muestras de sangre analizadas, 11, 50, y 2 por ciento mostraron resultados por debajo de los valores considerados como mínimos para calcio, fósforo y magnesio en el suero sanguíneo, respectivamente. El valor promedio de fósforo en el suero fue de 4,35 mg/100 ml. Se encontró valores promedio en base seca de proteína, calcio, fósforo, magnesio y potasio en los forrajes de 3,83, 0,26, 0,09, 0,12 y 1,10 % respectivamente y de hierro, cobre, manganeso y zinc de 149, 3, 26 y 20 mg/kg respec-

tivamente. Se encontró que un 80, 89, 81, 86 y 93 por ciento de las muestras analizadas, respectivamente para proteína, fósforo, cobre, manganeso y zinc presentaron concentraciones de estos nutrimentos por debajo de los valores considerados como críticos. La distribución por especie de planta, indica que existen diferencias significativas para la concentración de proteína, fósforo, magnesio, potasio e hierro. Asimismo, se presenta información sobre algunos factores de manejo de los hatos y uso de la tierra en las fincas de la región. La información indica que el 79 por ciento de las fincas suplementan a sus animales con algún tipo de mineral (sal mineralizada o harina de hueso).

LITERATURA CITADA

1. FONSECA, H. A., VALVERDE, J. C., VARGAS, E. y Mc DOWELL, L. R. Mineral content of cattle and forage tissues in Southern Costa Rica. Sometido para su publicación en Tropical Agriculture, 1983.
2. FONSECA, H. A. y DAVES, C.K. Manganese content of some forage crops in Costa Rica and its relation to cattle infertility. Proceedings 2nd. World Conference on Animal Production. Bruce Publishing Co, St. Paul. p. 371 (Abstr).
3. KIATOKO, M., McDOWELL, L. R., FICK, K. R., FONSECA, H., CAMACHO, J., LOOSLI, J. K. y CONRAD, J. H. Mineral status of cattle in the San Carlos region of Costa Rica. Journal of Dairy Science 61: 324-330. 1978.
4. LANG, C. F. Phosphorus and trace mineral status of beef cattle in the Guanacaste region of Costa Rica, M.Sc. Thesis. University of Florida. Gainesville, Florida, U.S.A., 1974. 150 p.
5. McDOWELL, L. R., CONRAD, J. H., LOOSLI, J. K. y MURILLO, D. Resultados de investigaciones minerales en Latinoamérica. Decimotercera Conferencia Anual sobre Ganadería y Avicultura en América Latina. Universidad de Florida, Gainesville, 1979.
6. McDOWELL, L.R. Mineral deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countries. Center for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh, Scotland, 1976. pp. 216-241.
7. McDOWELL, L. R., CONRAD, J. H., THOMAS, J. D. y HARRIS, L. E. Latin American Tables of Feed Compositions. Gainesville, Fla., University of Florida, 1974.

8. McDOWELL, L. R., CONRAD, J. H. y ELLIS, G. L. Mineral deficiencies and imbalances and their diagnosis. In Symposium on Herbivore Nutrition in sub-tropics and tropics. Problems and Prospects. Pretoria, South Africa, 1973.
9. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Domestic Animals. No. 4. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy of Sciences. National Research Council, Washington, D. C. 1976.
10. PARRA, R., COMBELLAS, J. y GONZALEZ, E. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el Trópico. 2. Fracciones químicas que afectan la disponibilidad de los componentes fibrosos. *Agronomía Tropical* 22: 219-229. 1972.
11. TERGAS, L. G., BLÜE, W. G. y MOORE, J. G. Nutritive value of fertilized Jaragua grass (*Hyparrhenia rufa, nees stapf*) in the wet-dry pacific region of Costa Rica. *Tropical Agriculture* 48: 1-8. 1971.
12. UNDERWOOD, E. J. The mineral nutrition of livestock. The Central Press, Aberdeen, Scotland, 1966.
13. VARGAS, E., CAMPABADAL, C. y PALMER, L. Composición química y mineral de algunos forrajes de la provincia de Cartago y su relación con los requerimientos del ganado bovino. *Agronomía Costarricense*. 4: 165-173. 1980.