

DETERMINACION DEL CONTENIDO MINERAL DE LOS PASTOS Y SANGRE DE BOVINOS EN LOS CANTONES DE SIQUIRRES, GUACIMO Y POCOCÍ DE LA PROVINCIA DE LIMON, DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA¹ /*

*Jorge Marin***
*Jorge Sánchez***
*Carlos Campabadal***
*Emilio Vargas***

ABSTRACT

Determination of the mineral content of forages and bovine blood in the counties of Siquirres, Guácimo and Pococí of the Limón Province, during the rainy season. The present study was conducted in the counties of Siquirres, Guácimo and Pococí of the Limón Province. The main purpose was to evaluate the mineral condition of the forage and the cattle of the region during the wet season. One hundred and seventy three blood samples and 158 forage samples were collected during the experimental period. Blood samples were analyzed for calcium, phosphorus, magnesium content, whereas forages were analyzed for calcium, phosphorus, magnesium, potassium, iron, copper, manganese, zinc and crude protein concentration.

Average blood level of calcium (11.03 mg/100 ml), phosphorus (4.80 mg/100 ml) magnesium (2.84 mg/100 ml) were normal. However, an important percentage of the sampled animals presented subnormal levels of those minerals.

The forage contents of calcium, phosphorus, magnesium, potassium and crude protein were 0.14; 0.15; 0.13; 1.15 and 10.00 percent respectively. The concentration of iron, copper, zinc and manganese were 1072, 11, 29 and 219 mg/kg, respectively.

Based on the mineral and crude protein content of the forages and the requirements of beef cattle, according to the N.R.C. recommendations, we can conclude that the forages of the zone present low levels of calcium, phosphorus, and zinc, and excessively high levels of iron, which could be affecting the productivity of cattle in the zone.

INTRODUCCION

Los forrajes son una fuente muy variable de minerales para el ganado bovino, ya que la composición mineral de las plantas depende de la interac-

ción de diversos factores, tales como el suelo, especie vegetal, estado de madurez, nivel de producción, manejo del pastizal y clima (13).

En un estudio en que se analizaron 2615 muestras de forrajes latinoamericanos, McDowell reportó niveles marginales o deficientes de Cu, Mg, P, Na, Zn y Co para el ganado bovino (15), poniéndose en evidencia que los animales bovinos no pueden depender de los forrajes como única fuente de minerales y que la suplementación se hace necesaria para obtener adecuados beneficios económicos en una explotación pecuaria (13, 19).

Los animales en pastoreo obtienen parte de sus necesidades de minerales de otras fuentes, tales

1/ Recibido para publicación el 28 de abril de 1985.

* Parte de la tesis de grado del primer autor presentada a la Escuela de Zootecnia, de la Universidad de Costa Rica.

** Profesores de la Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

como lo son el agua y el suelo. El agua aunque en cantidades muy variables contiene todos los minerales esenciales. Por otra parte, las partículas de suelo que contaminan los forrajes pueden llegar a suplementar deficiencias en el forraje (13). Desafortunadamente, la ingesta de partículas de suelo y la cantidad de minerales que el agua aporta al animal sigue siendo un factor muy difícil de cuantificar.

En Costa Rica, las deficiencias minerales son una limitación para la producción animal, siendo el fósforo y el cobre los minerales más deficientes de los animales en pastoreo (16). Las deficiencias de fósforo y de cobre repercuten principalmente en una baja fertilidad de los animales (11). En estudios en que se suplementó ganado con fósforo se ha obtenido un aumento considerable del comportamiento reproductivo (14), de ahí que su suplementación sea tan beneficiosa en una explotación ganadera.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar durante la época lluviosa, el estado mineral y de proteína cruda de las especies forrajeras más comunes en los cantones de Siquirres, Guácimo y Pococí de la Provincia de Limón y el contenido de macroelementos en el suero sanguíneo del ganado vacuno de esa zona.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en los cantones de Siquirres, Guácimo y Pococí, provincia de Limón, Costa Rica. La altitud promedio para los cantones en estudio es de 133 msnm y su temperatura media oscila de 23,4 a 24,7 C. La precipitación promedio anual para la zona es de 4660 mm.

En cada una de las fincas muestreadas se hicieron encuestas con el fin de tener un conocimiento general de las prácticas de producción animal comúnmente usadas en la región de estu-

Cuadro 1. Características promedio de las fincas evaluadas en los cantones de Siquirres, Guácimo y Pococí, Provincia de Limón.

	Siquirres	Guácimo	Pococí
Area de la finca, ha	400	270	160
Area de pastizales, ha	295	180	90
Area de otros cultivos, ha (bosques, etc.)	105	90	70
Razas más comunes	Brahman, Brangus, Charolais, e Híbridos de Brahman	Brahman, Brangus, y Charolais	Brahman, Charolais, Criollo, Jersey e Híbridos de Brahman
Total de animales	612	373	175
Sementales	12	10	5
Vacas	190	158	82
Vaquillas	169	75	15
Terneros	120	100	36
Novillos de engorde	130	30	30
Carga animal, animales/ha	1,74	2,21	1,87

Cuadro 2. Valores promedio por cantón para cada uno de los elementos minerales analizados en el suero sanguíneo.

Cantón	No. de Muestras	mg/100 ml de suero		
		Ca	P	Mg
Siquirres	15	11,84 ^a	4,39	3,26 ^a
Guácimo	60	11,80 ^a	4,80	3,20 ^a
Pococí	97	10,43 ^b	4,87	2,55 ^b
Promedio para la zona		11,03	4,80	2,84

a, b: Medias en la misma columna con distinta letra difieren significativamente ($P \leq 0,05$).

dio. En el Cuadro 1 se observa que en los cantones de Siquirres, Guácimo y Pococí el área promedio de las fincas es de 400, 270 y 160 ha y los promedios de carga animal son 1,74; 2,21 y 1,87 animales por hectárea, respectivamente. Los animales son especialmente de la raza Brahman y sus cruces.

Las muestras de sangre (Cuadro 2) se tomaron por medio de punción yugular en animales seleccionados al azar, recolectándose aproximadamente 10 ml. Dentro de las 4 a 6 horas siguientes las muestras fueron centrifugadas, pipeteándose el suero y guardándose en refrigeración hasta su análisis. Estas muestras eran representativas de las diferentes categorías de animales.

Se tomaron 158 muestras de pasto (Cuadro 3) en los potreros en que estaban pastando los animales. Estas se cortaron a una altura de 10 a 15 cm del suelo; recolectándose unos 500 g por muestra que se introdujeron en bolsas de plástico y se enviaron al laboratorio para sus análisis. Se tomaron muestras de las siguientes especies: *Cynodon nlenfluensis*, *Pennisetum purpureum*, *Setaria sphacelata*, *Echinochloa polystachya*, *Panicum maximum*, *Paspalum fasciculatum*, *Cynodon dactylon*, *Paspalum conjugatum* y *Brachiaria sp.* (Cuadro 4).

Las muestras de pasto fueron secadas a 60 C por espacio de 48 horas, luego se molieron, empleándose un tamiz de 1 mm de diámetro y se guardaron en bolsas de polietileno con su respectiva identificación.

En el tejido sanguíneo fue determinado el contenido de calcio, fósforo y magnesio. El calcio y el magnesio se determinaron por el método de Fick *et al.* (5) y el fósforo por el método de Fiske y Subbarow (6) modificado por Fick *et al.* (5).

En los forrajes se determinó el contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) (2). El fósforo se determinó por el método colorimétrico de Fiske y Subbarow (6), modificado por Fick *et al.* (5). El calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc se determinaron por absorción atómica (5).

La información obtenida tanto en pastos como en animales se analizó empleando un diseño estadístico de tipo anidado. En los casos en que la

Cuadro 3. Valores promedio por cantón de cada uno de los elementos minerales determinados en el pasto.

Cantón	No. de muestras	% de la materia seca del pasto					mg/kg de la materia seca del pasto				
		PC ¹	Ca	P	Mg	K	Fe	Cu	Mn	Zn	
Siquirres	15	9,12 ^b	0,12	0,14	0,15	1,25	1208	19 ^a	249 ^a	31	
Guácimo	58	9,67 ^b	0,14	0,15	0,13	1,13	1178	9 ^b	138 ^b	29	
Pococí	85	10,38 ^a	0,14	0,15	0,13	1,15	976	11 ^b	269 ^a	29	
Promedio para la zona		10,00	0,14	0,15	0,13	1,15	1072	11	219	29	

a, b: Medias en la misma columna con distinta letra difieren significativamente ($P \leq 0,05$).

1: Proteína Cruda

fuente de variación resultó significativa ($P \leq 0,05$) se aplicó la prueba de Diferencia Mínima Significativa para comparación de medias (23).

RESULTADOS Y DISCUSION

Tejido sanguíneo

Con respecto al calcio, se obtuvo un promedio de 11,03 mg/100 ml de suero. Esta media se encontró en el rango normal establecido en la literatura de 8,00 a 12,00 mg de calcio/100 ml de suero (11,12), y fue ligeramente inferior a la reportada por Martínez (10) de 12,05 mg/100 m, en la misma zona durante la época seca. Esta diferencia en el contenido de calcio en el suero sanguíneo entre épocas climáticas, también ha sido reportada por Church (4).

La prueba de Diferencia Mínima Significativa entre los cantones estudiados indica que no existieron diferencias significativas entre los cantones de Siquirres y Guácimo, en tanto que entre los cantones de Pococí y Guácimo y entre Pococí y Siquirres si hubo diferencias ($P \leq 0,05$). El Cuadro 2 muestra los valores promedio de calcio en el suero sanguíneo por cantón.

El valor promedio de fósforo encontrado del rango normal de 4 a 8 mg/100 ml de suero (4, 12). La distribución porcentual de la población muestreada, con respecto a dicho rango, indica que un 25% de los animales son deficientes en fósforo, mientras que el 75% restante presenta niveles nor-

males. Esta deficiencia de fósforo en los bovinos de la zona norte de Costa Rica; que coincide con deficiencias de este mineral en la dieta; ha sido reportada también por Gómez (7) y Chi (3). No se encontraron diferencias significativas entre cantones para el contenido de fósforo en sangre (Cuadro 2), lo cual sigue el mismo comportamiento que el contenido de este mineral en los pastos (Cuadro 3).

Los niveles normales de magnesio en el suero oscilan entre 1,8 y 3,0 mg/100 ml (4). Niveles inferiores a estos son poco frecuentes debido a que la mayoría de los forrajes satisfacen las necesidades nutricionales de los animales bovinos (1). El promedio encontrado para esta variable fue 2,84 mg/100 ml de suero y coincide con el valor de 3,02 mg/100 ml reportado por Martínez (10) para la zona en estudio. La prueba de Diferencia Mínima Significativa mostró que existieron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los cantones de Siquirres y Guácimo y el cantón de Pococí, en tanto que los cantones de Guácimo y Siquirres no difieren significativamente. El Cuadro 2 muestra los valores promedio para el magnesio sanguíneo por cantón.

Contenido mineral y de proteína cruda en los pastos

Con respecto al calcio en pastos se encontró un valor promedio de 0,14%, valor que es inferior al nivel mínimo del rango normal de adecuación

Cuadro 4. Contenido mineral de las principales especies forrajeras cultivadas en la zona norte de la provincia de Limón.

Especies	No. de Muestras	Proteína Cruda	%				ppm			
			Ca	P	Mg	K	Fe	Cu	Mn	Zn
Estrella (<i>Cynodon nlenfluensis</i>)	32	10,20 ^d	0,15 ^b	0,16 ^b	0,10 ^b	1,20 ^e	494 ^c	13 ^a	176 ^f	23 ^g
Gigante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	2	11,70 ^a	0,18 ^b	0,10 ^{cd}	0,11 ^b	2,76 ^a	188 ⁱ	10 ^c	151 ^h	20 ^h
San Juan (<i>Setaria sphacelata</i>)	6	11,06 ^b	0,30 ^a	0,08 ^d	0,17 ^{ab}	2,69 ^b	769 ^b	13 ^a	192 ^d	55 ^a
Alemán (<i>Echinochloa polystachya</i>)	2	9,02 ^e	0,27 ^a	0,10 ^{cd}	0,22 ^a	2,80 ^a	316 ^e	8 ^d	868 ^a	34 ^c
Guinea (<i>Panicum maximum</i>)	11	8,16 ^g	0,18 ^b	0,21 ^a	0,12 ^b	0,88 ^g	300 ^f	4 ^f	159 ^g	19 ⁱ
Gamalote (<i>Paspalum fasciculatum</i>)	1	8,03 ^h	0,29 ^a	0,10 ^{cd}	0,28 ^a	2,10 ^c	259 ^g	8 ^d	113 ⁱ	40 ^b
Cruza 1 (<i>Cynodon dactylon</i>)	1	6,99 ⁱ	0,23 ^a	0,20 ^a	0,08 ^b	0,85 ^g	124 ^h	4 ^f	196 ^c	25 ^f
Natural (<i>Paspalum conjugatum</i>)	98	10,24 ^c	0,11 ^b	0,12 ^c	0,14 ^{ab}	0,98 ^f	1426 ^a	11 ^b	179 ^e	28 ^e
Brachiaria (<i>Brachiaria</i> sp.)	5	8,23 ^f	0,23 ^a	0,10 ^{cd}	0,15 ^{ab}	1,57 ^d	447 ^d	7 ^e	202 ^b	30 ^d

a, b, c, d, e, f, g, h, i: Letras diferentes en una columna dada indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

(0,18%) establecido por el NRC (19) para ganado de carne.

No se presentaron diferencias significativas entre cantones para el contenido de calcio en los pastos (Cuadro 3), por lo que la deficiencia de este mineral es generalizada en la zona durante la época lluviosa. Esta condición difiere de la reportada por Martínez (10), quien encontró durante la época seca un nivel de calcio adecuado (0,21%) para la alimentación del ganado bovino. En el Cuadro 4 se muestran los niveles de calcio para cada una de las especies forrajeras analizadas, observándose que especies mejoradas como la *Setaria sphacelata*, mostraron un mayor ($P \leq 0,05$) contenido de calcio (0,30%) que especies naturales, como la *Paspalum conjugatum* (0,11%).

La deficiencia mineral más generalizada en los países tropicales es la de fósforo. Por lo general los forrajes maduros contienen menos de 0,15% de este mineral y únicamente durante las primeras fases de crecimiento contienen valores que satisfacen los requerimientos de los animales rumiantes (13,19). En la región evaluada se encontró un valor medio de 0,15% en base seca; nivel que no satisface el mínimo de 0,18% de las MS requerido por el ganado de carne (19). Valores similares también han sido reportados en la literatura (10) para esta zona. Los cantones no difieren significativamente en cuanto al contenido de fósforo en los pastos, presentándose una deficiencia generalizada en esta zona Atlántica del país (Cuadro 3).

Las especies *Panicum maximum* y *Cynodon dactylon* fueron las únicas que en promedio lograron satisfacer las necesidades de fósforo de los animales. Por el contrario el pasto *Setaria sphacelata* mostró un nivel tan bajo como 0,08% de fósforo en la MS, valor que corresponde a un 45% de los requerimientos mínimos del ganado de carne (Cuadro 4).

El valor medio de magnesio encontrado fue 0,13% en base seca (Cuadro 3). Este nivel en los forrajes satisface plenamente los requerimientos del ganado de carne establecidos por el NRC (19) (0,04 a 0,10% de la MS). Este valor promedio coincide con los reportados por Portillo (20) y Martínez (10) para las zonas Norte y Atlántica. Las especies forrajeras evaluadas satisfacen las necesidades de magnesio del ganado de carne. Los niveles oscilaron de 0,28% en el pasto *Paspalum fasciculatum* a 0,08% en el pasto *Cynodon dactylon*; estos valores extremos difirieron significativamente entre sí ($P \leq 0,05$) (Cuadro 4).

En relación con el contenido de potasio, el valor promedio fue de 1,15% en la MS (Cuadro 3), nivel que es inferior al reportado por otros autores en el trópico húmedo (7,10). Los pastos de estos cantones, al igual que la mayoría de las dietas constituidas especialmente por forrajes (1), satisfacen las necesidades de potasio de las diferentes categorías de animales bovinos destinados a la producción de carne (0,6 a 0,8% de la MS) (19).

Los valores de potasio por especies de pasto oscilaron desde 2,80% en el pasto *Echinochloa polystachya* hasta 0,85% en el *Cynodon dactylon*. De estos valores, el nivel superior no sobrepasa el valor máximo de tolerancia de 3% establecido por el NRC (18) y el inferior satisface las necesidades de los animales rumiantes (19). En el Cuadro 4 se observa que la mayoría de los forrajes difirieron significativamente ($P \leq 0,05$) en cuanto a esta variable.

En los cantones evaluados se encontró una cifra promedio de 1072 mg de hierro/kg en la MS de los forrajes (Cuadro 3). Esta cantidad de hierro puede estar limitando la capacidad de producción de los bovinos de la zona, ya que Lawlor, *et al.* (9) y Standish y Ammerman (22) han observado que niveles de 200 a 400 mg/kg de hierro en la dieta reducen la ganancia de peso y el consumo de alimentos en rumiantes, y Miller (17) considera que niveles superiores de 1000 mg/kg pueden ser tóxicos para los bovinos. Los altos niveles de este mineral aquí encontrados son similares a los reportados por otros autores (7, 10, 20). En el Cuadro 4 se observa que todos los pastos satisfacen las necesidades de hierro de los animales bovinos de carne (10 mg/kg) (19), además la gran variabilidad que hay entre las especies, existiendo pastos como el *Paspalum conjugatum* que tiene valores tan altos como 1426 mg/kg en la MS.

El contenido de cobre de los forrajes osciló de 19 mg/kg en la MS en el cantón de Siquirres a 11 mg/kg en Pococí y 9 en Guácimo, siendo el valor obtenido para Siquirres significativamente mayor ($P \leq 0,05$) que el encontrado en los otros cantones (Cuadro 3). Los promedios para cada cantón y para la zona en general (11 mg/kg) son superiores al requerimiento mínimo de cobre (4 mg/kg) establecido por el NRC (19) para bovinos de carne que consumen dietas con bajos niveles de molibdeno y azufre.

En el Cuadro 4 se observa la gran variabilidad existente entre las especies de gramíneas, en cuanto a su contenido de cobre. Los pastos *Setaria*

sphacelata y *Cynodon nlenfluensis* mostraron valores de 13 mg/kg, mientras que las especies *Panicum maximum* y *Cynodon dactylon* apenas logran satisfacer las necesidades del ganado bovino de carne. Por lo general los valores obtenidos en este estudio son superiores a los encontrados en la zona Atlántica del país (3,10).

De los minerales evaluados el manganeso fue el que mostró una mayor variabilidad, lo cual se pone de manifiesto tanto en la composición de los forrajes por cantón como por especie. El contenido de manganeso de los pastos en los cantones de Siquirres (249 mg/kg) y Pococí (269 mg/kg) fue significativamente mayor ($P \leq 0,05$) que el obtenido en Guácimo (138 mg/kg). El promedio para la zona fue 219 mg/kg, valor que es muy superior al rango de adecuación para el ganado de carne de 1 a 10 mg de manganeso/kg de la dieta (19). Martínez (10) y Gómez (7) también han mencionado altos niveles de manganeso en los forrajes de esta zona.

La especie *Echinochloa polystachya* mostró la máxima cantidad de manganeso (868 mg/kg), valor que puede interferir con el normal funcionamiento del ganado, ya que Robinson, *et al.* (21) y Hartman, *et al.* (8) consideran que dietas con más de 500 mg/kg reducen la absorción de minerales como el hierro, e interfieren en la conversión de caroteno a vitamina A y en la digestibilidad de la fibra cruda. Las restantes especies forrajeras mostraron valores inferiores a este nivel crítico de 500 mg/kg (Cuadro 4).

La concentración media de zinc en los pastos fue 29 mg/kg (Cuadro 3). Este valor está dentro del rango de adecuación establecido por el NRC (19) para el ganado de carne (20 a 30 mg/kg), y es similar al informado por Martínez (10) para la zona Atlántica. Todas las especies de forrajes difirieron ($P \leq 0,05$) en cuanto a su contenido de zinc. Los valores extremos encontrados fueron 19 mg/kg para el pasto *Panicum maximum* y 55 mg/kg para el *Setaria sphacelata*. Los únicos pastos que presentaron limitaciones en cuanto a su aporte de zinc para el ganado son las especies *Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum* (Cuadro 4).

Con respecto al contenido de Proteína Cruda se encontró que los forrajes del cantón de Pococí contienen una mayor cantidad ($P \leq 0,05$) de este nutrimento que los pastos de los cantones de Siquirres y Guácimo. El promedio encontrado para la zona fue de 10% de la MS (Cuadro 3), valor que según Maynard *et al.* (11) satisface las necesidades de los microorganismos del rumen, y que de acuer-

do con el NRC (19) permite una tasa de crecimiento de 500 g por día, que se considera adecuada para los animales bovinos del trópico húmedo.

El contenido de proteína cruda por especie de pasto mostró una marcada variabilidad (Cuadro 4). La especie *Cynodon dactylon* mostró un valor de 6,99%, mientras que las especies *Pennisetum purpureum* y *Setaria sphacelata* presentaron niveles superiores a 11% de Proteína Cruda en la MS. Los valores de Proteína Cruda obtenidos son superiores a los reportados por Martínez (10) para la época seca, poniéndose en evidencia el efecto de la estación climática sobre el contenido proteico de los forrajes.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en los cantones de Siquirres, Guácimo y Pococí, Provincia de Limón, con el objetivo de evaluar la condición mineral de los forrajes y los animales bovinos de la zona, durante la época lluviosa. Se recolectaron 173 muestras de sangre y 158 muestras de pasto. En las muestras de sangre se analizó el contenido de calcio, fósforo y magnesio y en los forrajes se analizaron los niveles de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso, zinc y proteína cruda.

En sangre, los niveles promedio de calcio (11,03 mg/100 ml), fósforo (4,80 mg/100 ml) y magnesio (2,84 mg/100 ml) fueron normales. Sin embargo un porcentaje importante de los animales muestreados presentó niveles subnormales de estos elementos.

En los pastos se obtuvieron valores promedio de calcio, fósforo, magnesio, potasio y proteína cruda de 0,14%, 0,15%, 0,13%, 1,15% y 10,00%, respectivamente. Las concentraciones encontradas de hierro, cobre, zinc y manganeso fueron de 1072, 11, 29 y 219 mg/kg, respectivamente.

Con base en el contenido mineral y de proteína cruda de los forrajes y los requerimientos del ganado bovino de carne, según las recomendaciones del NRC, se puede concluir que los forrajes de la zona presentan valores subóptimos de calcio, fósforo y zinc, y niveles excesivos de hierro, los que podrían afectar la productividad de los animales rumiantes de la zona.

LITERATURA CITADA

1. AMMERMAN, C.B. y GOODRICH, R.D. Advances mineral nutrition in ruminants. *Journal of Animal Science* Vol 57. Supplement 2:517-533 1983.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Washington, D.C. 12th ed. 1975. 1008 p.
3. CHI, H. Evaluación del estado de nutrición mineral del ganado bovino de los distritos de Río Cuarto de Grecia, Venecia de San Carlos, Horquetas y La Virgen de Sarapiquí, durante la época lluviosa. Tesis de Grado. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia. 1978 161 p.
4. CHURCH, D.C. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 2 Nutrition. 2nd ed. O & B Books, Inc., Corvallis, Or. 1979. 452 p.
5. FICK, K.R., MILLER, S.M., FUNK, J.D., MCDOWELL, L.R. y HOUSER, R.H. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Latin American Research Program. University of Florida. Gainesville, Florida, USA. 1976. 90 p.
6. FISKE, L. y SUBBAROW, V. The colorimetric determination of phosphorus. *Journal of Biological Chemistry* 65:375. 1925.
7. GOMEZ, H. Evaluación del estado mineral del ganado y los pastos en los distritos de Florencia y Cutris del cantón de San Carlos durante el verano. Tesis. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 1977. 138 p.
8. HARTMAN, R.H., MATRONE, G., WISE, G.H. Effect of high dietary manganese on hemoglobin formation. *Journal of Nutrition* 57:429-439. 1955.
9. LAWLOR, M.J. SMITH, W.H., BEESON, W.M. Iron requirement of the growing lamb. *Journal of Animal Science* 24:742-747. 1965.
10. MARTINEZ C. Determinación del contenido mineral en los pastos y sangre de bovinos de los cantones de Guácimo, Siquirres y Pococí. Tesis. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. 1978. 131 p.
11. MAYNARD, L.A., LOOSLI, J.K., HINTZ, H.F. y WARNER, R.G. *Nutrición Animal*. 2 Ed. en Español. Mc Graw Hill. México. 1981. 640 p.
12. MCDOWELL, L.R. Mineral deficiencies and Toxicities and their effect on beef production in developing countries. *Conferences on beef cattle production in developing countries*. University of Edinburg, Scotland. 1974.
13. MCDOWELL, L.R. Geographical distribution of nutritional diseases in animals. Institute of Food and Agricultural Science. Center for Tropical Agriculture. University of Florida. Gainesville, Florida, 1977. 94 p.
14. MCDOWELL, L.R., CONRAD, J.H. y ELLIS, G.L. Deficiencias y toxicidades minerales del ganado en pastoreo. II Curso Panamericano sobre producción bovina en zonas tropicales. Universidad de Florida, Gainesville, Florida. 1982. 35 p.
15. MCDOWELL, L.R., CONRAD, J.H., J.E. y HARRIS, L. E. Latin American tables of feed composition. University of Florida, Gainesville, Florida. 1974. 552 p.
16. MCDOWELL, L.R., KIATOKO, M., LANG, C.E., FONSECA, H.A.; VARGAS, E., LOSSLI, J.K. y CONRAD, J.H. Latin American Mineral Research. Costa Rica. IV World Conference on Animal Production. Buenos Aires. 1980. pp. 37-47.
17. MILLER, W.J. Using new information on minerals for dairy cattle *Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*. 1977. pp. 63-67.
18. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Mineral tolerance of domestic animals. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C. 1980. 577 p.
19. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of Beef Cattle, 5th Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1976. 56 p.
20. PORTILLO, C. Evaluación del estado nutritivo mineral en pastos y bovinos para la época seca en los distritos de Tilarán Centro, Upala Centro y Bijagua, Costa Rica. Tesis. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia. 1977. 91 p.
21. ROBINSON, N.W., HANSARD, S.L., JOHNS, D.M. y ROBERTSON, G. L. Response of growing calves on two protein levels to excess dietary manganese. *Journal of Animal Science* 20:977-978. 1961.
22. STANDISH, J.F. y AMMERMAN, C.B. Effect of excess dietary iron as ferrous sulfate and ferric citrate on tissue mineral composition of sheep. *Journal of Animal Science* 33:481-484. 1971.
23. STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. 2nd Ed. Mc Graw-Hill Book Co., New York, N.Y. 1980. 481 p.