

COBRE, AZUFRE Y MOLIBDENO EN FORRAJES DE DIFERENTES ZONAS DE COSTA RICA. EFECTO DE LA EPOCA CLIMATICA Y EL ESTADO VEGETATIVO^{1/*}

Emilio Vargas **
Lee McDowell ***

ABSTRACT

Copper, sulfur and molybdenum in forages of Costa Rica. Effect of season and growth stage. A study was conducted to determine copper, sulfur and molybdenum content of the main pasture grasses in the rainy and dry season in Costa Rica. In both seasons, young and mature cuttings were analyzed. A total of four hundred and six samples were collected, corresponding 209 to and 197 to the rainy and dry season, respectively. Average results of the analyses for sulfur was 0.18% and for copper and molybdenum 3.38 y 0.62 mg/kg of the pastures dry matter. Mean sulfur, copper and molybdenum was high ($P < 0.05$) during the dry season. Young cuttings were high in copper and molybdenum and low in sulfur. Seventy % of the forages were borderline to deficient in sulfur ($<0.2\%$) and 97% were borderline to deficient in copper (<10 mg/kg). The molybdenum concentration in forages, were adequate and it indicated no influence in copper utilization. Sulfur an copper supplementation is recommended for grazing dairy cattle in all regions of Costa Rica.

INTRODUCCION

En Costa Rica, se ha estudiado extensamente la composición mineral de los forrajes en diferentes zonas del país (Vargas y Fonseca, 1989; Vargas *et al.* 1992; Fonseca *et al.* 1988; Vargas *et al.* 1988; Vargas *et al.* 1989; Sánchez *et al.* 1986), encontrándose deficiencias de algunos minerales como P, Zn, Cu, Se y Co, y excesos de otros como Fe y Mn en algunas zonas del país, sin embargo, los estudios hasta la fecha no han

incluido información sobre el estado de minerales como S y Mo, y especialmente sobre la relación S:Cu:Mo. Son bien conocidas las interacciones bioquímicas y nutricionales de estos 3 elementos, especialmente en rumiantes en pastoreo (Underwood, 1977). Tanto el Mo como el S pueden aumentar o disminuir el requerimiento de Cu de un animal. Miltmore y Mason (1971) reportaron que la relación crítica Cu:Mo es 2:1, cuando se tiene una nutrición adecuada de Ward (1978) categoriza las deficiencias de Cu en 4 niveles: a) Niveles muy altos de Mo (más de 20 ppm); b) Bajos niveles de Cu y niveles altos de Mo (razón Cu:Mo $<2:1$); c) Niveles bajos de Cu (<5 ppm); d) Cu normal y bajo Mo, con altos niveles de proteína soluble. Se sugiere que ésta última situación es el resultado de altos consumos de proteína soluble de pastos tiernos, que aumentan la cantidad de sulfuro producido en el rumen, provocando la formación de sulfuro de cobre que no es utilizable por el animal.

El propósito de este estudio fue el de obtener información nacional sobre el contenido de Cu,

1/ Recibido para publicación el 23 de abril de 1993.

* Este trabajo se llevó a cabo bajo el proyecto cooperativo de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, No. 313-87-047 y el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad de Florida, Gainesville, USA.

** Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

*** Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA.

S y Mo en los forrajes de Costa Rica y relacionarlos con las posibles interferencias e interacciones entre ellos, para bovinos en pastoreo.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en todas las zonas del país y consistió en el análisis de 406 muestras de forrajes recolectadas al azar. El número de muestras, así como las fincas estudiadas se estableció por la densidad de población vacuna en las diferentes zonas del país. El muestreo se efectuó en 2 épocas; la seca (diciembre a mayo) con 197 muestras tomadas y la lluviosa (junio a diciembre) con 209 muestras. También, éstas se clasificaron por su estado de crecimiento vegetativo y se colectaron 241 en estado tierno (pre-floración) y 165 en estado maduro (post-floración). En un estudio previo, Vargas *et al.* 1992; se presenta la distribución de las muestras por zona, época del año de cosecha y estado de crecimiento de la planta; así como las especies de forrajes estudiadas.

Los forrajes fueron cosechados a una altura de 10 a 15 cm del suelo; se colocaron en bolsas plásticas, se pesaron y luego se llevaron al laboratorio donde se secaron a 60°C durante 48 h; se molieron y se almacenaron en frascos de vidrio para su posterior análisis químico.

El Cu y el Mo se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica (Perkin Elmer, 1980) y el S por detección infrarroja (LECO, 1980).

En el análisis de la información se utilizó un diseño totalmente al azar; se hizo una prueba de Duncan para la comparación de las medidas promedio.

RESULTADOS Y DISCUSION

Azufre

El promedio nacional de S en los forrajes fue de 0,18% (Cuadro 1), valor adecuado para bovinos de carne en pastoreo, pero inferior a las necesidades del ganado de leche, estimado en un mínimo de 0,2% (NRC, 1984; 1988). La Figura 1 indica que el 67% de las muestras estudiadas tenían valores superiores a 0,1%, considerado como adecuado para el ganado de carne (NRC, 1984) y solamente el 30% de ellas llenan las necesidades del ganado de leche, lo cual sugiere una deficiencia de este elemento para el ganado de leche en producción. La misma figura indica que solamente el 6% de las

Cuadro 1. Contenido de S, Cu y Mo en forrajes de Costa Rica (base seca).

Elemento	$\bar{X}$	DE
S, %	0,18	0,13
Cu, mg/kg	3,38	2,77
Mo, mg/kg	0,62	1,95
Cu/Mo	32,19	82,69

$\bar{X}$ = promedio; DE = desviación estándar.

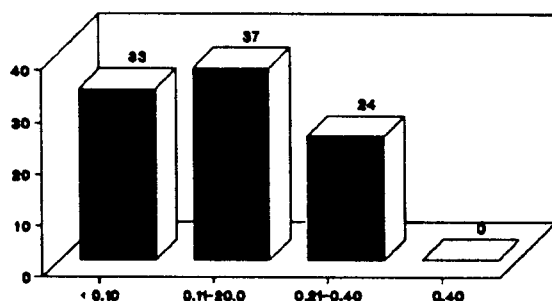


Fig. 1. Distribución del azufre en gramíneas forrajeras de varias zonas geográficas de Costa Rica.

Cuadro 2. Efecto de la época del año sobre el contenido de minerales en forrajes de Costa Rica (base seca).

Mineral	Seca		Lluvioso	
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
S, %	0,21a	0,16	0,16b	0,10
Cu, mg/kg	3,50a	3,05	3,27b	2,51
Mo, mg/kg	0,87a	2,74	0,38b	0,48
Cu/Mo	23,76	64,23	40,09	96,35

$\bar{X}$ = promedio; DE = desviación estándar.

a, b = Promedios en una línea con letras distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

muestras estudiadas contienen valores superiores a 0,4% de S, valor considerado como el máximo permisible en la dieta total de un bovino (NRC, 1980). La concentración de S en los forrajes fue afectada significativamente ($P < 0,05$) por la época del año y el estado de madurez de la planta; se obtuvo mayores concentraciones de S durante la

Cuadro 3. Efecto del estado de madurez de los forrajes sobre su contenido de minerales (base seca).

Mineral	Pre-floración		Post-floración	
	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
S, %	0,17b	0,12	0,18a	0,14
Mo, mg/kg	3,74a	2,90	2,86b	2,50
Cu, mg/kg	0,68a	2,35	0,54b	1,11
Cu/Mo	40,04	96,50	20,77	55,26

$\bar{X}$ = promedio; DE = desviación estándar.

a,b = Promedios en una línea con letras distintas son diferentes entre sí ($P < 0,05$).

Cuadro 4. Contenido de S, Cu y Mo en forrajes de diferentes zonas de Costa Rica. (Base seca).

Mineral	Central	Brunca	Pacífico Seco	Atlántico
S, %	0,20a	0,14b	0,13b	0,21a
Cu, mg/kg	4,94a	2,95bc	2,40c	3,60b
Mo, mg/kg	0,67	0,39	0,53	0,78
Cu/Mo	20,27	34,02	21,79	45,26

a,b = Promedios en una línea con letras distintas son diferentes entre sí ($P < 0,05$).

la época seca y en los forrajes maduros (Cuadros 2 y 3). La zona geográfica (Cuadro 4) también afectó significativamente ($P < 0,05$) el contenido de S de los pastos estudiados; en la zona Central y Atlántica se encontró valores de 0,20 y 0,21% de la materia seca, en comparación a 0,14 y 0,13% en la zona Brunca y Pacífico Seco.

Cobre

El contenido promedio de Cu en los forrajes fue de sólo 3,38 mg/kg de materia seca, valor que no satisface las necesidades mínimas de Cu de bovinos de carne estimados en 8 mg/kg de la materia seca del alimento (NRC, 1988; 1989). El 94% de las muestras estudiadas están por debajo de ese valor mínimo, lo que indica una deficiencia generalizada de este elemento en todo el país (Figura 2). Solamente un 3% de las muestras tuvieron valores superiores a 10 mg/kg de la materia seca, que es la concentración mínima para ganado de leche. Esta alta incidencia en la deficiencia de Cu observada en los forrajes del país, ha sido reportada anteriormente por Vargas *et al.* (1988; 1989), Fonseca *et al.* (1988) y Sánchez *et al.* (1986). De

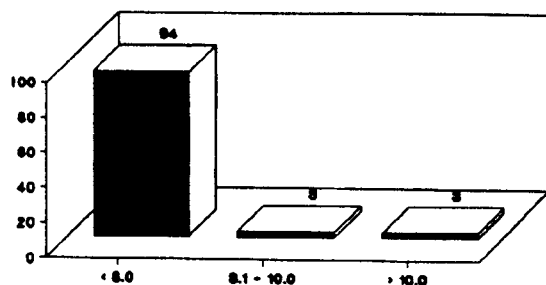


Fig. 2 Distribución del cobre en gramíneas forrajeras de varias zonas geográficas de Costa Rica.

acuerdo a los datos obtenidos de S y Mo, la deficiencia de Cu que podría presentarse en los animales es por bajos niveles de Cu en los forrajes y no por interacción con altos niveles de S o Mo, (Underwood, 1977; Miltmore y Mason, 1971); de tal manera que una suplementación de Cu adecuada, resuelve el problema de deficiencia de ese mineral.

Una situación que puede afectar negativamente la nutrición del Cu en los animales en pastoreo, es que en Costa Rica normalmente se utilizan pastos tiernos y succulentos, lo cual como lo afirma Ward (1978), contienen más proteína soluble, que provoca un aumento en la cantidad de sulfuro en el rumen pudiéndose formar sulfuro de cobre que no es utilizado por el animal. Sin embargo, los forrajes en pre-floración (tiernos) son los que contienen más Cu y menos S (Cuadro 3), por lo que este efecto parece ser mínimo.

Otros autores costarricenses también han reportado una mayor concentración de Cu en los forrajes tiernos en comparación a los maduros (Fonseca *et al.*, 1988; Sánchez *et al.*, 1986). El Cuadro 4, muestra el contenido Cu en los forrajes en las diferentes zonas del país. El valor promedio de Cu en la zona Central fue significativamente mayor ($P < 0,05$), seguido por la zona Atlántica. La zona Brunca y Pacífico Seco mostraron valores iguales y significativamente menores que los otras zonas estudiadas. Estas concentraciones de Cu son inferiores a las reportadas por Sánchez *et al.* (1986), Fonseca *et al.* (1988) y Vargas *et al.* (1988; 1989), para estas mismas zonas. Sin embargo, este estudio reafirma la gran deficiencia de Cu que existe en todo el país, por lo tanto, se recomienda la suplementación a toda

nacional con sales minerales que contengan niveles de Cu que cubran al menos el 50% de sus necesidades.

Molibdeno

Aunque son pocas las funciones metabólicas conocidas del Mo, el principal problema de este elemento para los rumiantes es el de la toxicosis. Ward (1978) advierte que cuando el Mo es mayor de 3 mg/kg y el Cu inferior a 5 mg/kg, existen problemas de bloqueo del Mo al Cu. Milmore y Mason (1971) señalan que cuando la relación Cu/Mo es mayor de 2:1, el problema de toxicosis del Mo no se presenta. En este caso, tal como se indica en los Cuadros 1, 2, 3 y 4 la relación Cu:Mo es siempre mayor que 2, por lo tanto, se puede afirmar que el Mo presente en nuestros forrajes, no está afectando la nutrición del Cu. Sólo el 13% de las muestras estudiadas tenían una relación Cu:Mo inferior a 2 (Figura 3). Una revisión detallada de los casos, indicó que esta relación inferior a 2, se dejó a valores muy bajos de Cu y no a valores

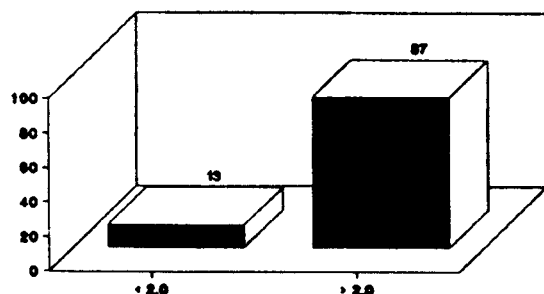


Fig. 3. Distribución del cobre/molibdeno en gramíneas de varias zonas geográficas de Costa Rica.

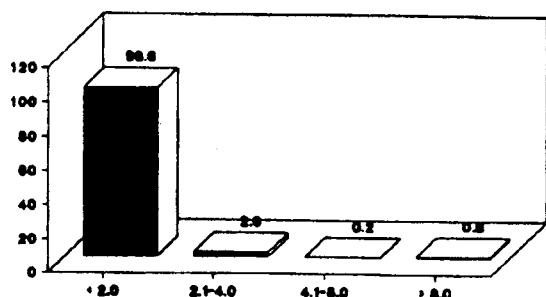


Fig. 4. Distribución del molibdeno en gramíneas forrajeras de varias zonas geográficas de Costa Rica.

altos de Mo, ya que solamente 4 muestras tenían valores de Mo superiores a 4 mg/kg de materia seca, que equivalen al 1% de las muestras estudiadas (Figura 4). De acuerdo a los datos del presente estudio, se puede concluir que en Costa Rica, los forrajes en general muestran niveles de S adecuados para el ganado de carne y bajos para el ganado de leche. Los niveles de Cu encontrados en los forrajes son muy deficientes para cualquier tipo de bovino en pastoreo y la nutrición del Cu no es afectada por niveles altos de S ó Mo.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio con el objeto de evaluar el efecto de diferentes edades de cosecha, época climática, y zonas del país, sobre el contenido de S, Cu y Mo de los principales forrajes de Costa Rica; y relacionar las posibles interferencias del S y Mo con la nutrición del Cu en bovinos de carne y leche. Los resultados para todas las muestras dan un promedio para S de 0,18% y para Cu y Mo de 3,38 y 0,62 mg/kg de materia seca, respectivamente. Durante la época seca el S, el Cu y el Mo mostraron concentraciones significativamente ($P < 0,05$) mayores que durante la época lluviosa. Los forrajes tiernos mostraron menos concentración de S y mayor de Cu y Mo. En todas las zonas del país, se encontró una gran deficiencia de Cu para bovinos de carne y leche. El S en todas las zonas del país es adecuado para la ganadería de carne pero deficiente para la ganadería de leche. Las concentraciones de Mo en los forrajes son adecuadas y aparentemente no interfieren con la nutrición del Cu. Se recomienda la suplementación de Cu en todas las ganaderías del país y la de S en el ganado de leche.

LITERATURA CITADA

- FONSECA, H.; VARGAS, E.; CAMPABADAL, C.; SANCHEZ, J. 1988. Contenido mineral de los forrajes en la zona Sur de Costa Rica. I. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. *Agronomía Costarricense*. 12(2):155-165.
- LECO. 1980. Sulfur Systems. Instruction manual. Leco. USA.
- MILMORE, J.E.; MASON, J.L. 1971. Copper to molybdenum ratio and molybdenum and copper concentrations in ruminant feeds. *Can. J. Ani. Sci.* 51:193-200.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Edition No. 6. Washington. National Academy Press.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1980. Mineral tolerance of domestic Animals. 1ra edition. Washington. National Academy Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Edition No. 6. Washington. National Academy Press.
- PERKIN, E. 1980. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer, Norwolt, C.T.
- SANCHEZ, J.; VARGAS, E.; CAMPABADAL, C.; FONSECA, H. 1986. Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa Central de Costa Rica. I. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. *Agronomía Costarricense*. 9(1/2):179-190.
- UNDERWOOD, E.J. 1977. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 4th. Edition. New York. Academic Press.
- VARGAS, E.; SANCHEZ, J.; CAMPABADAL, C. 1988. Contenido proteico y mineral en los forrajes de las regiones Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica. I. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. *Agronomía Costarricense*. 12(1):33-43.
- VARGAS, E.; SANCHEZ, J.; FONSECA, H.; McDOWELL, L. 1989. Contenido proteico y mineral en los forrajes del Pacífico Norte y Central de Costa Rica. I. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. *Agronomía Costarricense*. 13(1):73-82.
- VARGAS, E.; FONSECA, H. 1989. Contenido mineral y proteico de forrajes para rumiantes en pastoreo en Costa Rica. 1ra ed. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica.
- VARGAS, E.; SOLIS, R.; TORRES, M.; McDOWELL, L.R. 1992. Selenio y Cobalto en forrajes de Costa Rica. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. *Agronomía Costarricense*. 16(2):171-176.
- WARD, G.M. 1978. Molybdenum toxicity and hipocuprosis in ruminants. A review. *J. Ani. Sci.* 46:1078-1085.