

COMPOSICION MINERAL Y DE PROTEINA CRUDA DE LOS FORRAJES EN LOS DISTRITOS DE VENECIA, PITAL Y AGUAS ZARCAS, CANTON DE SAN CARLOS^{1/}

Jorge Manuel Sánchez*

Emilio Vargas*

Carlos Campabadal*

ABSTRACT

Mineral and crude protein composition of forages in the districts of Venecia, Pital and Aguas Zarcas, San Carlos, Costa Rica. One hundred and seventeen forage samples were collected during a year in the districts of Venecia, Pital and Aguas Zarcas of the San Carlos County, in order to analyze their crude protein and mineral content, and detect possible deficiencies or imbalances of these nutrients in beef and dairy cattle feeding in this zones. These districts are located at 10°24' and 10°28' north latitude and 84°21' and 84°28' west longitude; its altitude ranges from 80 to 600 masl, and temperature and average annual precipitation range between 20.5 and 29.0 C and 3,200 and 3,600 mm, respectively. Main forage species sampled were *Brachiaria* sp., *B. mutica*, *Setaria anceps*, *Panicum maximum* and *Cynodon nlemfluensis*. Forage concentration of crude protein, calcium, phosphorus, magnesium and potassium was 13.44, 0.27, 0.19, 0.21 and 3.33% of the dry matter, respectively. Average content of iron, copper, zinc and manganese was 283, 11, 45 and 163 mg/kg of dry matter. These values show that calcium, phosphorus and zinc supplementation is required for beef and dairy cattle production, as well as magnesium and copper in dairy herds. High levels of potassium and high ratios of K:(Ca + Mg) in the forages could interfere with magnesium metabolism and cause hypomagnesaemia in those herds without mineral supplementation. Excessive iron content found in some forages could interfere with the utilization of other minerals and reduce the production performance of the animals.

INTRODUCCION

La producción de ganado bovino a base de forrajes ha tenido un importante auge en la zona norte del país durante los últimos años. En la actualidad dicha zona cuenta con un 20% del hato nacional, el cual se destina tanto a la producción de carne como de leche (Costa Rica, 1982).

McDowell *et al.*, (1980) al realizar un diagnóstico sobre el estado de nutrición mineral de los bovinos y forrajes del cantón de San Carlos han en-

contrado que los elementos calcio, fósforo, magnesio, cobre, zinc y cobalto son limitantes para la producción ganadera en esta región. Al mismo tiempo estos autores señalan una importante incidencia de enfermedades de origen metabólico tales como la fiebre de leche, la cual tiene su origen en los bajos niveles de calcio y fósforo del pasto *Setaria anceps*, así como en su alto contenido de oxalatos que interfieren con la utilización de dichos minerales. Estos hallazgos sugieren que los minerales son los nutrimentos más limitantes para la producción ganadera en esta región del país.

El objetivo de esta investigación fue analizar la composición mineral y de proteína cruda de los forrajes de los distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas del cantón de San Carlos durante

1/ Recibido para su publicación el 23 de junio de 1986.

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

Cuadro 1. Contenido promedio de proteína cruda y mineral de forrajes analizados en tres distritos del cantón de San Carlos.

Distritos	Número de muestras	%					mg/kg			
		PC ¹	Ca	P	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Venecia	44	13,90	0,26	0,15 ^b	0,21 ^b	2,79 ^b	264 ^b	11	40 ^b	170
Pital	48	13,29	0,28	0,20 ^a	0,24 ^a	3,08 ^b	177 ^c	10	50 ^a	162
Aguas Zarcas	25	13,13	0,26	0,21 ^a	0,17 ^c	4,07 ^a	407 ^a	11	44 ^b	156
Promedio para la zona	117	13,44	0,27	0,19	0,21	3,31	283	11	45	163

a, b, c Letras diferentes entre valores de una misma columna indican diferencias significativas $P < 0,05$.

1/ PC = Proteína Cruda.

un año y relacionar los niveles de dichos nutrientes con las necesidades nutricionales del ganado bovino establecidas por el NRC.

MATERIALES Y METODOS

Durante un año se muestrearon y analizaron las principales especies forrajeras de los distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas del cantón de San Carlos, provincia de Alajuela. Estos distritos se localizan entre los 10°24' y 10°28' latitud norte y los 84°21' y 84°28' longitud oeste. La zona tiene una altitud que oscila entre 80 y 600 msnm, su temperatura media varía de 20,5 a 29 C y la precipitación promedio anual oscila entre 3200 y 3600 mm.

En el transcurso del año 1978 se recolectaron 117 muestras de pasto, las cuales fueron tomadas al azar y en forma proporcional a la población de ganado bovino en cada distrito (Cuadro 1). Las principales especies muestreadas fueron *Cynodon nlemfluensis*, *Panicum maximum*, *Setaria anceps*, *Brachiaria* sp., *Paspalum notatum*, *Ischaemum ciliare*, *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria mutica* y *Echinochloa polystachya*; en el Cuadro 2 se indica el número de muestras tomadas de cada una de estas especies forrajeras. Las muestras fueron cosechadas a una altura de 10 a 15 cm del suelo en los potreros donde estaban pastando los animales y se introdujeron en bolsas de plástico para su envío al centro de análisis. En el laboratorio las muestras se secaron a 60 C durante 48 horas, se molieron y se envasaron para analizarlas posteriormente. Los análisis realizados fueron materia seca (MS) y proteína cruda (PC) por el método de la AOAC (1975), calcio, magnesio, potasio, hie-

ro, cobre, zinc y manganeso por absorción atómica y fósforo por el método colorimétrico (Fick *et al.*, 1976).

La información obtenida fue analizada por medio de un modelo de tipo anidado, donde las variables de clasificación fueron distrito, finca, época, edad de la planta, especie forrajera y muestra. En aquellos casos en que las muestras difirieron significativamente ($P \leq 0,05$) se hizo una prueba de diferencia mínima significativa.

RESULTADOS Y DISCUSION

Proteína cruda

En el Cuadro 1 se observa que el contenido de PC de los forrajes no difirió significativamente entre los distritos evaluados y el promedio general obtenido para la región fue 13,44% de la MS. Este valor es superior al obtenido por Chi (1978) en esta región durante la época lluviosa y en promedio, asumiendo una buena disponibilidad de los forrajes, satisface las necesidades tanto del ganado de carne en crecimiento como del ganado lechero con una producción inferior a 11 kg de leche/día (NRC, 1976, 1978). Al evaluar la distribución del nivel de PC de las muestras analizadas se encuentra que alrededor de un 47% contienen menos de 13% de PC, lo que indica que las vacas lecheras que pastorean en un área importante de la región dependen de la selección de los forrajes o de la suplementación proteica para mantener un balance de nitrógeno positivo y producir de acuerdo a su potencial genético (Miller, 1979).

En los Cuadros 2 y 3 se indican los contenidos de proteína cruda por especie forrajera y estado vegetativo. Aunque no se encontraron diferen-

Cuadro 2. Composición mineral y de proteína cruda de las principales especies forrajeras analizadas en los distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas del cantón de San Carlos.

Especies de pasto	Número de muestras	%					mg/kg			
		PC ¹	Ca	P	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Estrella (<i>Cynodon nlemfluenzis</i>)	11	15,99	0,26 ^b	0,23 ^a	0,20 ^b	2,65 ^b	137	12 ^b	46 ^e	140 ^f
Gigante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	9	15,32	0,27 ^b	0,17 ^b	0,14 ^{bc}	3,39 ^{ab}	244	11 ^c	32 ^f	70 ⁱ
San Juan (<i>Setaria anceps</i>)	20	13,69	0,28 ^b	0,18 ^b	0,19 ^{bc}	4,03 ^a	294	17 ^a	32 ^f	229 ^d
Pará (<i>Brachiaria mutica</i>)	16	14,60	0,22 ^b	0,23 ^a	0,22 ^{bc}	4,20 ^a	408	11 ^c	54 ^c	120 ^h
Alemán (<i>Echinochloa polystachya</i>)	6	14,60	0,21 ^b	0,17 ^{ab}	0,18 ^{bc}	3,21 ^{ab}	188	7 ^f	51 ^d	293 ^a
Guinea (<i>Panicum maximum</i>)	14	12,32	0,50 ^a	0,18 ^{ab}	0,25 ^b	2,57 ^b	173	6 ^g	30 ^g	162 ^e
Pasto natural (<i>Paspalum notatum</i>)	5	11,71	0,19 ^b	0,14 ^b	0,19 ^{bc}	1,71 ^b	479	6 ^g	23 ^h	249 ^b
Brachiaria (<i>Brachiaria</i> sp.)	22	13,69	0,20 ^b	0,17 ^b	0,23 ^b	3,01 ^b	192	10 ^d	56 ^b	135 ^g
Ratanna (<i>Ischaemum ciliare</i>)	4	9,43	0,31 ^{ab}	0,15 ^b	0,40 ^a	2,18 ^b	604	8 ^e	61 ^a	245 ^c

a, b, c, d, e, f, g, h, i Medias en la misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P < 0,05$).

1/ PC = Proteína Cruda.

Cuadro 3. Efecto del estado vegetativo sobre el contenido mineral y de proteína cruda de forrajes del cantón de San Carlos.

Estado vegetativo	%					mg/kg			
	PC ¹	Ca	P	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Pre-floración	13,69	0,30 ^a	0,19 ^a	0,22	3,23	286	11 ^a	41	169
Post-floración	13,20	0,24 ^b	0,17 ^b	0,21	3,08	238	10 ^b	49	158

a, b Letras diferentes entre valores de una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

1/ PC = Proteína Cruda.

cias estadísticas entre las especies de pastos, se observa que las especies mejoradas Estrella (15,99%) y Gigante (15,32%) son las que presentan los mayores niveles proteicos, mientras que el menor contenido lo presentó el pasto Ratanna (9,43%), el cual ha sido introducido y difundido ampliamente en la zona en los últimos años. El estado vegeta-

tivo no afectó significativamente el contenido de este nutrimento, sin embargo se observa que al madurar la planta se reduce su contenido de proteína. Norton (1981) ha informado que durante la fase de crecimiento normalmente se produce una disminución del contenido proteico la cual se acentúa aún más durante la floración.

Calcio

El nivel de calcio de los forrajes no difirió significativamente entre los distritos evaluados y el valor promedio obtenido para la zona fue 0,27% (Cuadro 1), el cual es similar al obtenido por Chi (1978) y McDowell *et al.*, (1980) en el cantón de San Carlos. El NRC (1976, 1978) ha establecido los requerimientos de calcio del ganado de carne en crecimiento entre 0,18 y 0,35% de la MS y para el ganado de leche con una producción igual o inferior a 11 kg de leche/dfa en 0,43% de la MS. Esto indica que para la producción bovina en estos distritos, aún con una disponibilidad y consumo normal de forrajes, se requiere de la suplementación de calcio, acentuándose esta necesidad en animales en crecimiento y vacas de alta producción o que se encuentran en las primeras fases de la lactancia.

Las especies forrajeras difirieron significativamente en el contenido de calcio. El pasto Guinea fue el que mostró las mayores concentraciones de este elemento (0,50%) (Cuadro 2) coincidiendo con las observaciones de De Sousa (1978), que lo señala como uno de los forrajes que extrae y acumula mayores cantidades de calcio. El pasto San Juan mostró un promedio de calcio de 0,28% que es similar al promedio de la zona, sin embargo los animales que pastorean en este forraje son propensos a sufrir una deficiencia de calcio ya que los altos niveles de oxalatos que caracterizan a esta especie forrajera reducen aún más la disponibilidad del elemento (Little, 1981). El estado vegetativo afectó significativamente el contenido de calcio; en el estado de pre-floración los pastos presentaron una mayor cantidad del elemento (0,30%) que en el estado de post-floración (0,24%) (Cuadro 3). Norton (1981) ha señalado que el contenido de calcio de los forrajes de zonas tropicales y templadas declina con la madurez.

Fósforo

El nivel de fósforo de los pastos difirió significativamente entre los distritos, encontrándose los mayores valores en Aguas Zarcas (0,21%) y Pital (0,20%) y el menor en Venecia (0,15%) (Cuadro 1). El promedio para la zona fue 0,19% el cual es similar al informado por otros autores en este cantón (Chi, 1978; McDowell *et al.*, 1980). La distribución de las muestras por su contenido de fósforo indica que un 55% de los pastos

contienen menos del requerimiento del ganado de carne en crecimiento y engorde (0,18% de la MS) (NRC, 1976), y que un 91% de los forrajes contienen menos del requerimiento de las vacas con una producción menor a 11 kg de leche/dfa (0,31% de la MS) (NRC, 1978), lo cual indica que los pastos de la zona no satisfacen las necesidades de fósforo del ganado bovino y que su suplementación es esencial. La relación calcio:fósforo en los pastos (1,42:1), está dentro del rango de 1:1 a 2:1 que se establece como óptima para la adecuada absorción de ambos elementos en el tracto digestivo (McDowell *et al.*, 1984).

Tanto la especie como el estado vegetativo afectaron significativamente el contenido de fósforo de los forrajes. Las especies Estrella (0,23%) y Pará (0,23%) presentaron los mayores contenidos del elemento, los cuales podrían permitir algún grado de producción en el ganado de carne (NRC, 1976). Las otras especies contienen cantidades marginales o deficientes del elemento para la producción bovina (Cuadro 2). El Cuadro 3 indica que los pastos en pre-floración contienen cantidades significativamente mayores del elemento (0,19%); que en post-floración (0,17%); esta tendencia también ha sido observada por otros autores en diferentes zonas del país (Sánchez *et al.*, 1986 b).

Magnesio

El contenido de magnesio de los forrajes difirió significativamente entre los distritos evaluados, 0,17; 0,21 y 0,24% para Aguas Zarcas, Venecia y Pital, respectivamente. El valor medio para la zona (0,21%) es similar al informado previamente por Chi (1978) y McDowell *et al.* (1980) (Cuadro 1). La totalidad de las muestras analizadas satisfacen las necesidades que tiene el ganado de carne de este elemento (0,04 a 0,10% de la MS) (NRC, 1976), sin embargo un 47% de las muestras no satisfacen las necesidades del ganado de leche (0,20% de la MS) (NRC, 1978), haciéndose más evidente esta condición de deficiencia en el distrito de Aguas Zarcas.

La especie forrajera afectó significativamente el nivel de magnesio de los pastos (Cuadro 2). El contenido del elemento osciló desde 0,40% en el pasto Ratanna hasta 0,14% en el pasto Gigante. Estos bajos contenidos de magnesio en el pasto Gigante aunado a sus altos niveles de potasio (3,39%) y a la alta relación K:(Ca + Mg) (8, 3:1)

podrían causar hipomagnesemia en aquellos hatos de lechería que consumen este pasto como principal fuente de forraje (Underwood, 1983). El contenido de magnesio no fue afectado significativamente por el estado vegetativo de la planta (Cuadro 3).

Potasio

El contenido de potasio de los pastos de Aguas Zarcas (4,07%) fue significativamente superior al de los forrajes de Pital (3,08%) y Venecia (2,79%) que no difirieron estadísticamente entre sí (Cuadro 1). Estos valores son superiores a los encontrados previamente por Chi (1978) y McDowell *et al.* (1980), quienes informaron, respectivamente, contenidos de 2,36 y 2,38%.

Aunque los animales rumiantes tienen la capacidad de excretar los excesos de potasio consumido, el NRC (1976, 1978, 1980) sugiere que niveles superiores a 3% de la dieta puedan limitar la absorción y/o utilización del magnesio pudiendo así favorecer la incidencia de hipomagnesemia en hatos ganaderos. Las especies forrajeras que favorecen este desbalance metabólico son Pará (4,20%), San Juan (4,03%), Gigante (3,39%), Alemán (3,21%) y *Brachiaria* (3,01%), las cuales son muy comunes en la zona (Cuadro 2). El estado vegetativo de los forrajes no afectó significativamente el contenido del mineral.

Elementos menores

Diversos autores (Chi, 1978; McDowell *et al.*, 1980) al analizar los forrajes del cantón de San Carlos han encontrado niveles de hierro que se consideran excesivos para la alimentación de los animales bovinos. En el presente estudio se obtuvo un valor medio de 283 mg/kg de la MS. Standish y Ammerman (1971) han informado que niveles superiores a 200 mg de hierro/kg de MS reducen el consumo de alimento de los animales rumiantes. Además, una cantidad importante de las muestras contienen más de 1000 mg/kg, valor que es considerado tóxico para los animales (Ammerman y Goodrich, 1983; Miller, 1979). El contenido de hierro difirió significativamente entre los diferentes distritos (Cuadro 1), pero no entre especies (Cuadro 2). A pesar de esto, el pasto Ratanna mostró una concentración elevada de hierro (604 mg/kg) que comprueba la alta capacidad para acumular el mineral, que ha sido observada

por otros autores en este pasto (Sánchez *et al.*, 1986a).

El NRC ha establecido los requerimientos de cobre del ganado de carne en 4 mg/kg de MS (NRC, 1976) y del ganado lechero en 10 (NRC, 1978). Al evaluar la dispersión del contenido de cobre de los forrajes un 50% de las muestras contienen menos del nivel crítico de 10 mg/kg, lo que sugiere que este elemento es limitante para la producción lechera en la zona. Los niveles de cobre en los forrajes obtenidos en este estudio son inferiores a los obtenidos por otros autores en el cantón; Chi (1978) y McDowell *et al.* (1980) han encontrado respectivamente, valores de 20 y 41 mg/kg. Las especies forrajeras difirieron significativamente en cuanto a su contenido de cobre, el cual osciló desde 6 mg/kg en los pastos Guinea y Natural hasta 17 mg/kg en San Juan.

En concentración de zinc, los pastos de Pital (50 mg/kg) difirieron estadísticamente de los forrajes de los otros dos distritos (44-45 mg/kg). Solo un 16% de los forrajes evaluados contienen menos del requerimiento mínimo establecido por el NRC (1976) para el ganado de carne (20 mg/kg de MS), y un 59% de las muestras tienen menos del requerimiento mínimo establecido para el ganado de leche (NRC, 1978) (40 mg/kg de MS). Los niveles de zinc obtenidos son superiores a los informados por Chi (1978) (20 mg/kg) y McDowell *et al.* (1980) (36 mg/kg) para el cantón de San Carlos. La especie de forraje afectó significativamente el contenido de zinc y los valores encontrados oscilaron desde 51 mg/kg en el pasto Ratanna hasta 23 en el pasto Natural (Cuadro 2).

El contenido medio de manganeso de los forrajes de la zona (163 mg/kg) fue superior al informado por Chi (1978) (114 mg/kg) y McDowell *et al.* (1980) (131 mg/kg) y no difirió estadísticamente entre los distritos. La totalidad de las muestras sobrepasó el nivel establecido por el NRC (1976) como el requerimiento mínimo del ganado de carne (10 mg/kg), y solamente el 2,5% de las muestras presentaron valores inferiores al requerimiento del ganado lechero (40 mg/kg de la MS) (1978). Hubo diferencias significativas entre especies en cuanto al contenido de manganeso, encontrándose niveles que oscilaron desde 70 mg/kg en el pasto Guinea hasta 293 mg/kg en el pasto Alemán; esta variabilidad entre especies en cuanto a su capacidad para acumular manganeso también ha sido señalada por otros autores (Marín *et al.*, (1985); Sánchez *et al.*, 1985).

Para ningún elemento menor, el estado vegetativo afectó significativamente la concentración.

RESUMEN

Ciento diecisiete muestras de forrajes fueron recolectadas durante un año en los distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas del cantón de San Carlos con el objeto de analizar su contenido mineral y proteico y detectar posibles deficiencias o desbalance en la alimentación del ganado de carne y lechero de la zona. Estos distritos están localizados entre los 10°24' y 10°28' latitud norte y los 84°21' y 84°28' longitud oeste; la altura de la zona oscila entre 80 y 600 msnm, su temperatura media varía de 20,5 a 29,0°C y la precipitación promedio anual oscila entre 3200 y 3600 mm. Las principales especies forrajeras muestreadas fueron *Brachiaria* sp., *Setaria anceps*, *Brachiaria mutica*, *Panicum maximum* y *Cynodon nlemfluentis*. Los contenidos promedio obtenidos para la proteína cruda, calcio, fósforo, magnesio y potasio fueron 13,44; 0,27; 0,19; 0,21 y 3,33% de la MS, respectivamente, y para hierro, cobre, zinc y manganeso se encontraron 283, 11, 45 y 16 mg/kg de MS. Estos valores indican que para la producción de ganado de carne y lechero en la zona se requiere de la suplementación de calcio, fósforo y zinc, lo mismo que de magnesio y cobre en hatos de lechería. Además, los altos niveles de potasio encontrados y las altas relaciones K:(Ca + Mg) podrían interferir con la utilización de magnesio y causar hipomagnesemia en aquellos hatos que no se suplementan con minerales. Los excesivos niveles de hierro en los pastos también podrían interferir con la utilización de otros minerales y reducir el comportamiento productivo de los animales.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Ing. Carlos Rojas por su colaboración en la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- AMMERMAN, C. B.; GOODRICH, R. D. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. *Journal of Animal Science* v. 57. Supplement 2. 575 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1975. Official methods of analysis. 12 ed. Washington, D. C. 1008 p.
- COSTA RICA. SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACION SECTORIAL AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1982. Información básica del sector agropecuario de Costa Rica. 2 ed. San José. 155 p.
- CHI, H. 1978. 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 Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia. 161 p.
- DE SOUSA, J. C. 1978. Interrelationships among mineral levels in soil, forage, and animal tissues in ranches in northern Mato Grosso, Brasil. Ph. D. Thesis. Gainesville, University of Florida. 276 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.
- LITTLE, D. A. 1981. Utilization of minerals. In Nutrition limits to animal production from pastures. Ed. by J. B. Hacker. Farnham Royal, U. K., Commonwealth Agricultural Bureaux. p. 259-283.
- MARIN, J.; SANCHEZ, J.; CAMPABADAL, C.; VARGAS, E. 1985. Determinación del contenido mineral de los pastos y sangre de bovinos en los cantones de Siquirres, Guácimo y Pococí de la provincia de Limón, durante la época lluviosa. *Agronomía Costarricense* 9 (2):197-203.
- McDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H.; ELLIS, G. L.; LOOSLI, J. K. 1984. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Gainesville, University of Florida, Departamento de Ciencia Animal. 91 p.
- McDOWELL, L. R.; KIATOKO, M.; LANG, C. E.; FONSECA, H. A.; VARGAS, E.; LOOSLI, J. K.; CONRAD, J. H. 1980. Latin American mineral research-Costa Rica. In IV World Conference on Animal Production. Ed. por L. S. Verde y A. Fernández. Buenos Aires, Argentina. p. 39-47.
- MILLER, W. J. 1979. Dairy cattle feeding and nutrition. New York, Academic Press. 411 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1976. Nutrient requirements of beef cattle. 5 ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences. 56 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1978. Nutrient requirements of dairy cattle. 5ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences. 76 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1980. Mineral tolerance of domestic animals. Washington, D. C., National Academy of Sciences-National Research Council. 577 p.

- NORTON, B. W. 1981. Differences between species in forage quality. *In* Nutritional limits to animal production from pastures. Ed. by J. B. Hacker. Farnham Royal, U. K., Commonwealth Agricultural Bureaux. p. 89-110.
- SANCHEZ, J. M.; CAMPABADAL, C.; VARGAS, E.; BENAVIDES, A. 1985. Contenido mineral de los forrajes y suero sanguíneo del ganado bovino en los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia de la provincia de Guanacaste, durante la época lluviosa. *Agronomía Costarricense* 9(2):149-154.
- SANCHEZ, J. M.; CHAVES, C.; FIGUEREDO, M.; SOLANO, A. 1986a. Producción, contenido y tasas de extracción mineral de seis gramíneas tropicales en Costa Rica. *In* Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (10, 1986, México). ALPA, México. 160 p.
- SANCHEZ, J. M.; VARGAS, E.; CAMPABADAL, C.; FONSECA, H. 1986b. Contenido proteico y mineral de los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 10 (1/2): 179-198.
- STANDISH, J. F.; AMMERMAN, C. B. 1971. Effect of excess dietary iron as ferrus sulfate and ferric citrate on tissue mineral composition of sheep. *Journal of Animal Science* 33:481-484.
- UNDERWOOD, E. J. 1983. Los minerales en la nutrición del ganado. 2 ed. España, Editorial Acribia. 210 p.