

DISPONIBILIDAD DE COBRE PARA RUMIANTES EN ALGUNOS FORRAJES DE NAVIDAD, NUEVO LEÓN

Miguel Mellado Bosque¹

RESUMEN

En cinco predios de la región de Navidad, N.L., con antecedentes de casos de hipocupremia en ganado de leche y carne, se colectaron muestras de siete forrajes a los cuales se les determinó su contenido de: calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cobalto (Co) y azufre (S). Con estos datos se estimó la concentración del cobre total disponible (CuTD) en función de la concentración de Mo y S de los forrajes. Dicha estimación se calculó con la siguiente ecuación desarrollada por Suttle y McLauchlan (1976): $\text{Log CuTD} = 0.0019 \text{ Mo} - 0.07555 \text{ S} - 0.0131 \text{ Mo} \times \text{S} - 1.153$, donde CuTD es el cobre total disponible, y Mo y S son las concentraciones de estos elementos en los forrajes (mg/kg de la materia seca y g/kg, respectivamente).

La concentración de cobre (4.6 - 8.0 mg/kg) en todos los forrajes fue en general, adecuado para bovinos, de acuerdo a las recomendaciones del National Research Council (NRC) (1984), presentando los pastos mayores niveles de cobre que las leguminosas ($P < .05$). Al calcularse la cantidad de cobre disponible para los rumiantes, en función del S y Mo ($\bar{X} = .156 \text{ mg/kg M.S.}$), se encontró una marcada deficiencia de cobre, infiriéndose que ésta pueda ser la causa de los casos de hipocupremia en los animales de la región.

INTRODUCCIÓN

En la región de Navidad, N.L., se han observado casos de hipocupremia en ganado lechero estabulado, así como en animales en pastoreo. Estos casos presentan síntomas de deficiencia moderada de cobre como la acromotriquia, o síntomas de deficiencia aguda como la ataxia del tren posterior de los animales. El hecho de que el agua para la irrigación en esta área es azufrosa y el sue-

1. Ph. D. Maestro Investigador del Depto. de Producción Animal, Div. Ciencia Animal. UAAAN.

lo yesoso, hace suponer que los problemas de hipocupremia son provocados por una disminución en la disponibilidad de cobre para los animales como resultado de la interrelación del azufre, más que a niveles bajos de cobre en la dieta del ganado.

Debido a la complejidad del metabolismo del cobre en el cuerpo de los animales, la determinación del contenido de este elemento en forma aislada en la dieta de los rumiantes, no puede utilizarse como base para determinar si los animales están consumiendo niveles adecuados del mismo. La determinación de la concentración de molibdeno y azufre además de la del cobre, se hace necesaria para establecer que cantidad de este último es aprovechada por los animales.

El propósito de este trabajo fue determinar la disponibilidad de cobre para rumiantes en los forrajes producidos en la región de Navidad, N.L., para explicar, al menos en parte, la ocurrencia de hipocupremia en el ganado de esta zona.

REVISIÓN DE LITERATURA

En la mayoría de los casos reportados de hipocupremia en rumiantes, se trata de una deficiencia condicionada de cobre, esto es, los niveles de este elemento en el forraje que consume el ganado son normales (rango de 60 a 16 ppm) pero la presencia de molibdeno y azufre reducen su aprovechamiento (Russell y Duncan, 1956). La deficiencia de cobre en los rumiantes generalmente ocurre cuando los niveles de molibdeno en el forraje exceden 3 ppm. y los de cobre son menores de 5 ppm (Cunha, 1973). Los niveles ascendentes de azufre en la dieta de los rumiantes, ocasiona una disminución marcada de cobre en el hígado y plasma sanguíneo, además de una reducción en la absorción de este elemento en el intestino de los rumiantes (Suttle y McLaughlin, 1976; Mills y Bremen, 1980; Van Ryssen y Stielau, 1980). La adición de molibdeno, a dietas que contienen niveles moderados de azufre resulta también en una marcada reducción en el contenido de cobre en el hígado de ovejas (Dick, 1954), y en un notable incremento en la excreción de cobre en la orina (Marcilese *et al.*, 1970).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron muestras de siete forrajes en diversos predios de la región de Navidad, N.L., en un radio de aproximadamente 10 km. Los predios se seleccionaron en función de los casos de hipocupremia presentados en animales en pastoreo en esos lugares, o en vacas lecheras estabuladas que consumían forrajes originarios de esas zonas. Las muestras de forraje se colectaron mensualmente durante cuatro meses del año (primavera). La colección del forraje se realizó recorriendo los terrenos de cultivo en dos sentidos, interceptándose las líneas de muestreo en el centro del terreno. El corte de los forrajes se hizo a

10 cm del suelo, y luego las muestras se secaron a 80°C por 24 horas. El material seco se molió utilizando un tamiz de 8 mm.

Los minerales analizados fueron: calcio, magnesio, cobre, molibdeno, cobalto y azufre; para esta determinación se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica. Para la evaluación del azufre se utilizó el método de acenización seca con sulfato de bario (Chapman y Pratt, 1973). La concentración de cobre total disponible (CuTD) en el forraje se calculó usando la ecuación de Suttle y McLauchlan (1976): $\log \text{CuTD} = 0.0019 \text{ Mo} - 0.0755 \text{ S} - 0.0131 \text{ Mo X S} + 1.153$.

El molibdeno y azufre se expresan en mg/kg y g/kg de materia seca (MS), respectivamente.

Para comparar los datos, se llevó a cabo un análisis de varianza en un sentido. La prueba diferencia mínima significativa fue utilizada para detectar diferencias entre medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta el contenido de seis minerales de los forrajes colectados en el área de estudio. Se encontraron diferencias significativas entre forrajes en su contenido de calcio y magnesio ($P < .05$). Las leguminosas presentaron niveles marcadamente más elevados de estos elementos que los pastos, hecho bien establecido por otros estudios y confirmado con estos datos. Se encontraron también diferencias significativas en el contenido de cobre y molibdeno en los diferentes forrajes estudiados ($P < .05$), y se observó que los pastos presentan niveles mayores de cobre que las leguminosas. La tendencia de los pastos a ser más ricos en cobre que las leguminosas en suelos con un nivel bajo de cobre también ha sido observada por Becker (1962).

De acuerdo a las recomendaciones del NRC (1984) y Agricultural Research Council (ARC) (1965), los requerimientos de cobre para ganado de carne son de 4 a 10 mg/kg MS, por lo que todos los forrajes resultaron con un nivel adecuado de cobre. Los niveles de este elemento en la avena, trébol rojo y *Vicia* spp, sin embargo, estuvieron en el límite mínimo necesario para cubrir los requerimientos de los animales.

Al aplicar los valores de cobre, molibdeno y azufre encontrados en cada forraje a la ecuación desarrollada por Suttle y McLauchlan (1976) para hallar la disponibilidad de cobre, se descubrió una marcada deficiencia de este elemento (Cuadro 2). En el Cuadro 3, se presentaron los niveles de suficiencia del cobre en términos de la disponibilidad de este elemento en la dieta. Este cuadro, presentado por Givens y Hopkins (1978), ha sido desarrollado de acuerdo a los requerimientos de cobre para bovinos y ovinos sugeridos por Suttle (1976).

Cuadro 1. Contenido de algunos minerales en siete forrajes de la región de Navidad N.L.

Forraje	No. predios muestreados	Ca(%)		Mg(%)		Cu (mg/kg)		Mo (mg/kg)		Co (mg/kg)		S (g/kg)	
		Media	E.E.±	Media	E.E.±	Media	E.E.±	Media	E.E.±	Media	E.E.±	Media	E.E.±
Alfalfa	15	2.31	.18 c	.65	.04 d	7.07	.35 bc	3.49	.34 a	0.1		3.8	.24 a
Avena	5	0.65	.09 a	.33	.05 ab	4.6	.55 a	3.44	.16 a	0.1		3.6	1.3 a
Trébol rojo	4	2.69	.58 c	.75	.09 d	5.06	.24 a	5.53	.54 b	0.1		3.0	1.18 a
Vicia spp	4	1.23	.17 ab	.35	.02 ab	5.06	.50 a	5.70	1.3 b	0.1		3.7	.55 a
Ballico	4	1.90	.71 bc	.57	.04 cd	7.94	1.14 bc	2.75	.59 a	0.1		3.6	.62 a
Pasto ovillo	4	0.94	.37 ab	.48	.02 bc	8.13	1.18 c	2.95	.05 a	0.1		3.5	.72 a
Cebada	3	0.48	.07 a	.16	.01 a	5.75	.80 ab	2.5	.50 a	0.1		3.5	.60 a

 a,b,c,d Dentro de cada columna, medias con las mismas letras no difieren significativamente ($P = .05$)

Cuadro 2. Disponibilidad calculada de cobre y concentración de cobre disponible en siete forrajes de la región de Navidad, Nuevo León, (mg/kg MS).

Forraje	Disponibilidad de Cu (mg/kg M S)	Concentración de Cu Disponible (mg/kg M S)
Alfalfa	.024	.171
Avena	.027	.122
Trébol rojo	.018	.089
Vicia spp.	.019	.097
Ballico	.028	.221
<i>Dactylis glomerata</i>	.028	.225
Cebada	.029	.168
Media	.025	.156

Al comparar los requerimientos de cobre del Cuadro 3 con la disponibilidad de este mineral en los forrajes, se observa que todas las especies, y en mayor grado las leguminosas, no proporcionan la cantidad suficiente de este elemento para los animales. Esta severa limitación en la disponibilidad del cobre parece causada, en particular, por los altos niveles de ingestión de azufre por los animales. Los niveles de este elemento en los forrajes sobrepasan los niveles comunes encontrados en la literatura (1-3 g/kg MS). Los animales de esta región consumen, además, una cantidad extra de azufre en el agua de bebida.

Cuadro 3. Requerimientos de cobre basados en la disponibilidad de este elemento en la dieta para vacas lecheras, bovino de carne y ovejas.

Clase de Ganado	Peso vivo (kg)	Ganancia diaria de peso (kg/día)	Producción de leche (kg/día)	Requerimientos de Cu disponible en la dieta. (mg/kg MS)
Bovino de carne	100	0.4	-	0.48
	200	0.8	-	0.48
	400	1.1	-	0.42
Ovejas en crecimiento	20	0.07	-	0.24
Vacas lecheras	600	-	17	0.41
Vacas amamantando	450	-	10	0.38
Ovejas lactando	50	-	2	0.61
Ovejas lactando	50	-	1	0.24

Fuente: Givens y Hopkins, 1978.

El antagonismo del azufre sobre la disponibilidad del cobre parece tener más importancia que la atribuida hace algunos años, ya que cambios relativamente pequeños a los niveles de este elemento resultan, en efecto, significativos en el metabolismo del cobre. Suttle y McLauchlan (1976) han encontrado una reducción de 55% en la absorción de cobre en ovejas que recibían entre 1 y 3 g/kg MS de azufre (molibdeno entre 1 y 5 ppm). Con los niveles de molibdeno y azufre arriba mencionados, Mills y Bremner (1980) descubrieron una disminución en la absorción de cobre de 80% en bovinos. Datos de Van Ryssen y Stielau (1980) confirman también el efecto del azufre sobre la disponibilidad del cobre para los animales, pues sus datos muestran una total anulación de la retención de cobre en el hígado de ovejas sometidas a dietas con niveles muy altos de molibdeno y azufre (34 y 55 mg/oveja/día, respectivamente).

Los niveles de molibdeno en todos los forrajes variaron de 2.5 a 5.83 ppm. Estos niveles probablemente magnifican el efecto antagónico del azufre sobre la disponibilidad del cobre, pues a concentraciones de molibdeno inferiores a 8 ppm, el azufre disminuye dramáticamente el aprovechamiento del cobre por los rumiantes (Mason, 1981). El mecanismo de la interacción cobre-molibdeno no se ha dilucidado enteramente, aunque existen evidencias de que estos elementos forman un complejo con una proporción molar de 4.3 (Dowdy y Matrone 1968 a y b), el cual es absorbido, transportado y excretado como una unidad, disminuyendo la disponibilidad de ambos minerales (Huisings *et al.*, 1983).

El exceso de azufre en la dieta de los animales en la región de Navidad, N.L., interfiere entonces con el cobre, probablemente a través de la formación de sulfuro de cobre (CuS) en el rumen, intestino o en los tejidos. El sulfuro cúprico, que es insoluble, no es absorbido y se elimina en las heces. Otro posible mecanismo que pudiera explicar la falta de disponibilidad de cobre por el exceso de azufre en la formación de tiomolibdatos por la reacción progresiva de sulfhidrilos con molibdatos. Estos compuestos interactúan en el cobre en el intestino, reduciendo la absorción de este elemento, o si los compuestos son absorbidos, interactúan con el cobre de los tejidos, interfiriendo con su metabolismo (modelos propuestos por Huisings *et al.*, 1973 y Mason, 1981).

CONCLUSIONES

La interpretación de los datos aquí presentados, sugiere que la hipocupremia observada en los animales de esta zona, se debe básicamente a una reducida disponibilidad de cobre por los niveles altos de azufre en la dieta de los animales. La suplementación de cobre en los animales de la región debiera ser una práctica obligada y los compuestos de cobre que no contengan azufre quizá ofrezcan una mejor respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- Agricultural Research Council. 1965. The nutrient requirements of farm animals, No. 2. Ruminants. London. Agri. Res. Council. 101 p.
- Becker, A.B. 1962. The levels of copper, molibdenum and inorganic sulphate in some western Australian pastures. A contribution to the study of copper deficiency diseases in ruminants. Austr. J. Exp. Agr. Anim. Husb 2:40-45.
- Cunha, T.J. 1973. Recent developments in mineral nutrition. A look at the highlights of research involving the mineral requirements for swine, beef cattle and horses. Feedstuffs 45:27- 28.
- Chapman, D. y P.P. Pratt. 1973. Métodos de análisis para suelos y plantas y agua. México, Editorial Trillas 195 p.
- Dick, A.T. 1954. Studies on the assimilation and storage of copper in crossbred sheep. Aust. J. Agr. Res. 5:511-544.
- Dowdy, R.P. y G. Matrone. 1968a. Copper-molibdenum interaction in sheep and chicks. J. Nutr. 95:191-196.
- Dowdy, R.P. y G. Matrone. 1968b. A copper-molybdenum complex: Its effects and movement in the piglet and sheep. J. Nutr. 95:197- 201.
- Givens, D.I. y J.R. Hopkins. 1978. The availability of copper to grazing ruminants in parts of north Yorkshire. J. Agric. Sci. 91:13-16.
- Huising, J., G. Gómez y G. Matrone. 1973. Interactions of copper, molybdenum, and sulfate in ruminant nutrition. Federation Proceedings 32:1921-1924.
- Marcilese, N.A., C.B. Ammerman, R.M. Valsechi, B.G. Dunavant y G.K. Davis. 1970. Effect of dietary molybdenum and sulfate upon urinary excretion of copper in sheep. J. Nutr. 100:1399-1405.
- Mason, J. 1981. Molybdenum - copper antagonism in ruminants: A review of the biochemical basis. Irish Vet. J. 35:221-229.
- Mills, C.F. e I. Bremmer. 1980. Nutritional aspects of molybdenum in animals. In: M.P. Couglan. Ed. Molybdenum and Molybdenum containing enzymes. Pergamon Press. Oxford 517-542 p.
- National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Domestic Animals, No. 4, Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Research Council, Washington. Publication No. 1754.

Russell, F.C. y D.L. Duncan. 1956. Minerals in pasture: deficiencies and excesses in relation to animal health. Commonwealth B. Anim. Nutr. Tech. communication No. 15. Rowett Institute. Escocia.

Suttle, N.F. 1976. The detection and prevention of trace deficiencies in animal husbandry systems. Chemistry and Industry. No. 13, 559-562.

Suttle, N.F. y M. McLauchlan. 1976. Predicting the effects of dietary molybdenum and sulphur on the availability of copper in ruminants, Proc. of Nutr. Society 35:22A-23A.

Van Ryssen, J.B.J. y W.J. Stielau. 1980. The influence of dietary sulphur on copper and molybdenum metabolism in sheep. S. Afr. J. Anim. Sci. 10:49-57.