

CONTENIDO MINERAL DE LOS FORRAJES Y SUERO SANGUINEO DEL GANADO BOVINO EN LOS CANTONES DE CAÑAS, BAGACES y LIBERIA DE LA PROVINCIA DE GUANACASTE, DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA ¹ / *

Jorge Ml. Sánchez **

Emilio Vargas **

Carlos Campabadal **

Alvaro Benavides ***

ABSTRACT

Mineral content of forages and bovine blood serum in the counties of Cañas, Bagaces and Liberia of the Guanacaste province, during the rainy season. Mineral nutrition status of beef cattle and forages of Cañas, Bagaces and Liberia counties of the Guanacaste province was analyzed during the rainy season. During the experimental period 85 blood serum samples from zebu cattle and 85 forage samples from four different species were collected. Blood serum was analyzed for calcium, phosphorus and magnesium concentrations, whereas forages were analyzed for crude protein, calcium, phosphorus, magnesium, potassium, iron, copper, zinc and manganese contents.

Mean blood serum levels of calcium, phosphorus and magnesium were 10.99, 5.28 and 2.70 mg/100 ml respectively. These values are considered normal. However, twenty five percent of sampled animals presented deficient levels of phosphorus.

Average forage contents of crude protein, calcium, phosphorus, magnesium and potassium were 8.08, 0.27, 0.14, 0.13 and 1.88% respectively. Meanwhile the concentrations of iron, copper, zinc and manganese were 322, 6, 31 and 42 mg/kg respectively. It was concluded that forages have deficient levels of calcium, phosphorus, copper, zinc and manganese for the animals of the zone. These deficiencies are more evident in Jaragua grass. African Star and Natural grasses showed excessively high levels of iron, which could be limiting the production capacity of bovine animals.

INTRODUCCION

Los forrajes son la principal fuente de alimentación del ganado bovino destinado a la producción de carne en Costa Rica. Estos por lo gene-

ral no satisfacen las necesidades nutricionales de los bovinos y la suplementación nutritiva se hace necesaria para lograr que los animales produzcan de acuerdo con su potencial genético. De los diferentes nutrimentos, los minerales son los que más frecuentemente se utilizan en suplementos nutritivos y su uso debe realizarse técnicamente para evitar deficiencias, toxicidades o desbalances nutricionales (14, 20, 21).

Mc Dowell *et al.* (11), al recopilar los estudios realizados en Latinoamérica sobre la composición mineral de los forrajes, informa la existencia de áreas extensas con deficiencias de calcio, magnesio, fósforo, cobalto, cobre, yodo, manganeso, selenio y zinc, para la alimentación del ganado bovino. En

1 Recibido par su publicación el 28 de junio de 1985.

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

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

*** Estudiante de la Escuela de Zootecnia

investigaciones realizadas por Murillo (16), Alvarez (2) y Vargas (22) en la zona en estudio durante la época seca, se ha encontrado que los forrajes presentan niveles subóptimos de calcio, fósforo, cobre, zinc y proteína cruda para los animales rumiantes. Para corregir estos problemas nutricionales debe complementarse el contenido mineral de los forrajes y establecerse una adecuada relación entre los minerales (9).

El objetivo de esta investigación fue analizar la composición mineral y proteica de los forrajes, y el contenido de macroelementos del suero sanguíneo del ganado bovino de los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia de la provincia de Guanacaste, durante la época lluviosa. Además se relacionó la composición de los forrajes con los requerimientos de los animales.

MATERIALES Y METODOS

El muestreo se realizó durante la época lluviosa en los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia, provincia de Guanacaste. Estos cantones están localizados entre los 10°25' y 10°37' latitud norte y los 85°05' y 85°26' longitud oeste. Su altitud oscila entre los 95 y 144 msnm. La temperatura media de la zona es 22,0C y la precipitación anual promedio es 1540 mm. Durante los meses de julio, agosto y setiembre, meses en que se realizó el muestreo, la precipitación fue 208, 247 y 242 mm, respectivamente.

Se tomaron 81 muestras de sangre (Cuadro 1) por medio de punción yugular, en animales de razas cebuinas seleccionados al azar. Las muestras se conservaron en hielo hasta su centrifugación,

Cuadro 1. Contenido promedio de macroelementos en el suero sanguíneo de animales bovinos de la provincia de Guanacaste.

Cantón	No. de Muestras	mg/100 ml de suero		
		Ca	P	Mg
Cañas	35	11,44 ^a	5,24	2,66 ^b
Bagaces	24	10,97 ^b	5,07	2,98 ^a
Liberia	22	10,37 ^c	5,47	2,45 ^c
Promedio para la zona	81	10,99	5,28	2,70

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

luego se separó el suero sanguíneo que se mantuvo en refrigeración hasta su análisis químico.

Las muestras de forrajes (Cuadro 2) fueron tomadas a una altura de 10 a 15 cm del suelo, en los potreros en que estaban pastando los animales muestreados. Cada muestra de aproximadamente 500 g, y fue enviada al centro de análisis en una bolsa de plástico. Las especies forrajeras evaluadas fueron: *Hyparrhenia rufa*, *Cynodon nlenfluensis*, *Paspalum conjugatum* y *Paspalum notatum*. En el Cuadro 3 se indica el número de muestras tomadas por especie de pasto.

En el suero sanguíneo se determinó el contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Fósforo (P). Los dos primeros minerales se analizaron por medio de la metodología descrita por Fick *et al.* (6), mientras que el tercero se determinó usando el método de Fiske y Subbarow (7) modificado por Fick *et al.* (6).

En los forrajes se determinó el contenido de Materia Seca (MS) y Proteína Cruda (PC) usando los procedimientos de la AOAC (3). Además se determinó la concentración de Ca, P, Mg, K, Fe, Cu, Zn y Mn. El fósforo fue cuantificado por colorimetría (6) y los restantes minerales por absorción atómica (6).

El diseño experimental usado para analizar el contenido de macroelementos en el suero sanguíneo, y el contenido de macro y microelementos y PC en los forrajes fue de tipo anidado. Cuando las variables difirieron significativamente ($P \leq 0,05$) se hizo la prueba de Diferencia Mínima Significativa para comparar los promedios (19).

RESULTADOS Y DISCUSION

Contenido de macroelementos en el tejido sanguíneo

El contenido promedio de Ca en el suero sanguíneo obtenido para los animales bovinos de la zona fue 10,99 mg/100 ml (Cuadro 1). Este valor está dentro del rango normal establecido en la literatura (8 a 12 mg/100 ml) (5, 20) y es muy similar al valor medio (11,45 mg/100ml) reportado por varios autores (2,16,22) para animales de esta región muestreados durante la época seca. El análisis de varianza mostró diferencias ($P \leq 0,05$) entre los cantones, y la prueba de Diferencia Mínima Significativa indica que todos los cantones difirieron entre sí.

Church (5) y Underwood (20) han informado que el rango normal para el contenido de P en

Cuadro 2. Valores promedio por cantón para los minerales y proteína cruda analizados en los forrajes de la provincia de Guanacaste.

Cantón	No. de Muestras	PC ¹	% de la materia seca				mg/kg de la materia seca			
			Ca	P	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Cañas	35	7,37 ^b	0,28	0,13 ^b	0,13	1,56 ^b	281	5 ^b	30 ^b	47
Bagaces	30	6,62 ^c	0,25	0,17 ^a	0,14	1,53 ^b	242	5 ^b	25 ^b	33
Liberia	20	11,53 ^a	0,30	0,14 ^b	0,13	2,95 ^a	396	9 ^a	42 ^a	48
Promedio para la zona	85	8,08	0,27	0,14	0,13	1,88	322	6	31	42

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

¹PC: Proteína cruda

el suero sanguíneo oscila entre 4 y 8 mg/100 ml. El valor promedio obtenido en esta investigación (5,28 mg/100 ml) (Cuadro 1) está dentro de dicho rango, sin embargo un 25% de los animales muestreados presentaron niveles subóptimos de P. Murillo (16), Alvarez (2) y Vargas (22) al analizar esta variable en animales del Pacífico Seco durante el verano han reportado valores promedio inferiores a los obtenidos en este estudio, y a su vez una mayor incidencia de animales deficientes en este mineral. Esta condición nutricional coincide con una menor concentración de P en los forrajes durante la época seca con respecto a la época lluviosa.

El Cuadro 1 muestra que el valor promedio de Mg en el suero fue 2,7 mg/100 ml. Este valor es considerado normal (20) y es similar a los mencionados por otros autores para esta región (2, 16, 22). La prueba de Diferencia Mínima Significativa mostró diferencias ($P \leq 0,05$) entre los tres cantones estudiados. Los promedios para los animales de Cañas, Bagaces y Liberia fueron 2,66; 2,98 y 2,45 mg/100 ml respectivamente.

Contenido de Proteína Cruda y minerales de los forrajes

El contenido medio de PC difirió ($P \leq 0,05$) entre los cantones estudiados (Cuadro 2). Los forrajes de los cantones de Cañas y Liberia al tener valores superiores a 7% de PC satisfacen las necesidades de los animales rumiantes, mientras que los

pastos de Bagaces no satisfacen dicha necesidad nutricional (10). Así, los animales de este último cantón dependen de la selección de forrajes de mejor valor nutricional para poder mantener un balance positivo de nitrógeno y producir satisfactoriamente (18). El nivel medio de PC determinado para la zona fue 8,08%, este valor contrasta con los promedios de 3,86; 4,11 y 3,92% de PC obtenidos por Murillo en Cañas (16), Alvarez en Liberia (2) y Vargas en Bagaces (22), durante la época seca.

El nivel de PC por especies de forraje fue significativamente menor ($P \leq 0,05$) en el pasto jaragua (6,14%) que en los pastos estrella (10,11%), natural (11,35%) y gengibrillo (10,46%). Estos valores ponen en evidencia el bajo valor nutritivo del pasto jaragua, el cual constituye un 37% del área total destinada a la producción de pastos en el país (4).

Los forrajes de la zona en promedio satisfacen las necesidades de Ca del ganado de carne (18); sin embargo un 25% de las muestras analizadas presentaron valores inferiores a 0,18%, el cual es el requerimiento mínimo establecido por el NRC (18). Otros autores (2, 16, 22), al trabajar en esta zona durante la época seca, han reportado niveles promedio de Ca y grados de deficiencia similares a los obtenidos en este estudio.

Por lo general estas deficiencias moderadas no afectan el comportamiento productivo de los

Cuadro 3. Contenido mineral de las principales especies forrajeras cultivadas en los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia, provincia de Guanacaste.

	No. de Muestras	PC ¹	% de la materia seca				mg/kg de la materia seca			
			Ca	P	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i>)	48	6,14 ^b	0,28 ^b	0,13 ^c	0,12 ^c	1,21 ^b	242 ^b	3 ^c	23 ^b	32 ^c
Estrella (<i>Cynodon nlenfluensis</i>)	15	10,11 ^a	0,15 ^c	0,19 ^a	0,12 ^c	2,98 ^a	548 ^a	10 ^a	42 ^a	66 ^a
Pasto natural (<i>Paspalum conjugatum</i>)	13	11,35 ^a	0,28 ^b	0,15 ^b	0,17 ^b	2,89 ^a	587 ^a	8 ^b	47 ^a	50 ^b
Gengibrillo (<i>Paspalum notatum</i>)	4	10,46 ^a	0,40 ^a	0,11 ^d	0,20 ^a	1,85 ^{ab}	299 ^b	8 ^b	26 ^b	22 ^d

a, b, c, d: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

¹PC: Proteína cruda

animales, pero si se convierten en deficiencias crónicas, sí inciden negativamente sobre la capacidad de producción de los bovinos (1, 15). Se encontró una relación Ca:P de 1,9:1, la cual favorece la absorción del Ca en el tracto gastrointestinal (5).

La prueba de Diferencia Mínima Significativa mostró que el pasto gengibrillo contiene significativamente más Ca (0,40%) que los pastos jaragua (0,28%) y natural (0,28%). Estos forrajes naturales a su vez presentaron una mayor ($P \leq 0,05$) concentración de Ca que forrajes mejorados tales como el pasto estrella africana (0,15%) (Cuadro 3).

Los suelos de esta zona al igual que la mayoría de suelos tropicales tienen limitaciones en su fertilidad debido a su bajo contenido de fósforo (11). Esta condición afecta el contenido de este mineral en los forrajes y el valor promedio obtenido para los pastos de los cantones evaluados (0,14% de P) es deficiente para la alimentación del ganado de carne (18) (Cuadro 2). El 85% de las muestras analizadas mostró valores subóptimos de este nutrimento, lo cual indica que la deficiencia de P es generalizada en la región. Varios autores (2, 16, 22) han informado de contenidos de P, en los pastos, inferiores a los obtenidos en este estudio, al analizar los forrajes de la zona durante la época seca. French (8) explica esta variación estacional en el contenido de P en los forrajes al indicar que durante el verano el fósforo se moviliza de las partes aéreas de la planta a su sistema radicular.

En el Cuadro 3 se puede observar que el único forraje que en promedio satisface las necesidades mínimas del ganado de carne (0,18% de P) fue el pasto estrella africana (0,18%), el cual tiene un valor superior ($P \leq 0,05$) a los pastos natural (0,15%), jaragua (0,13%) y gengibrillo (0,11%).

Los forrajes, a excepción de aquellos muy succulentos, por lo general satisfacen las necesidades de Mg del ganado de carne (0,04 a 0,10% de la MS) (18). El nivel medio obtenido en este estudio (0,13%) satisface las necesidades del ganado y a su vez es similar al informado para los pastos de esta región (2, 16, 22). Las especies de forrajes analizadas difirieron ($P \leq 0,05$) en cuanto a su contenido de Mg, siendo el pasto gengibrillo el que mostró el mayor ($P \leq 0,05$) contenido de Mg (0,20%), y los pastos jaragua (0,12%) y estrella africana (0,12%) los que presentaron los niveles más bajos (Cuadro 3).

Con respecto al contenido de K en los forrajes, éste osciló desde 2,95% en el cantón de Liberia hasta 1,53% en Bagaces y 1,56% en Cañas. El valor promedio obtenido para Liberia difiere significativamente de los obtenidos para los otros cantones (Cuadro 2). Estos niveles de K satisfacen plenamente las necesidades del ganado bovino destinado a la producción de carne (0,6 a 0,8% de la MS) (18). El alto contenido de K en los forrajes de Liberia no sobrepasa el valor máximo de tolerancia de 3% establecido por el NRC (17), por lo que este mineral no es limitante para la producción animal. Niveles inferiores a los obtenidos en este estudio han sido mencionados por otros autores (2, 16, 22), quienes analizaron los forrajes de esta zona durante la época seca. En el Cuadro 3 se puede observar que el pasto jaragua presentó un contenido de K (1,21%) significativamente menor que los pastos natural (2,89%) y estrella africana (2,98%).

La deficiencia de Fe es considerada poco común en los animales en pastoreo debido a que los forrajes por lo general contienen cantidades

adecuadas de este mineral y además están contaminados por el suelo (13). El valor medio de Fe obtenido para esta zona fue 322 mg/kg de MS (Cuadro 2), el cual es adecuado para la alimentación del ganado de carne (18). No obstante los pastos estrella africana y natural presentaron valores superiores a 500 mg/kg de MS (Cuadro 3), valor que según al ARC (1) afecta la capacidad de producción de los animales al reducir el consumo de alimentos y la ganancia de peso. Los resultados de esta investigación coinciden con los obtenidos por otros autores (2, 16, 22).

Los forrajes en promedio satisfacen las necesidades de Cu del ganado bovino de la zona (Cuadro 2). Sin embargo un 48% de las muestras analizadas presentaron valores de Cu inferiores al requerimiento mínimo (4 mg/kg de MS) (18), acentuándose esta condición de deficiencia en los cantones de Cañas y Bagaces. Estos resultados confirman los estudios realizados por otros autores (2, 16, 22); quienes concluyen que una de las principales limitaciones nutricionales que tienen los animales en pastoreo en el Pacífico Seco de Costa Rica es la deficiencia de Cu.

El paso jaragua presentó un valor medio de Cu de 3 mg/kg de MS. Al ser este forraje el más abundante en la zona se explica parcialmente la deficiencia tan extendida de este mineral en los cantones analizados. Los otros forrajes mostraron contenidos de Cu significativamente mayores y los valores para los pastos estrella africana, natural y gengibrillo fueron 10, 8 y 8 mg/kg de MS, respectivamente. Estos últimos valores de Cu son adecuados para la alimentación del ganado siempre y cuando su utilización no sea bloqueada por altos contenidos de molibdeno y azufre en la dieta (1).

Los requerimientos de Zn del ganado de carne en confinamiento han sido establecidos entre 20 y 30 mg/kg de MS. Para el ganado en pastoreo estos requerimientos no están claramente definidos ya que factores como la disponibilidad del Zn de la dieta, las interacciones de este elemento con otros nutrimentos esenciales y las necesidades del elemento en los procesos infecciosos hacen que los requerimientos difieran (1, 18). Pese a que los forrajes del cantón de Liberia presentaron un contenido promedio del Zn de 42 mg/kg de MS, la zona se considera deficiente en este elemento, ya que el promedio de este mineral para la región es crítico (31 mg/kg) y además el 46% de las muestras analizadas presentaron valores subóptimos para la alimentación del ganado (Cuadro 2). Deficiencias

más severas han sido reportadas por otros autores en esta zona durante la época seca (2, 16, 22).

Los pastos natural (47 mg/kg) y estrella africana (42 mg/kg) mostraron contenidos de Zn significativamente mayores que los pastos jaragua (23 mg/kg) y gengibrillo (26 mg/kg), poniéndose en evidencia que la especie forrajera tiene un efecto importante sobre la nutrición de Zn del ganado bovino (Cuadro 3).

En el Cuadro 2 se observa que el contenido medio de Mn en los forrajes de la región fue 42 mg/kg de MS; sin embargo el 21% de las muestras analizadas no satisfacen las necesidades mínimas del ganado de carne (20 mg/kg) (1). Las muestras deficientes provenían de toda la región, indicando que el estado de nutrición de Mn de los forrajes no sigue un patrón geográfico determinado y que la suplementación con este mineral debe considerarse en toda la zona. Grados y patrones de deficiencia de Mn similares a los obtenidos en este estudio han sido reportados por Mc Dowell *et al.* (12) al evaluar el estado de nutrición mineral del ganado bovino del Pacífico Seco.

El contenido de Mn difirió ($P \leq 0,05$) entre las especies de pasto evaluadas, encontrándose el mayor valor en el pasto estrella africana (66 mg/kg) y el menor en el pasto gengibrillo (22 mg/kg) Cuadro 3). Esta variabilidad en el contenido de Mn en los pastos ha sido mencionada previamente por otros autores (2, 16, 22).

RESUMEN

Durante la época lluviosa se analizó el estado de nutrición mineral del ganado bovino y los forrajes de los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia de la provincia de Guanacaste. Se tomaron 81 muestras de suero sanguíneo de animales cebuinos y 85 muestras de pastos provenientes de 4 especies diferentes. En el suero sanguíneo se determinó el contenido de calcio, fósforo y magnesio y en los forrajes se analizaron las concentraciones de proteína cruda, calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, cobre, zinc y manganeso.

Los contenidos promedio de calcio, fósforo y magnesio del suero sanguíneo fueron 10,99; 5,28 y 2,70 mg/100 ml respectivamente. Estos valores son considerados normales, sin embargo un 25% de los animales muestreados presentaron niveles deficientes de fósforo.

En los forrajes los contenidos promedio de proteína cruda, calcio, fósforo, magnesio y potasio fueron 8,08; 0,27; 0,14; 0,13 y 1,88% respectiva-

mente. Mientras que las concentraciones de hierro, cobre, zinc y manganeso fueron 322, 6, 31 y 42 mg/kg respectivamente. Al relacionar el contenido mineral y de proteína cruda de los forrajes con los requerimientos nutricionales del ganado de carne, según el NRC, se encontró que los forrajes no satisfacen las necesidades de calcio, fósforo, cobre, zinc y manganeso de los animales de la zona. Esta condición de deficiencia se acentúa aún más con el pasto jaragua. Los pastos estrella africana y natural presentaron contenidos de hierro excesivos, los cuales podrían limitar la capacidad de producción del ganado bovino.

LITERATURA CITADA

1. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, England, 1980. 351 p.
2. ALVAREZ, N.R. Análisis mineral de pasto y sangre en el cantón central de Liberia, Guanacaste. Tesis Ing. Agr., Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1977. 177 p.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Washington, D.C. 12th Ed., 1975. 1008 p.
4. COSTA RICA. SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACION SECTORIAL AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Información básica del sector agropecuario de Costa Rica. 2da. ed. San José, Costa Rica, 1982. 155 p.
5. CHURCH, D.C. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 2. Nutrition. 2nd. Ed. Corvallis, Or. O & B Books, 1979. 452 p.
6. FICK, K.R.; MILLER, S.M., FUNK, J.D., MC DOWELL, 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.
7. FISKE, L. y SUBBAROW, V. The colorimetric determination of phosphorus. Journal of Biological Chemistry 66:375. 1925.
8. FRENCH, M.H. The composition of tropical grassland herbage. Turrialba 9 (4): 127-137. 1959.
9. LITTLE, D.A. Utilization of minerals. In J. B. Hacker, ed. Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agricultural Bureaux. England, 1981. 536 p.
10. MAYNARD, L.A., LOOSLI, J.K., HINTZ, H.F. y WARNER, R.G. Nutrición Animal. 2da. Ed. en Español, Mc Graw Hill, México, 1981. 640 p.
11. MC DOWELL, L.R.; CONRAD, J.H., ELLIS, G.L. y LOOSLI, J.K. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, 1984. 91 p.
12. MC DOWELL, L.R.; LANG, C.E.; CONRAD, J.H.; MARTIN, F.G. y FONSECA, H. Mineral status of beef cattle in Guanacaste, Costa Rica. Tropical Agriculture (Trinidad) 55 (4):343-350. 1978.
13. MC DOWELL, 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. MC DOWELL, 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.
15. MILLER, W.J. Dairy cattle feeding and nutrition. New York, Academic Press, 1979. 411 p.
16. MURILLO, C. Evaluación del estado de nutrición mineral del ganado bovino en pastoreo en el cantón de Cañas, Guanacaste. Tesis Ing. Agr., Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1977. 141 p.
17. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Mineral tolerance of domestic animals. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C., 1980. 577 p.
18. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of beef cattle. 5th Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1976. 56 p.
19. STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. 2nd Ed. New York Mc Graw-Hill, 1980. 481 p.
20. UNDERWOOD, E.J. Los minerales en la nutrición del ganado. 2da. Ed. en Español, Zaragoza, Acribia, 1983. 210 p.
21. UNDERWOOD, E.J. Trace elements in human and animal nutrition. 4th Ed. New York, Academic Press, 1977. 545 p.
22. VARGAS, E.A. 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., Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1978. 86 p.