

Evaluación de dos formas de administración (bolos de liberación lenta vs. EDTA Cu inyectable) en la prevención de la deficiencia de cobre en bovinos para carne

Pechin, G. H.¹; Sánchez, L. O.¹; Cseh, S.²

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam, calle 5 y 116, (6360) General Pico, La Pampa. ghpechin@yahoo.com.

²INTA Balcarce, provincia de Buenos Aires.

Resumen

La deficiencia de cobre (Cu) es la deficiencia mineral más extendida en las zonas ganaderas de nuestro país. Las estrategias de prevención comúnmente usadas se basan en la utilización de productos inyectables de liberación lenta. El objetivo de este trabajo fue comparar la eficacia preventiva de los tratamientos con CuO oral y con EDTA Cu inyectable en bovinos para carne. Noventa terneros Aberdeen Angus y Hereford, de $217,14 \pm 36,78$ kg de peso, fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos de 30 animales cada uno: Control (C), bolos con partículas de CuO (T1) y Cu inyectable (T2). A cada uno de los animales del grupo T1, al inicio del ensayo, se les colocó, utilizando una pistola lanzabolos adecuada, un bolo de 20 g, conteniendo micropellets de CuO de 3 mm de largo. Los animales del grupo T2 fueron inyectados con un producto conteniendo 25 mg de Cu, como EDTA de Ca y Cu, por ml, a la dosis de 1 ml/100 kg de peso, cada 90 días. El ensayo, que duró 12 meses, se realizó en un campo cercano a General Pico, La Pampa, con antecedentes de deficiencia de Cu. Todos los animales fueron pesados mensualmente. Al inicio del ensayo y luego cada 30 días, se sangraron por punción de vena yugular 10 individuos de cada grupo, muestreándose siempre los mismos animales, para posibilitar el seguimiento de los niveles de Cu sérico. El forraje se muestreó mensualmente, para la posterior medición de las concentraciones de Cu, Mo, Fe y S. En agua de bebida se determinaron los niveles de sales totales y sulfatos. El ensayo comenzó el 4/5/2004 y se extendió hasta el 13/5/2005. Las variables ganancia diaria de peso (GDP) y Cu sérico fueron analizadas utilizando un modelo mixto de mediciones repetidas. Los niveles de minerales en pastos revelaron una deficiencia secundaria o “condicionada” de Cu. La concentración de sulfatos en agua de bebida resultó elevada, con excepción de enero a marzo de 2005. La GDP de los grupos T1 ($551,1 \pm 52,8$ g) y T2 ($577,3 \pm 50,8$ g) fue similar, pero significativamente superior ($p < 0,05$) a la del grupo C ($510,2 \pm 72,3$ g). Sobre la cupremia, hubo efectos significativos ($p < 0,001$) de tratamiento, tiempo e interacción tratamiento x tiempo. Las cupremias promedio de ambos grupos tratados no difirieron entre sí (T1: $0,832 \pm 0,093$; T2: $0,854 \pm 0,132$ $\mu\text{g/ml}$) pero fueron superiores a la del grupo C ($0,571 \pm 0,110$ $\mu\text{g/ml}$). Sin embargo, los niveles de Cu del grupo T2 mostraron un patrón en ondas y los del grupo T1 se mantuvieron elevados hasta el sexto mes, para luego bajar y mantenerse estables nuevamente

alrededor de los 0,70 µg/ml hasta la última medición. Bajo las condiciones del presente ensayo puede concluirse que la utilización de bolos de CuO es una alternativa que brinda similares resultados que la dosificación preventiva con Cu inyectable, pero manteniendo niveles de Cu sérico altos y estables al menos por 6 meses. Por otro lado, al no producir picos de Cu sérico tan marcados, probablemente disminuye los riesgos de intoxicación para los animales.

Palabras clave: deficiencia de cobre, óxido de cobre, EDTA Cu, bovinos para carne.

Summary

The copper (Cu) deficiency is the most widespread mineral deficiency in the livestock zones of Argentina. The prevention strategies commonly used are based in the utilization of slow release injectable products. The objective of this trial was to compare the preventive efficacy of oral CuO and EDTA Cu injectable treatments in beef cattle. Ninety Aberdeen Angus and Hereford steers, with 217.14 ± 36.78 kg of weight, were allotted to three groups of 30 animals each: Control (C), boluses with CuO particles (T1) and injectable copper (T2). The bovines of the T1 group were given initially one bolus of 20 g, containing CuO micropellets of 3 mm. The bovines of the T2 group were injected with Ca-Cu EDTA, 25 mg Cu/100 kg, every 90 days. The trial lasted 12 months (5/4/2004 to 5/13/2005) and was performed in one farm, close to General Pico, La Pampa, with Cu deficiency records. The animals were weighted monthly and 10 members of each group were bled at this moment for the subsequent Cu serum determination. The forage was monthly sampled for the measurement of Cu, molibdenum, iron and sulfur concentrations. The levels of total minerals and sulfates in water were determined. The variables daily weight gain (DWG) and serum Cu were analyzed with a mixed model of repeated measurements (PROC MIXED, SAS System). The mineral concentrations in forage demonstrated a secondary or "conditioned" Cu deficiency. The sulfate levels in water were high, with the exception of three months. The DWG, in g, was 510.2 ± 72.3 ; $551,1 \pm 52,8$ and 577.3 ± 50.8 in the C, T1 and T2 groups, respectively. The serum Cu, in µg/ml, was 0.571 ± 0.110 ; 0.832 ± 0.093 ; 0.854 ± 0.132 in the C, T1 and T2 groups, respectively. In both parameters, the T1 and T2 groups were similar, but higher than the C group ($p < 0.05$ and $p < 0.001$). The Cu serum levels of the T2 group exhibited a waves pattern. In the T1 group the Cu serum concentrations were elevated until the sixth month. Then, they dropped and maintained around of 0.70 µg/ml until the last determination. The oral CuO supplementation is equally valuable than the injectable supplementation, but the first maintains high and stable serum Cu levels at least for six months. Moreover, for no producing pronounced peaks, probably it reduces the intoxication risks in animals.

Key words: copper deficiency, copper oxide, EDTA Cu, beef cattle.

Introducción

En nuestro país, la deficiencia de cobre (Cu) es una de las más extendidas e importantes económicamente en los rumiantes en condiciones de pastoreo (Ruksan, 1985). Coincidentemente con este cuadro de situación, en un trabajo de relevamiento realizado en el norte de la provincia de La Pampa (Pechin et al., 1995), se ha encontrado que la misma es la principal deficiencia mineral en bovinos para carne. La trascendencia económica y productiva de la deficiencia de Cu quedó de manifiesto por una serie de ensayos realizados posteriormente (Pechin et al., 1999a) donde el rango de respuesta a la suplementación, considerando el parámetro ganancia diaria de peso (GDP), fluctuó entre el 10 y el 20 %, en el caso de deficiencias moderadas, y fue mucho mayor en el caso de deficiencias graves.

La deficiencia de cobre puede ser primaria, cuando el nivel del mineral en el alimento es bajo (menor a 5 ppm de Cu, base materia seca, MS), o “condicionada” por la presencia de factores dietarios que interfieren con la absorción o la utilización del Cu por el animal (Underwood y Suttle, 1999). Los principales antagonistas del Cu presentes en los pastos son el molibdeno (Mo), el azufre (S) y el hierro (Fe). Las concentraciones que se consideran perjudiciales para rumiantes son aquellas que se encuentran por encima de los siguientes límites (base materia seca, MS): 2 ppm para el Mo (McDowell, 1992), 0,2 % para el S (Underwood y Suttle, 1999) y 500 ppm para el Fe (Suttle y McMurray, 1983). Los altos niveles de sulfatos en el agua de bebida pueden ejercer su efecto sobre el Cu de manera similar al S, orgánico e inorgánico, de los forrajes. Se consideran perjudiciales niveles mayores de 1,5 g/L (Naylor, 1991), aunque sería necesario sumar el aporte de S del agua al aporte del alimento.

El Mo y el S dietarios disminuyen la absorción de Cu por formación de molibdato de Cu y sulfuro de Cu, respectivamente. Sin embargo, la presencia de ambos minerales en la dieta potencia su efecto negativo sobre el Cu a través de la formación de tiomolibdatos a nivel ruminal. Los tiomolibdatos pueden complejar el Cu en el tracto digestivo, impidiendo su absorción, o ejercer su efecto a nivel sistémico, ya que una vez absorbidos pueden formar un complejo junto al Cu y la albúmina plasmática, que torna al Cu no disponible para sus funciones bioquímicas (Suttle, 1991).

Suttle y McLauchlan (1976) han desarrollado una fórmula para estimar el coeficiente de absorción del Cu (CA Cu) a partir de las concentraciones dietarias de S (g/kg MS) y de Mo (mg/kg MS): $\log CA = -1,153 - 0,076 S - 0,013 (S \times Mo)$.

Esta fórmula, si bien es utilizada por el NRC (2001), puede no ser totalmente extrapolable a todas las situaciones, ya que, por ejemplo, los efectos de idénticas cantidades de S y de Mo sobre la absorción de Cu, son mayores en hierbas frescas que en henos o silajes. Por otro lado, no tiene en cuenta el efecto del Fe. Underwood y Suttle (1999) marcan una banda marginal para la relación Fe:Cu (mg/mg) de 50 a 100.

El tratamiento y la prevención de la deficiencia de Cu se realiza, generalmente, a través de dos vías: oral e inyectable. En el primer caso, los productos más utilizados son sulfato (CuSO_4), carbonato (CuCO_3) u óxido de Cu (CuO), a través de mezclas minerales provistas en bateas o como parte de una ración completa. En el segundo caso, existen productos inyectables de liberación lenta, como etilen diamino tetraacetato (EDTA) de Cu o glicinato de Cu (McCaughan, 1992).

La aplicación parenteral de Cu aparece como la práctica de elección cuando se trata de una monocarencia del mineral y en situaciones de bovinos en pastoreo sin suplementación con granos, obteniéndose resultados ampliamente satisfactorios (Pechin et al., 1999a). Sin embargo, la suplementación con CuSO_4 oral también demostró ser efectiva, aún en presencia de antagonistas, y produjo resultados similares a la suplementación con Cu inyectable (Pechin et al., 1999b). Probablemente, la utilización de CuSO_4 en forma oral sea conveniente cuando se desea suplementar macro y microminerales en forma conjunta para cubrir más de una deficiencia mineral.

La administración de bolos de CuO con una pistola lanza-bolos evita las reacciones tisuales que pueden presentarse con los productos inyectables (Deland et al., 1979). Las partículas se depositan en el rumen-retículo y luego fluyen hacia el abomaso, donde el Cu es liberado lentamente durante un período de semanas o meses. Deland et al. (1986) recuperaron, de preestómagos y de abomaso, el 8% de la dosis inicial aún luego de 3 meses de suministrada. La dosis óptima es 0,1 g/kg de peso y las reservas de Cu hepático se incrementan por varios meses luego de una aplicación. Sin embargo, el período de protección puede variar de acuerdo a la gravedad de la deficiencia. Debido a que el parasitismo abomasal puede afectar la liberación del Cu a causa del incremento del pH, los animales deben estar correctamente desparasitados previamente al uso de los bolos (Underwood y Suttle, 1999). Distintos ensayos han demostrado la efectividad del CuO en la prevención de la deficiencia de Cu en ovinos y bovinos (Allen et al., 1984; Judson et al., 1984; Richards et al., 1985; Ruksan y Dorsi, 1986; Graham et al., 1995). Sin embargo, resulta de interés probar este tipo de productos en situaciones donde las pasturas contienen elevadas concentraciones de Mo y S, ya que, debido a la liberación del Cu a partir del abomaso, se sostiene que podrían sortear la acción de los antagonistas que actúan a nivel ruminal. Los resultados logrados hasta el presente en estas condiciones (Cameron et al., 1989) no aparecen como enteramente concluyentes.

Materiales y Métodos

Noventa terneros Aberdeen Angus y Hereford, individualizados con caravanas numeradas, con un peso de alrededor de $217,14 \pm 36,78$ kg y previamente desparasitados, fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos de 30 animales cada uno: Control (C), bolos de CuO (T1) y Cu

inyectable (T2). A los animales del grupo T1 se les colocó, vía esofágica, un bolo de 20 g, conteniendo micropellets de CuO de 3 mm de largo^(a). Los animales del grupo T2 fueron inyectados con un producto conteniendo 25 mg de Cu, como EDTA de Ca y Cu, por ml^(b), a la dosis de 1 ml/100 kg de peso, cada 90 días. Todos los terneros consumieron, en su mayor parte, pasturas consociadas (alfalfa, festuca y cebadilla) hasta el fin del ensayo. El trabajo se realizó en un campo cercano a General Pico, La Pampa, con antecedentes de deficiencia de Cu y niveles elevados de Mo e Fe en pastos, fundamentalmente en primavera-verano. El mismo comenzó el 4 de mayo de 2004 y se extendió hasta el 13 de mayo de 2005. El pasto fue muestreado mensualmente. Las muestras del mismo fueron secadas en estufa de flujo continuo a 100 °C, y procesadas para la determinación de los niveles de Cu, Fe y Zn por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA), Mo por medio de la técnica de Bingley (1959) y SO₄ según Lubissa et al. (1976). También se muestreó el agua de bebida, para la determinación de Sales Totales (ST) por técnicas gravimétricas y SO₄ por colorimetría (OSN, 1970).

Los bovinos fueron pesados cada 30 días, previo desbaste de 15 horas en corrales sin agua ni alimento. Al inicio del ensayo y luego cada 30 días también, se sangraron por punción de vena yugular 10 individuos de cada grupo, muestreándose siempre los mismos animales. Las muestras de sangre así obtenidas fueron centrifugadas a 2.000 rpm durante 10 minutos, obteniéndose una alícuota de suero que se congeló a -20 °C hasta su procesamiento. La concentración de Cu en suero fue determinada por EAA.

Diseño experimental y análisis estadístico: Las variables GDP y Cu sérico fueron analizadas con el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2004), utilizando un modelo mixto de mediciones repetidas (PROC MIXED, SAS System), de acuerdo a Littell et al. (1998). Se utilizó como término de error animal dentro de tratamiento. El modelo incluyó tratamiento, tiempo y la interacción tratamiento x tiempo.

Resultados

En la Tabla 1 se presenta la evolución de los minerales en los alimentos ofrecidos a los bovinos a lo largo del ensayo. Durante los meses de junio, julio y agosto los animales fueron suplementados con silaje de maíz (Tabla 2), debido a la baja producción de las pasturas. Los valores de minerales en esa época representan un promedio de ambos recursos forrajeros (pastura y silaje).

El agua de bebida contenía 5.585 mg de ST/L y 1.485 mg de sulfatos/L.

^(a) Permatrace, Schering-Plough Veterinaria, Argentina.

^(b) Glypondín, Laboratorio König, Argentina.

Debido a la escasez de forraje los animales fueron a otro sector del campo, entre enero y marzo de 2005, situación en la que el agua de bebida, de una salinidad baja (ST: 1.105 mg/L) aportó una cantidad menor de sulfatos (66 mg/L).

Tabla 1. Concentración de minerales en los alimentos.

Medición	Cu (mg/kg MS)	Mo (mg/kg MS)	S ^a (g/kg MS)	Fe (mg/Kg MS)	Coef. de absorción	Cu Abs. ^b (mg/kg MS)
0	8,5	2,2	1,54	341	0,0348	0,412
1	7,9	4,7	2,10	517	0,0362	0,286
2	7,9	5,65	2,185	324	0,0331	0,261
3	13,5	5,2	1,532	437	0,0424	0,572
4	11	4,4	2,585	220	0,0318	0,345
5	9	3,5	2,385	140	0,0361	0,325
6	7	2,4	2,485	290	0,0381	0,267
7	7	5,7	2,452	180	0,0301	0,211
8	10	3,1	1,166	280	0,0515	0,515
9 ^c	10	3,1	1,166	290	0,0515	0,515
10	7	3	1,885	1.650	0,0427	0,299
11	7	4,4	1,918	260	0,0390	0,273

^aS en alimento + (S en agua de bebida x 3).

^bCu Absorbible: calculado con la fórmula de Suttle y McLauchlan (1976), modificada, para incluir el aporte de S del agua de bebida.

^cExtrema escasez de forraje. Se repitieron los resultados del muestreo anterior.

Tabla 2. Detalle de los forrajes ingeridos por los animales.

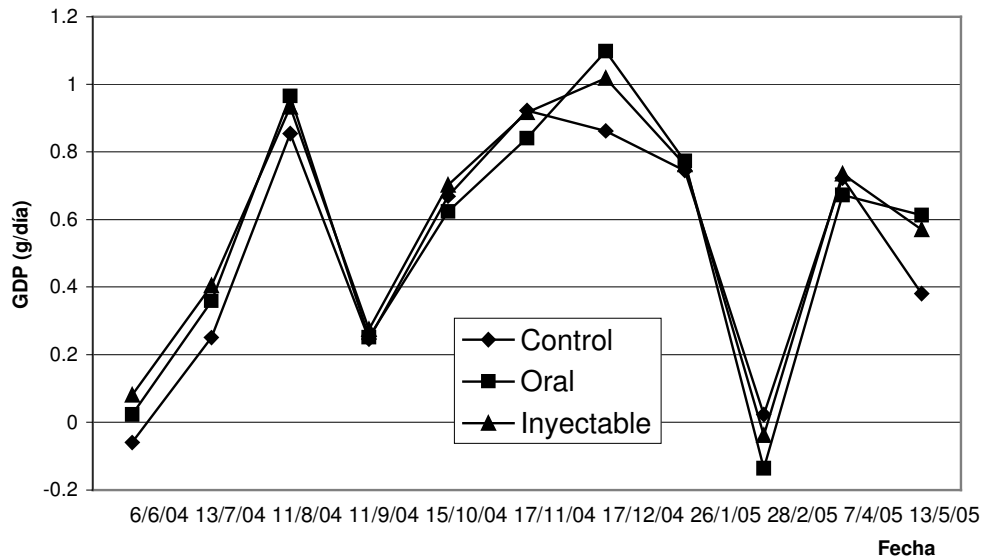
Medición	Fecha del muestreo	Forraje
0	4/5/2004	Rastrojo de maíz, con gramón.
1	5/6/2004	Pastura de alfalfa, festuca y cebadilla + silaje de maíz
2	13/7/2004	Pastura + silaje de maíz
3	11/8/2004	Pastura + silaje de maíz
4	11/9/2004	Pastura de festuca
5	15/10/2004	Pastura de festuca y cebadilla
6	17/11/2004	Pastura con predominio de alfalfa
7	17/12/2004	Pastura con predominio de alfalfa
8	26/1/2005	Pastura de alfalfa
9	1/3/2005	Pastura de alfalfa (muy escasa)
10	7/4/2005	Maíz en planta, seco y gramón (verde)
11	15/5/2005	Pastura de alfalfa, festuca y cebadilla

Tabla 3. Comparación de las cupremias y ganancias de peso promedio de los bovinos.

Variable	Control	T1 (Cu oral)	T2 (Cu parenteral)
Ganancia de peso (g/d)	510,2 ± 72,26 ^a	551,1 ± 52,78 ^b	577,3 ± 50,78 ^b
Cu sérico (µg/ml)	0,571 ± 0,109 ^a	0,832 ± 0,093 ^b	0,854 ± 0,132 ^b

Diferentes superíndices indican diferencias significativas entre tratamientos (p<0,05 para GDP y p<0,001 para Cu sérico).

Figura 2. Evolución de la ganancia diaria de peso de los tres grupos.



Efectos tratamiento y tiempo: $p < 0,0001$.
Interacción tratamiento x tiempo: $p < 0,05$.

Se destaca que los animales no presentaron en ningún momento signos clínicos de deficiencia de Cu, confirmando, una vez más, las afirmaciones de Underwood y Suttle (1999) con respecto a que, numérica y económicamente, las anomalías subclínicas (o moderadas) exceden ahora en importancia a las anomalías más severas.

Como se observa en la Figura 1, la cupremia de los terneros del grupo C fue disminuyendo progresivamente y se mantuvo en niveles inferiores a $0,60 \mu\text{g/ml}$, a excepción de un corto período durante el verano.

La evolución de la cupremia del grupo tratado con Cu inyectable (T2) siguió un patrón en ondas (Figura 1), con picos a los 30 días de la administración, pero sin descender en ninguna medición por debajo del nivel crítico ($0,60 \mu\text{g/ml}$). Por el contrario, la cupremia del grupo tratado con Cu oral (T1) se mantuvo en un nivel alto (entre $0,80$ y $1 \mu\text{g/ml}$) y estable durante 6 meses, para luego descender y volver a mantenerse en forma estable entre $0,70$ y $0,80 \mu\text{g/ml}$.

La deficiencia de Cu en este establecimiento puede clasificarse como secundaria o condicionada, a juzgar por los niveles elevados de Mo y S en la mayoría de los muestreos, y de Fe, en algunos muestreos (Tabla 1). Los niveles de Zn ($29,92 \pm 1,26 \text{ ppm}$; no mostrados en la Tabla 1) estuvieron dentro de los rangos normales.

Las GDP de los grupos tratados con Cu fueron similares entre sí, pero superiores a las del grupo C (Tabla 3). Las diferencias fueron un 8% para el grupo T1 y un 13% para el grupo T2.

Discusión

El requerimiento de Cu absorbible de un novillo de 300 kg y una ganancia de peso 550 g/día (según el NRC, 2001) es de 2,76 mg/día. Si se considera un consumo de 8 kg de MS/día, se llega a 0,345 mg Cu absorbible/kg MS, un nivel que fue superado sólo en 5 mediciones a lo largo del ensayo. La relación Fe:Cu superó el valor de 50 en dos mediciones y de 100 sólo en una. Por ende, parece más importante la acción del S y del Mo como antagonistas, que la del Fe. A los fines diagnósticos, los bajos niveles de Cu sérico indican que las reservas hepáticas han decrecido lo suficiente para que la síntesis de ceruloplasmina se vea comprometida. Underwood y Suttle (1999) sitúan una banda marginal de deficiencia entre 0,20 y 0,60 µg/ml, dentro de la cual la respuesta a la suplementación es posible. La concentración de Cu sérico de los animales del grupo C estuvo durante 8 meses por entre 0,40 y 0,60 µg/ml. Sin embargo, existió un pico en verano que superó este nivel, y que coincidió con el consumo de aguas con una muy baja concentración de sulfatos, lo que propició, probablemente, una mejor disponibilidad del Cu dietario, a juzgar por los valores de Cu absorbible hallados en las mediciones 8 y 9 (Tabla 1).

McFarlane et al. (1991), en un ensayo con vaquillonas que estaban severamente deficientes al comienzo del ensayo, lograron mantener una cupremia de 0,54 µg/ml a las 18 semanas en los animales tratados con 20 g de CuO, contra 0,18 µg/ml del lote control. En otro ensayo (McFarlane et al., 1991), realizado con vaquillonas que comenzaron con niveles plasmáticos adecuados de Cu, el grupo tratado con la misma dosis de CuO mantuvo niveles de 0,64 µg/ml hasta la semana 24 versus 0,19 µg/ml en el grupo control. Rogers y Poole (1988) utilizaron 16 g de CuO en terneros de raza Frisona y mantuvieron cupremias adecuadas (0,56 µg/ml) a las 42 semanas. Estos rangos de eficacia preventiva de la deficiencia de Cu, entre 4 y 10 meses, en ambos trabajos, abarcan el período de nuestro ensayo, en el que al menos durante 6 meses se mantuvo una situación de deficiencia continua.

En nuestro trabajo se decidió usar los productos bajo las indicaciones y dosis propuestas por los fabricantes. Por ende, la cantidad de Cu absorbible no fue exactamente igual en ambos grupos tratamiento:

- Grupo T1 (Cu oral): 16.000 mg de Cu x 0,01 (CA en CuO, según NRC, 2001) = 160 mg de Cu/animal.
- Grupo T2 (Cu inyectable, 4 aplicaciones): 10 ml = 250 mg Cu/animal.

No obstante, no puede asegurarse que todo el Cu inyectable sea capturado enteramente por el hígado, debido a los altos niveles iniciales de Cu sérico alcanzados por la inoculación de Cu EDTA.

Las cupremias promedio en nuestro trabajo fueron similares en ambos grupos tratados. Resultados comparables hallaron Givens et al. (1988) con bolos de vidrio soluble, aunque en

este ensayo, para evitar las fluctuaciones del Cu sérico se utilizaron en el otro grupo tratado inyecciones mensuales de Cu.

La ventaja presentada por el tratamiento oral con CuO con respecto al mantenimiento de niveles más estables y duraderos de Cu sérico también son citadas en el trabajo de Deland et al. (1986). Asimismo, se necesitan tratamientos parenterales repetidos para mantener niveles hepáticos de Cu similares a los producidos por la utilización de agujas de CuO (Rogers y Poole, 1988).

En nuestro ensayo existió una respuesta en la variable GDP, considerando el período total, a pesar de que la deficiencia de Cu fue más manifiesta, a juzgar por la concentración de Cu sérico, durante los primeros seis meses. El incremento producido en la GDP de los animales suplementados con Cu inyectable fue cercano, aunque menor, al valor de 21% hallado en un ensayo realizado con anterioridad en el mismo establecimiento (Pechin et al., 1999a), lo que demuestra la variación interanual en las respuestas productivas, explicada, al menos en parte, por las fluctuaciones en los niveles de Cu y sus antagonistas en los pastos y agua de bebida. La respuesta hallada a la suplementación con CuO en nuestro ensayo es comparable a la encontrada en el trabajo de Richards et al. (1985) con el mismo tipo de producto (8,22%). No obstante, en un ensayo en el cual los bovinos del grupo control terminaron a las 30 semanas con cupremias muy bajas, en torno a 0,08 µg/ml como promedio (McFarlane et al., 1991), las diferencias en GDP debidas al tratamiento con CuO fueron del 24%.

Nuestros resultados permiten suponer que si los bovinos presentan persistentemente niveles de Cu sérico por debajo de 0,60 µg/ml, es posible encontrar una respuesta a la suplementación, aún cuando no presenten signos clínicos característicos de la deficiencia.

Conclusiones

Bajo las condiciones del presente ensayo puede concluirse que la utilización de bolos de CuO es una alternativa que brinda similares resultados que la dosificación preventiva con Cu inyectable. Estos productos permiten mantener niveles de Cu sérico altos y estables al menos por 6 meses, en situaciones de deficiencia de Cu. Por otro lado, al no producir picos de Cu sérico tan marcados, probablemente disminuyen los riesgos de intoxicación en los bovinos.

Bibliografía

Allen, W. M.; Sansom, B. F.; Gleed, P. T.; Mallison, C. B.; Drake, C. F. 1984. Boluses of controlled release glass for supplementing ruminants with copper. *Veterinary Record*, 115: 55-57.

- Bingley, J. B.** 1959. Simplified determination of molybdenum in plant material by 4-methyl, 1-2 dimercaptobenzene, dithiol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7: 269-270.
- Cameron, H. J.; Boila, R. J.; McNichol, L. W.; Stranger, N. E.** 1989. Cupric oxide needles for grazing cattle consuming low-copper, high-molybdenum forage and high-sulfate water. *Journal of Animal Science*, 67: 252-261.
- Deland, M. P. B.; Cunningham, P.; Milne, M. L.; Dewey, D. W.** 1979. Copper administration to young calves: oral dosing with copper oxide compared with subcutaneous copper glycinate injection. *Australian Veterinary Journal*, 55: 493-494.
- Deland, M. P. B.; Lewis, D.; Cunningham, P. R.; Dewey, D. W.** 1986. Use of orally administered oxidised copper wire particles for copper therapy in cattle. *Australian Veterinary Journal*, 63: 1-3.
- Givens, D. I.; Zervas, G.; Simpson, V. R.; Telfer, S. B.** 1988. Use of soluble glass rumen boluses to provide a supplement of copper for suckled calves. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, 110: 199-204.
- Graham, T. W.; Galey, F. D.; Thurmond, M. C.** 1992. Efficacy of copper oxide wire supplementation on repletion of copper storages in range in northern California. *Agri-Practice*, 16: 18-23.
- Judson, G. J.; Trengove, C. L.; Langman, M. W.; Vandergraaf, R.** 1984. Copper supplementation of sheep. *Australian Veterinary Journal*, 61: 40.
- Littell, R. C.; Henry, P. R.; Ammermann, C. B.** 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76: 1216-1231.
- Lubissa, W.; Raber, H.; Huber, H.; Grill, J. D.** 1976. Spectrophotometric determination of sulfates, chlorides and fluorides in plant materials. *Annual Chemical Acta*, 87: 247-250.
- McCaughan, C. M.** 1992. Treatment of mineral disorders in cattle. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 8: 107-145.
- McDowell, L. R.** 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press. San Diego. California. USA.
- McFarlane, J. D.; Judson, G. J.; Turnbull, R. K.; Kempe, B. R.** 1991. An evaluation of copper-containing soluble glass pellets, copper oxide particles and injectable copper as supplements for cattle and sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31: 165-174.
- National Research Council (NRC).** 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C., USA.
- Naylor, J. M.** 1991. Water: requirements and problems. In: Large animal clinical nutrition. J. M. Naylor and S. L. Ralston, Eds. Mosby-Year Book. St. Louis, Missouri, USA. p. 90-95.
- Obras Sanitarias de la Nación. Dirección de Química y Tecnología. 1970. Métodos para examen de agua y líquidos cloacales.

- Pechin, G. H.; Cseh, S. B.; Corbellini, C. N.; Idiart, J.; Moralejo, R. H.; Visconti, M.; Drake, M.; Yarrar, M.** 1995. Estudio de las deficiencias minerales en bovinos de carne en el departamento Maracó, provincia de La Pampa, Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*, 15: 492-494.
- Pechin, G. H.; Idiart, J. L.; Corbellini, C. N.; Moralejo, R. H.; Cesán, R. O.; Sánchez, L. O.** 1999a. Respuesta a la suplementación con cobre inyectable en distintos rangos de deficiencia en bovinos de carne. *Revista Argentina de Producción Animal*, 19: 347-358.
- Pechin, G. H.; Idiart, J. L.; Cseh, S. B.; Corbellini, C. N.; Moralejo, R. H.** 1999b. Evaluación de dos vías de administración de cobre (oral y parenteral) en bovinos de carne. *Veterinaria Argentina*, 159: 651-657.
- Richards, D. H.; Hewett, T. R.; Parry, J. M.; Yeoman, C. H.** 1985. Bovine copper deficiency: Use of copper oxide needles. *Veterinary Record*, 116: 618-619.
- Rogers, P. A. M.; Poole, D. B. R.** 1988. Copper oxide needles for cattle: a comparison with parenteral treatment. *Veterinary Record*, 123: 147-151.
- Ruksan, B. E.** 1985. Mapa de microelementos en forrajeras de Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*, 4 (supl. 3): 89-98.
- Ruksan, B. E.; Dorsi, J.** 1986. Suplementación con óxido de cobre en virutas y polvo por vía oral versus cobre inyectable. 12° Congreso AAPA. San Martín de Los Andes, Argentina. 19 al 21 de junio de 1986. Resúmenes del Congreso, p. 128-129.
- SAS Institute Inc.** 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Cary, NC, USA.
- Suttle, N. F.** 1991. The interactions between copper, molybdenum, and sulphur in ruminant nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 11: 121-140.
- Suttle, N. R.; McLauchlan, M.** 1976. Predicting the effects of dietary molybdenum and sulphur on the availability of copper for ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*, 35: 22A-23A.
- Suttle, N. F.; McMurray, C.H.** 1983. Use of erythrocyte copper:zinc superoxide dismutase activity and hair or fleece copper concentrations in the diagnosis of hypocuprosis in ruminants. *Research in Veterinary Science*, 35: 47-53.
- Underwood, E. J.; Suttle, N. F.** 1999. The mineral nutrition of livestock. CABI Publishing. Wallingford, UK. 3rd Edition. p 614.