

Uso del Cobre Tribásico como Fuente de Cobre en Dietas de Rumiantes

Ing. Agr. Dario Colombatto, PhD

Profesor Adjunto, Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía,

Universidad de Buenos Aires. Investigador Asistente de CONICET

Consultor Privado en Nutrición de Rumiantes

Introducción

El cobre (Cu) interviene en numerosas funciones biológicas dentro del organismo de animales y humanos (McDowell y Arthington, 2005) (Tabla 1). Los requerimientos de Cu y otros microminerales en rumiantes en crecimiento y terminación han sido definidos (Tabla 2). Sin embargo, existen situaciones en las cuales el aporte de Cu de la dieta no logra adecuarse a los requerimientos de los animales, pudiendo ocurrir esto en dietas basadas en forrajes o con alta participación de concentrados (Engle y Spears, 2000). Además, estos requerimientos son muy variables, dependiendo de la concentración de otros elementos de la dieta, principalmente molibdeno y azufre.

Tabla 1. Influencia de la deficiencia de Cu en el metabolismo de vacas de cría y novillos.

Hembras de cría	Reproductores machos	Crecimiento y engorde
Retraso en aparición del estro	Reducción de la libido	Reducción de la ganancia de peso
Muerte embrionaria	Reducción de espermatogénesis	
Reducción de la concepción		
Retraso de la pubertad		
Reducción de ovulación		

Adaptado de McDowell y Arthington, 2005

Tabla 2. Requerimientos de algunos microminerales para vacunos

Mineral	Requerimientos, mg/kg de dieta	
	Crecimiento y engorde	Vacas
Cobre	10	10
Cobalto	0,1	0,1
Yodo	0,5	0,5
Selenio	0,1	0,1
Zinc	30	30

Adaptado de NRC (1996)

Absorción del cobre

La absorción del Cu por parte de los rumiantes es muy baja (<1,0 – 10%), y esto ha sido atribuido a la formación de complejos a nivel ruminal (Spears, 2003). Altas concentraciones dietarias de molibdeno y medias de azufre resultan en una reducción en la absorción de Cu, lo que ocurre principalmente debido a la formación de thiomolibdatos en rumen. Los thiomolibdatos son complejos ruminales que forman enlaces irreversibles con el Cu, que inhiben su absorción (McDowell y Arthington, 2005). Ha sido reportado que ciertos thiomolibdatos pueden absorberse e interferir sistemáticamente con el metabolismo del cobre (Spears et al., 2004). En el caso de presencia de altas cantidades de azufre y ausencia de molibdeno, la inhibición en la absorción de Cu se debe a la formación de sulfidos de cobre. Es bien sabido que altas concentraciones de sulfatos en aguas de bebida reducen en gran medida la absorción de cobre. Por su parte, el hierro es otro elemento que puede interferir con la absorción del cobre. Spears (2003) reportó que en muchas ocasiones, los animales están expuestos a altos consumos de hierro a través de agua, suelo o alimentos altos en este elemento.

La deficiencia de cobre es bastante común en el mundo, y a excepción del fósforo, la deficiencia de Cu es la principal limitante en zonas tropicales (McDowell y Arthington, 2005). En las condiciones de la República Argentina, las deficiencias de cobre en los animales se pueden dar en casos en que los suelos

contienen altas concentraciones de molibdeno y medias de azufre (corresponden en general a suelos de bajos, con altos contenidos de materia orgánica, pero también ocurre en suelos bajos alcalinos), en zonas de mala calidad de agua (por excesos de sulfatos), o en las dietas de engorde a corral en las cuales se hace necesario balancear la oferta de minerales a los requerimientos de los animales de alta producción. Existen regiones determinadas, como la Cuenca del Salado en la Provincia de Buenos Aires, el NEA y algunas regiones del NOA en donde es común observar animales con deficiencias de Cu (Figura 1). Una forma segura y relativamente barata de mejorar esta situación es mediante la utilización de suplementos minerales que contengan este elemento.

Fuentes suplementarias de cobre en rumiantes

Tradicionalmente, el sulfato de cobre (CuSO_4) ha sido usado como la fuente standard de los suplementos cúpricos. En algunos ámbitos aún se sigue promoviendo el uso del óxido de cobre (CuO), pero esta fuente es esencialmente no disponible para rumiantes (Spears, 2003; Spears et al, 2004), salvo por el uso reciente de bolos intraruminales a base de óxido (Sprinkle et al., 2006; Pechin et al., 2006). La relativa eficacia de los bolos con respecto al óxido en polvo puede ser explicado por el lento pasaje de los bolos o agujas de óxido comparado con la forma en polvo (Spears, 2003). Sin embargo, estas fuentes son relativamente ineficaces cuando la concentración de antagonistas como el molibdeno y el azufre es alta. Suplementar con excesivas cantidades de sulfatos tampoco sería una solución lógica, ya que se generan mayores costos para el productor sin seguridad de éxito (los thiomolibdatos o sulfidos prevendrán la absorción del elemento), y los animales excretarán más Cu a través de las heces, creando un problema al medio ambiente. También ha sido visto que excesos de Cu generan problemas en la absorción de Zn (Engle y Spears, 2000). En síntesis, uno pagaría de más por algo que el animal no sólo no aprovecha, sino que excreta, transfiriendo el problema al resto de la sociedad.

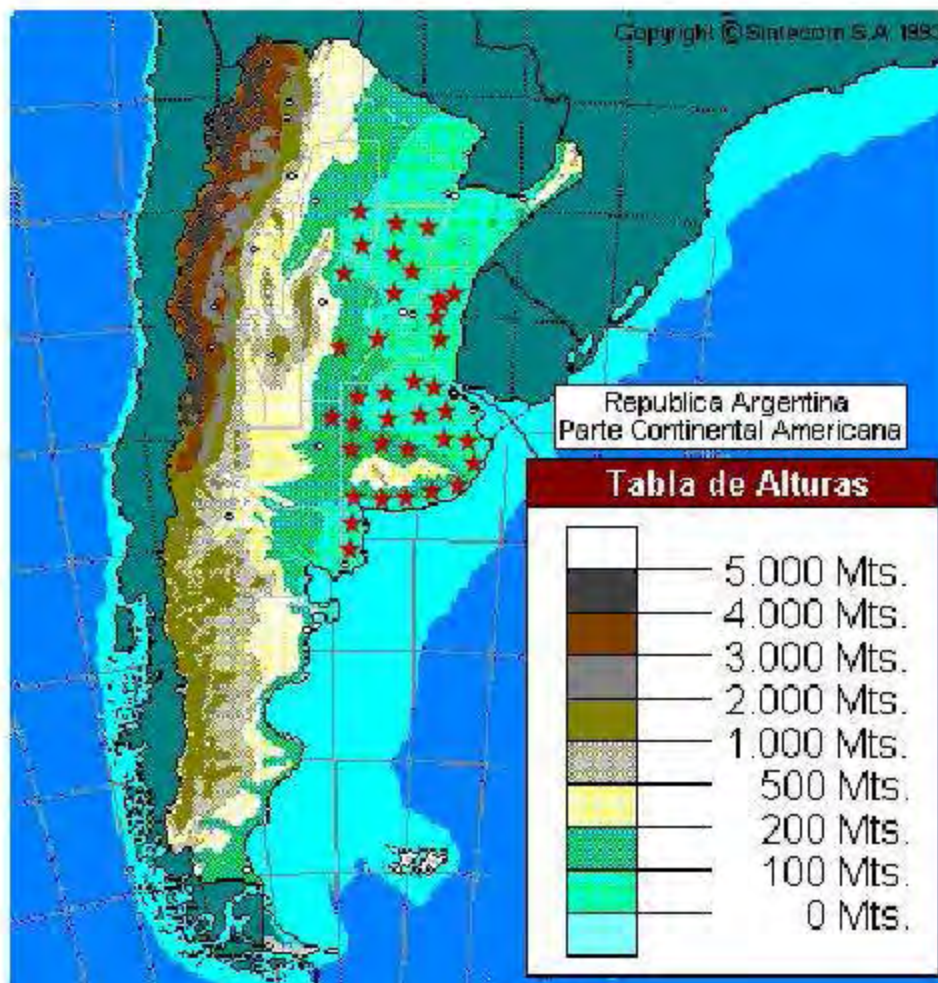


Figura 1. Mapa de distribución espacial de deficiencias de Cu en la República Argentina. Zonas marcadas con estrellas corresponden a regiones con presencia de antagonistas tales como Mo y SO_4

Una de las opciones presentes para mejorar la disponibilidad y absorción de Cu en presencia de antagonistas, es la utilización de fuentes quelatadas (los mal llamados minerales “orgánicos”). Estas fuentes incluyen proteínatos de cobre (Ward et al., 1996), citratos de Cu (Engle y Spears, 2000), y Cu quelatado con aminoácidos como lisina (Spears, 2003). Se ha reportado que la unión de la

molécula de Cu a moléculas orgánicas permite la formación de complejos solubles y altamente estables, que pueden resistir la acción de antagonistas (Brown y Zeringue, 1994). En algunos estudios, la disponibilidad de las fuentes quelatadas de Cu ha sido superior a la del cobre en forma de sulfato, pero esto en general ocurre en presencia de antagonistas, ya que en ausencia de los mismos la diferencia desaparece (Spears, 2003).

Cobre tribásico

El cobre tribásico ($\text{Cu}_2\text{OH}_3\text{Cl}$) es una fuente inorgánica de Cu que ha sido revisada en buen detalle en la literatura (Engle y Spears, 2000; Arthington et al., 2003; Spears, 2003; Spears et al., 2004; Arthington y Spears, 2007). Aunque se trata de una fuente inorgánica de Cu, posee una muy baja solubilidad bajo condiciones ruminales (Spears et al., 2004). Esta baja solubilidad en rumen le permite evitar la acción del molibdeno y el azufre, pero estar disponible para la absorción una vez solubilizado por el ambiente ácido del abomaso (Spears et al., 2004; Tabla 3).

Los ensayos reportados en la literatura científica sugieren que, en presencia de antagonistas, el cobre tribásico es más biodisponible que el sulfato. Spears et al. (2004) encontraron que la biodisponibilidad relativa del cobre tribásico con respecto al sulfato (base 1) fue de 1,32 (basado en cobre en plasma; $P < 0,07$) y 1,96 (basado en cobre en hígado; $P < 0,04$). A la misma conclusión llegaron Ward et al. (1996) cuando compararon proteinato contra sulfato de Cu en vaquillonas en crecimiento. Sin embargo, en ausencia de antagonistas (ejemplo: dietas bajas en molibdeno y azufre), la biodisponibilidad relativa del cobre tribásico o del sulfato fueron similares (Spears et al., 2004).

Tabla 3. Solubilidad del cobre tribásico, comparado con el sulfato de cobre, en agua y en ácido diluido (pH 2,22).

Diluyente	Tiempo de incubación (h)	Fuente de cobre	
		Sulfato (g/kg)	Tribásico (g/kg)
Agua	24	945	6
HCl (0,1%)	1	983	767
	3	968	868

Adaptado de Spears et al., (2004)

En términos prácticos, estos hallazgos nos permiten inferir que en ausencia de antagonistas, la inclusión de una u otra fuente de Cu estaría determinada por los costos de cada una, debiendo el productor estar atento a usar un suplemento mineral de buena calidad que cubra los requerimientos de los animales. En cambio, si se conoce la presencia de antagonistas en suelo o agua, entonces el uso de cobre tribásico estaría justificado ya que nos aseguraríamos de entregar una fuente de cobre de mayor biodisponibilidad. En algunos ámbitos, principalmente corporativos, existe la idea que las cantidades a suministrar de las fuentes más biodisponibles podrían reducirse en virtud, justamente, de esta mayor biodisponibilidad. Si bien esta idea aparece como lógica, no existe evidencia experimental que la sustente. Lo que sí debería quedar claro, como ya fuera mencionado, es que aumentar desmesuradamente la cantidad de sulfato de cobre en lugar de cambiar la fuente de Cu no es la opción más recomendable.

Cuando se compararon diversas fuentes de Cu (sulfatos, citratos, proteinatos y tribásico) contra un control sin Cu suplementario, los resultados en términos de reservas de Cu en hígado o concentraciones en plasma no mostraron diferencias entre las fuentes (Engle y Spears, 2000), aunque fue notable la diferencia a favor de los tratamientos suplementados (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto del agregado de Cu suplementario sobre la concentración de Cu en plasma y en hígado, al final del período de engorde de novillos de feedlot.

	Cu agregado (mg Cu/kg materia seca)						EEM
	Control	CuSO ₄	CuSO ₄	Citrato	Proteinato	Tribásico	
	0	20	40	20	20	20	
Plasma (mg/l) ^a	0,80	1,05	1,10	0,99	1,08	1,02	0,03
Hígado (mg/kg materia seca) ^{a,b}	63,2	290,3	379,6	253,6	339,1	246,6	22,3

Adaptado de Engle y Spears (2000)

^a Diferencia significativa en contraste Control vs. Suplementados (P < 0,05)

^b Diferencia significativa en contraste CuSO₄ a 20 vs. 40 mg/kg (P < 0,05)

Otra característica del cobre tribásico es su relativa alta concentración de elemento, con respecto a otras fuentes de Cu, inorgánicas o quelatadas. McDowell y Arthington (2005) revisaron la concentración de algunas fuentes de Cu disponibles y su biodisponibilidad relativa, encontrando que con excepción del óxido (prácticamente indisponible para rumiantes), el cobre tribásico era el que más concentración del elemento tenía (Figura 1). En términos prácticos, esto quiere decir que se necesitan menos kg de cobre tribásico para obtener la misma cantidad de Cu en el suplemento. Estos mismos autores (McDowell y Arthington, 2005) colocaron al cobre tribásico un valor comparable de 110 vs. 100 de sulfato de Cu (usado como Standard), sólo superado por el carbonato cúprico y el cloruro cúprico (Figura 2).

El concepto de “Nutrición de Precisión”

En los últimos tiempos, el precio de los suplementos minerales ha ido en aumento debido principalmente al costo de los insumos utilizados en las formulaciones. Dentro de estos insumos, el Cu ha sido uno de los que más ha aumentado su costo. Dado el beneficio obtenido al suplementar con Cu a los

animales en condiciones de deficiencia, dejar de suplementar no es una opción. Es prioritario entonces asegurar una formulación mineral de calidad que asegure la entrega del elemento en su forma más biodisponible, de modo de asegurarle al productor que no se le están trasladando costos de ineficiencia.

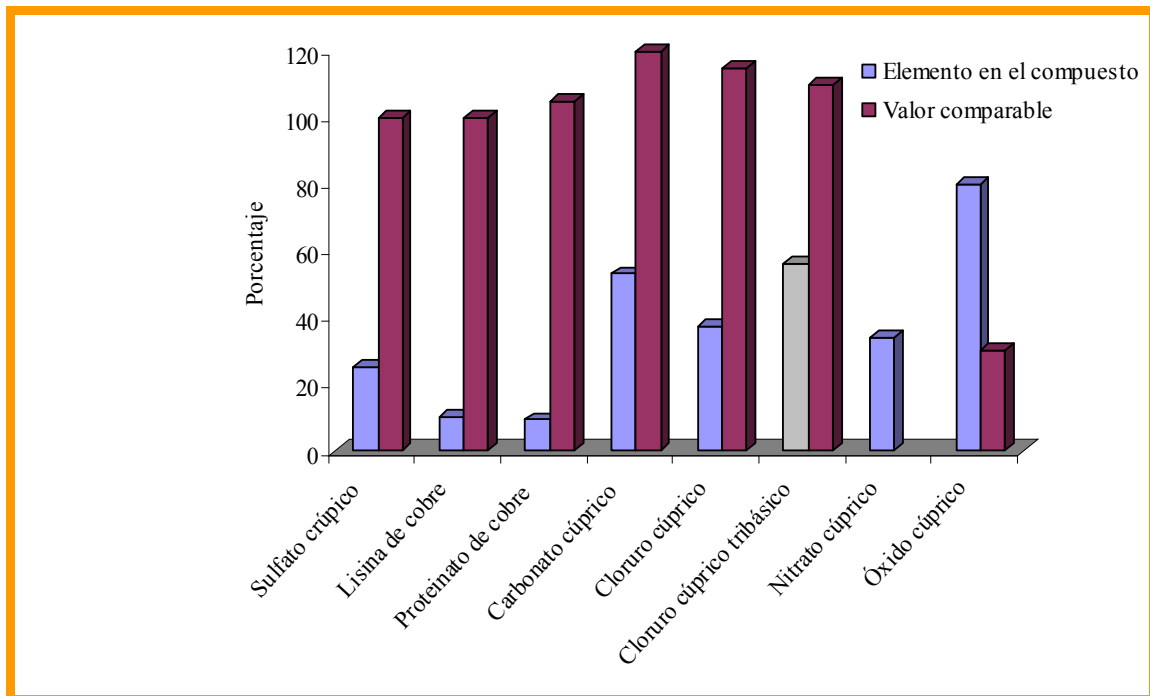


Figura 2. Porcentaje de elemento en el compuesto y valor comparable de distintas fuentes de Cu (Adaptado de McDowell y Arthington, 2005)

Por otra parte, algunos reportes recientes (Moscuza et al. 2005; Moscuza y Fernández Cirelli, 2006) han alertado sobre la posibilidad de generar enriquecimiento de suelos con microcontaminantes provenientes de los suplementos minerales del ganado. Esto podría tener consecuencias muy desfavorables dado que los excesos de minerales y otros elementos pueden terminar contaminando cursos de agua y generando problemas ambientales severos. Algunas provincias han comenzado a diseñar algunas legislaciones ambientales para sistemas intensivos de producción bovina, las cuales, de ser realizadas bajo la supervisión de expertos en la materia, serán beneficiosas para

la sociedad en su conjunto. Sin embargo, esto implica que los productores deberán extremar los recaudos para buscar sistemas que optimicen el resultado económico de sus explotaciones sin caer en infracciones a la legislatura ambiental vigente.

Estos dos puntos mencionados, el hecho de no trasladar costos innecesarios al productor, y el reconocimiento de que lo que el animal no absorbe es excretado al medio ambiente, llevan a la necesidad de formular dietas con mayor precisión (“Nutrición de Precisión”), lo que resulta en la optimización del resultado productivo/económico con un cuidado responsable del medio ambiente. En este sentido, fuentes de Cu que sean más biodisponibles para el animal constituyen un paso adelante.

Conclusiones finales

- El cobre tribásico no es orgánico sino que tiene baja solubilidad en rumen.
- En presencia de antagonistas como el molibdeno y el azufre, el cobre tribásico se comporta mejor que fuentes inorgánicas de Cu (sulfato de Cu) porque no permite la formación de thiomolibdatos en rumen.
- En ausencia de antagonistas, la performance de sulfato de Cu, cobre tribásico o fuentes quelatadas (“orgánicas”), es similar.
- Comparado con fuentes orgánicas, la performance de cobre tribásico es similar.
- La nutrición de precisión ayuda a reducir los costos al productor, minimizando el impacto de excesos de minerales sobre el medio ambiente.

Referencias

- Arthington, J. D., Pate, F. M., y Spears, J. W. 2003. Effect of copper source and level on performance and copper status of cattle consuming molasses-based supplements. *J. Anim. Sci.* 81, 1357-1362.
- Arthington, J. D., y Spears, J. W. 2007. Effects of tribasic copper chloride versus copper sulfate provided in corn- and molasses-based supplement on forage intake and copper status of beef heifers. *J. Anim. Sci.* 85, 871-876.

- Brown, T. F., y Zeringue, L. K. 1994. Laboratory evaluations of solubility and structural integrity of complexed and chelated trace mineral supplements. *J. Dairy Sci.* 77, 181-189.
- Engle, T. E., y Spears, J. W. 2000. Effects of dietary copper concentration and source on performance and copper status of growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 78, 2446-2451.
- McDowell, L. R., y Arthington, J. D. 2005. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Cuarta Edición. University of Florida, Gainesville, FL, USA.
- Moscuzza, C, Pérez Carrera, A., Grassi, D., y Fernández Cirelli, A. 2005. Eficiencia en la suplementación de micronutrientes en sistemas intensivos de engorde bovino. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25 (Supl. 1): 18-19.
- Moscuzza, C, y Fernández Cirelli, A. 2006. Suplementación con cobre y zinc en sistemas de engorde bovino en confinamiento. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 26 (Supl. 1): 73-74.
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th Edition, Natl. Acad. Press, Washington, DC. EEUU.
- Pechin, G.H., Sánchez, L.O., y Cseh, S. 2006. Evaluación de dos formas de administración (bolos de liberación lenta vs. EDTA Cu inyectable) en la prevención de la deficiencia de cobre. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 26 (Supl. 1):46-47.
- Spears, J. W. 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. *J. Nutr.* 133, 1506S-1509S.
- Spears, J. W., Kegley, E. B., y Mullis, L. A. 2004. Bioavailability of copper from tribasic copper chloride and copper sulfate in growing cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116, 1-13.
- Sprinkle, J. E., Cuneo, S. P., Frederinck, H. M., Enns, R. M., Schafer, D. W., Carstens, G. E., Daugherty, S. B., Noon, T. H., Rickert, B. M., y Reggiardo, C. 2006. Effects of a long-acting, trace mineral, reticulorumen bolus on range cow productivity and trace mineral profiles. *J. Anim. Sci.* 84, 1439-1453.
- Ward, J. D., Spears, J. W., y Kegley, E. B. 1996. Bioavailability of copper proteinate and copper carbonate relative to copper sulfate in cattle. *J. Dairy Sci.* 79, 127-132.