

EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACION CON COBRE SOBRE LA GANANCIA DE PESO, COBRE HEPATICO Y PLASMATICO EN TERNEROS*Effects of copper supplementation upon weight gain and hepatic and plasmatic copper in calves***Viejo¹, R.E. y Casaro², A.P.**Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce.**RESUMEN**

Se estudiaron los efectos obtenidos sobre la ganancia de peso y los niveles de Cu hepático y plasmático luego de la suplementación parenteral con Cu. Se utilizaron 40 terneros Aberdeen Angus de 2-3 meses de edad que fueron divididos en 4 tratamientos de 10 animales cada uno: T1 y T2, con suplementación de 100 mg de Cu y los T3 y T4, como controles. Los terneros del T1 y T3 provienen de madres con suplementación de Cu, mientras que los T2 y T4 de madres sin suplementación. Mensualmente, se tomaron muestras del forraje y agua disponibles. En el forraje se determinaron las concentraciones de Cu, Mo y S y en el agua, las de SO_4^{2-} y sales totales. También, en forma mensual, se tomaron muestras de sangre, se pesaron y se examinaron clínicamente a todos los animales. En el plasma se midió la concentración de Cu-Cp. Al momento del destete, se realizaron biopsias hepáticas en 5 animales de cada grupo y se les determinó las concentraciones de Cu. Se conformó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x2 y los estudios estadísticos se realizaron por análisis de varianza y el test de comparaciones múltiples de Duncan. Las concentraciones de Cu ($7,7 \pm 0,9$ ppm) y Mo ($1,2 \pm 0,5$ ppm) en el forraje se mantuvieron dentro del rango normal. El nivel de S fue elevado ($0,6 \pm 0,09$ %) y la disponibilidad verdadera de Cu fue baja (0,01 %) durante todo el período experimental. La limitada disponibilidad de Cu se confirmó por bajos niveles plasmáticos en los grupos controles y clínicamente por una menor ganancia de peso (T3: $0,52 \pm 0,20$ y T4: $0,51 \pm 0,19$ kg) y despigmentación del pelaje. La suplementación con Cu (T1 y T2) elevó los niveles de Cu plasmático ($0,82 \pm 0,12$ y $0,87 \pm 0,11$ ug Cu/ml; $p < 0,01$), las ganancias de peso diarias ($0,72 \pm 0,12$ y $0,68 \pm 0,12$ kg; $p < 0,01$) y los pesos finales al destete (178 y 163 kg; $p < 0,01$). Las concentraciones de Cu hepático al momento del destete fueron producto de la interacción tratamiento x origen ($p < 0,01$). De los 4 grupos en estudio, la mejor respuesta en los parámetros evaluados fue la combinación madres suplementadas-terneros suplementados.

Palabras clave: cobre, deficiencia, suplementación, terneros.

SUMMARY

Copper deficiency in ruminants is a carencial disease widespread in most of Argentina. It appears to be of a type related to an excess of Mo and sometimes S in pastures. The present work was carried out in an area with these characteristics (Salado River Basin, Buenos Aires Province). The

Recibido: 07 de septiembre de 1992

Aceptado: 06 de diciembre de 1993

1- Médico Veterinario. Dirección actual: CARGILL S.A.C.I. División Nutrición Animal. Fernando L. Rojo s/n. Capilla del Señor (2812). Buenos Aires, Argentina.

2- Médico Veterinario. Técnico de la EEA Balcarce.

objective was to study the effects of parenteral Cu supplementation upon weight gain and copper concentration in liver and plasma of calves at weaning. Forty Aberdeen Angus calves aged between 2-3 months were distributed into 4 treatments of 10 animals each: T1 and T2 supplied with 100 mg of Cu; T3 and T4 were used as control. T1 and T3 calves were born to Cu supplemented cows, while T2 and T4 to non supplemented. Samples of water and forage were taken monthly to measure Cu, Mo, S and SO_4^{2-} and total salts respectively. Samples of blood were taken monthly to measure Cu-Cp concentrations in plasma and all the animals were weighed and clinically examined once a month. Liver biopsies were taken from 5 animals of each group and the respective Cu concentrations measured at weaning. A completely randomized design with a 2x2 factorial arrangement was made. The statistical studies were performed by analysis of variance and Duncan's multiple range test. Concentrations of Cu (7.7 ± 0.9 ppm) and Mo (1.2 ± 0.5 ppm) in forage were within a normal range. Sulphur level was high (0.6 ± 0.09 %) and the real availability of Cu was low (0.01 %) during all the experimental period. The restrictive availability of Cu was supported by the low plasmatic levels found in the control groups and clinically confirmed by reduced weight gain (T3: 0.52 ± 0.20 and T4: 0.51 ± 0.19 kg) and hair depigmentation. Copper levels in plasma increased with Cu supplementation (T1: 0.82 ± 0.12 and T2: 0.87 ± 0.11 ug Cu/ml; $p < 0.01$) and also the daily (0.72 ± 0.12 and 0.68 ± 0.12 kg; $p < 0.01$) and final weights at weaning (178 y 163 kg; $p < 0.01$). Concentrations of Cu in liver at weaning resulted from the interaction treatment x origin ($p < 0.01$). From the four groups studied, the combination supplemented cows-supplemented calves showed the best response to the evaluated parameters.

Key words: copper, deficiency, supplementation, calves.

INTRODUCCION

El ternero de destete es el principal producto de la actividad de cría y para aumentar su tasa de crecimiento y la producción de carne se deben tener en cuenta, fundamentalmente, las exigencias nutricionales. Dentro de estas exigencias es bien conocida la importancia del cobre (Cu) para el buen funcionamiento de muchos sistemas biológicos (Underwood, 1977).

Los estados de hipocuprosis producen habitualmente una pérdida en el peso vivo o una menor ganancia de peso diaria en relación a animales con cupremia normal. Este efecto, generalmente está condicionado a factores individuales ligados con la capacidad de asimilación. El desarrollo de la deficiencia de Cu en los rumiantes puede atribuirse a la presencia de factores en la dieta que reducen su disponibilidad (Bremner y Davies, 1980). El molibdeno (Mo) y el azufre (S) son probablemente los más importantes, aunque otros metales como el zinc (Zn) y el hierro (Fe) pueden también afectar su utilización (Humphries, Phillippo, Young y Bremner, 1983; Brem-

ner, 1987b; Bremner, Humphries, Phillippo, Walker y Morrice, 1987).

La existencia de hipocuprosis en nuestro país y, en particular, en la provincia de Buenos Aires, se conoce desde hace varios años (Bingley y Carrillo, 1964, 1966) y parece ser de tipo condicionada por exceso de Mo y a veces también de S (Ruksan, 1985).

A partir de esta caracterización de las áreas con deficiencia condicionada de Cu se han intentado correcciones mediante la administración de diferentes preparados de Cu. Sin embargo, cuando se realizan ensayos dosis-respuesta con animales hipocuprémicos, no siempre se obtiene un aumento de la ganancia de peso, a pesar de que en casi todos ellos, el tratamiento es efectivo para restablecer el valor normal de Cu en sangre o en hígado (Ferrer, Ramírez y Zaccardi, 1989; Carrillo, Bingley y Ruksan, 1978).

En el presente estudio se evaluó el efecto de la suplementación parenteral con Cu en terneros, provenientes de madres con y sin suplementación de Cu, sobre la ganancia de peso, los niveles de Cu en

sangre y las reservas de Cu hepático al destete. La zona donde se realizó el estudio está caracterizada por la presentación de deficiencia secundaria de Cu.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en un establecimiento ubicado en el Partido de Tordillo, provincia de Buenos Aires, durante el período septiembre de 1989-abril de 1990. En este establecimiento se detectó en años anteriores la aparición de hipocuprosis en terneros de 1-3 meses de edad con signos clínicos muy marcados de deformaciones óseas y fracturas espontáneas en muchos de ellos (Viejo y Casaro, 1992).

Se utilizaron 40 terneros Aberdeen Angus de 2-3 meses de edad, con promedios y distribución de pesos similares, los que se distribuyeron al azar en 4 tratamientos de 10 animales cada uno. Dos grupos de terneros (T1 y T2) fueron suplementados en forma parenteral doble de 100 mg de Cu* cada una, vía subcutánea y con intervalo de 65 días entre ellas, y los otros dos grupos (T3 y T4) estuvieron como controles.

Los terneros del T1 y T3 provenían de madres con suplementación parenteral de Cu en sus últimos 4 meses de gestación, mientras que el T2 y T4 de madres sin suplementar (Viejo y Casaro, 1992).

Los animales permanecieron juntos en potreros de campo natural, de donde se obtuvieron en forma mensual muestras del forraje y agua disponibles. De todos los animales, también en forma mensual, se obtuvieron muestras de sangre por punción de la vena yugular y se los pesó.

En el final del estudio se tomaron biopsias hepáticas (Carrillo y Bingley, 1965) en 5 terneros de cada tratamiento.

* Amino acetato de Cu, 20 mg de Cu activo/ml, producto comercial de Laboratorio INDUVET SRL.

Teniendo en cuenta los antecedentes de años anteriores, se observó la posible aparición de algún signo de carencia de Cu, principalmente deformaciones articulares y fracturas.

Análisis de Cu, Mo y S: en el plasma se determinó la concentración de Cu por el método de la ceruloplasmina oxidasa (Bingley, Ruksan y Carrillo, 1978). En forraje se evaluó el Cu (Eden y Green, 1940), Mo (Bingley, 1959) y S (como sulfatos, SO_4^{2-}) por turbidimetría (Bingley y Dick, 1967 modificada por Cseh). En el agua se midieron los niveles de SO_4^{2-} y sales totales (Bingley y Dick, 1967). En los hígados se determinó la concentración de Cu (Eden y Green, 1940).

Análisis estadístico: se conformó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x2. La suplementación con Cu y el origen de los terneros fueron los factores. En el primero (factor A) hubo terneros con y sin suplementación parenteral de Cu y en el otro (factor B) hubo 2 orígenes (terneros provenientes de madres con y sin suplementación parenteral de Cu durante su gestación). Los análisis estadísticos se realizaron por el procedimiento GLM (General Linear Models) de SAS (SAS, 1988) a través de un análisis de varianza y el test de comparaciones múltiples de Duncan.

RESULTADOS y DISCUSION

Las concentraciones de Cu, Mo y la relación Cu:Mo en el forraje se mantuvieron dentro de los rangos normales (5-10 ppm Cu y 1-2 ppm Mo), si bien hubo fluctuaciones durante el tiempo de estudio. Sin embargo, los niveles de S fueron elevados durante todo el período experimental (>0,2%) (Viejo y Casaro, 1993). Las concentraciones de SO_4^{2-} (410 ± 20 mg/litro) y sales totales (3026 ± 852 mg/litro) en el agua estuvieron dentro de los límites normales. Por otro lado, en el Cuadro 1 puede observarse la estimación de la dis-

CUADRO 1: Disponibilidad estimada de Cu en el forraje. <i>Table 1: Estimated forage Cu availability.</i>								
	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr
DV (%) CU*	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
<p>* La predicción de los coeficientes de absorción del Cu de la dieta están estimados según Wittenberg y Devlin (1987) a partir de: $\log DV Cu = -0,0019 Mo - 0,0755 S - 0,0131 (Mo \times S) - 1,153$ donde: DV Cu es la disponibilidad verdadera (%) de Cu; el Mo y el S son las concentraciones en el forraje como mg/kg MS y g/kg MS respectivamente. <i>Absorption coefficients were estimated according to Wittenberg and Devlin (1987).</i></p>								

ponibilidad verdadera (expresada como %) de Cu del forraje. Según esta determinación, los requerimientos de Cu no fueron cubiertos, teniendo en cuenta que se considera normal un coeficiente de 0,05% (Wittenberg y Devlin, 1987).

Trabajos experimentales y a campo sobre la interacción Cu-Mo-S le asignan gran importancia al S (orgánico e inorgánico) en la dieta de los rumiantes (Bingley y Anderson, 1972; Underwood, 1977; Hartmans y Bosman, 1970). Ambas fuentes de S son rápidamente degradadas en el rumen a ión S^{2-} (Suttle, 1975; Gawthorne y Nader, 1976). Esto se ha demostrado que ocurre bajo una gran variedad de condiciones y es uno de los mecanismos por el cual la absorción del Cu disminuye en los rumiantes. Así, a través de la interacción en el tracto gastrointestinal, las altas concentraciones de S^{2-} se combinan con el Cu para formar complejos de CuS, los cuales representan una forma no disponible de Cu (Bremner y Davies, 1980; Gooneratne, Buckley y Christensen, 1989). Por otro lado, el gran exceso de S^{2-} está involucrado en la formación de complejos thiomolibdatos (TM) por su habilidad en combinarse con el Mo dentro del rumen. A su vez, los TM se combinan con el Cu para formar complejos insolubles que limitan la absorción del microelemento en el tracto digestivo (Suttle, 1974 a,b; Dick, Dewey y Gawthorne, 1975).

Suttle (1974a), observó que el aumento en el contenido de S en la dieta (0,4%) reduce la disponibilidad de Cu en un 40%. En el presente estudio, es probable que los altos niveles de S hayan sido los responsables de la disminución en la disponibilidad verdadera de Cu (Cuadro 1). Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que otros elementos hayan interactuado con el Cu alterando su disponibilidad. La alteración de una buena disponibilidad de Cu tuvo manifestaciones de un estado carencial. Esto fue confirmado por los bajos niveles séricos en los grupos controles y clínicamente, por una menor ganancia de peso y despigmentación del pelaje en la mayor parte de los animales.

La síntesis hepática y subsecuente secreción de ceruloplasmina (Cp) al plasma son mecanismos importantes en el metabolismo animal. Además de su función enzimática, esta globulina también actúa en el metabolismo del Cu (Cousins, 1985; Bingley y otros, 1978).

En el presente estudio, la suplementación con Cu elevó los niveles de Cu plasmático, independientemente de los orígenes, siendo significativas ($p < 0,01$) las diferencias entre los tratamientos (Figura 1). El origen tuvo también efectos significativos ($p < 0,01$), independientemente de los tratamientos. Por otra parte, aunque se observó una elevación del Cu en el plasma, su nivel se mantuvo prácticamente invaria-

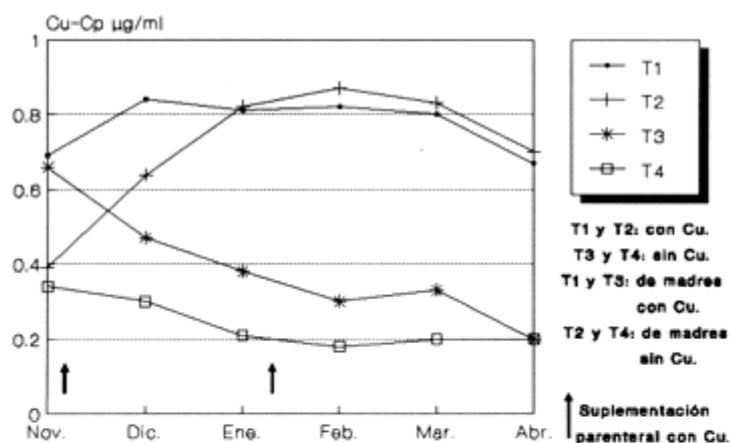


FIGURA 1: Niveles de Cu-Cp en terneros hasta el destete con diferentes orígenes y tratamientos.
Figure 1: Cu-Cp levels in calves until weaning with different origins and treatments.

ble durante todo el período experimental. Con la primera administración, la respuesta fue más marcada que con la segunda, la cual mostró menor variación.

La homeostasis del Cu es regulada por la vía hepática (Bremner, 1987a; Evans, 1973; Prohaska, 1988). Con algunas excepciones, la concentración de Cu hepático en la mayor parte de las especies mamíferas aumenta de manera constante durante el período de vida intrauterina, alcanza un máximo en o antes del nacimiento y luego disminuye hasta los niveles del animal adulto (Underwood, 1977). Más del 50% del Cu total corporal de los recién nacidos está presente en el hígado (Hidioglou y Knipfel, 1981). El almacenamiento de Cu en el hígado fetal es necesario para hacer frente a sus requerimientos post natales, puesto que la leche de vaca es una fuente pobre en Cu (Widdowson, Dauncey y Shaw, 1974; Gooneratne y Christensen, 1989). Estas altas concentraciones hepáticas bajan rápidamente luego

del nacimiento, presumiblemente por movilización de Cu para hacer frente a las necesidades de otros tejidos del animal en crecimiento (Gooneratne y otros, 1989).

En el presente estudio, las concentraciones de Cu hepático al momento del destete fueron producto de la interacción tratamiento x origen ($p < 0,01$). En el momento del nacimiento los animales provenientes de madres con suplementación parenteral de Cu tuvieron niveles de Cu hepático (380 mg/kg MS) significativamente más elevados ($p < 0,01$) que los provenientes de madres sin suplementación (164 mg/kg MS) (Viejo y Casaro, 1992). A partir de este momento y hasta el destete estas concentraciones hepáticas disminuyeron en todos los grupos (Figura 2). Sin embargo, los efectos más marcados se observaron en el T4 (35,3 mg/kg MS). A pesar de no haber recibido Cu, el origen de los T3 (madres con Cu) mejoró significativamente ($p < 0,01$) sus reservas (44,4 mg/kg MS) con respecto al T4. Los valores

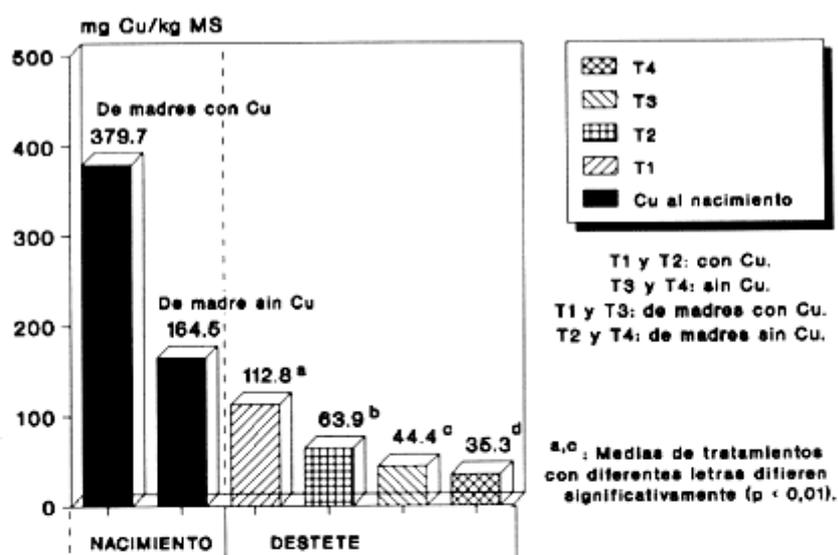


FIGURA 2: Concentración de Cu hepático en terneros al nacer y al destete con diferentes orígenes y tratamientos.

Figure 2: Hepatic Cu concentration in calves with different origins and treatments at birth and weaning.

más elevados se observaron en el T1 (112 mg/kg MS), siendo la diferencia significativa ($p < 0,01$) con el T2 (63,9 mg/kg MS). En este caso, el origen también mostró sus efectos.

La administración de Cu en bovinos estabulados suele ser sencilla a través de la suplementación del alimento. Sin embargo, esto generalmente no es posible con animales en pastoreo y suele recurrirse a inyectables parenterales de complejos de Cu.

En el presente estudio, la suplementación parenteral con Cu mejoró las ganancias de peso diarias y los pesos finales al destete (Cuadro 2), independientemente de los orígenes. Por otro lado, el origen también tuvo efectos sobre estos parámetros, independientemente de los tratamientos. Ambos efectos (tratamiento y origen) tuvieron diferencias significativas ($p < 0,01$)

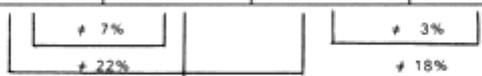
entre sus niveles. Los mayores pesos al destete se observaron en el T1 (178 kg) y los menores en el T4 (141,9 kg). Para los grupos con suplementación, los animales del T1 ganaron un 7% más de peso al momento del destete que los del T2. Para los grupos sin suplementación, los animales del T3 ganaron un 3% más de peso que los T4. Estas observaciones demuestran el efecto origen. Por otro lado, el efecto tratamiento fue más marcado que el efecto origen. Dentro del grupo proveniente de madres con Cu, los terneros suplementados con Cu (T1) tuvieron un 22% más de peso que los que no recibieron Cu (T3). En los animales del grupo proveniente de madres sin Cu, los terneros tratados (T2) ganaron un 18% más de peso que los no tratados (T4).

Son numerosos los trabajos realizados para mejorar la producción y/o corregir

CUADRO 2: Ganancias de peso, mensual y diaria, en terneros con diferentes orígenes y tratamientos.

Table 2: Month and daily weight gains in calves of different origins and treatments.

	T1: ternero con Cu, de madre con Cu. T2: ternero con Cu, de madre sin Cu.	T3: terneros sin Cu, de madres con Cu. T4: terneros sin Cu, de madres sin Cu.		
	T1	T2	T3	T4
Nov. *	69	67	63	64
Dic.	+ 17,9 (0,060)	+ 17,8 (0,59)	+ 10,4 (0,34)	+ 13,9 (0,46)
Ene.	+ 17,2 (0,57)	+ 16,6 (0,55)	+ 9,4 (0,31)	+ 11,0 (0,36)
Feb.	+ 23,0 (0,76)	+ 19,4 (0,64)	+ 14,4 (0,48)	+ 11,2 (0,37)
Mar.	+ 24,0 (0,80)	+ 23,8 (0,79)	+ 18,0 (0,60)	+ 14,7 (0,49)
Abr.	+ 27,1 (0,90)	+ 26,3 (0,87)	+ 26,2 (0,87)	+ 26,4 (0,88)
Peso final	178,4 a	167,3 b	145,8 c	141,9 d



a,c: Medias de tratamientos con diferentes letras difieren significativamente ($p < 0,01$).
*: Peso inicial; + kg mensuales ganados (g de ganancia diaria).

deficiencias tras la administración de Cu parenteral. Los resultados son variables. En muchos de ellos los tratamientos con inyectables elevaron y mantuvieron los niveles de Cu en el plasma y en el hígado, pero no fueron exitosos en aumentar las ganancias de peso vivo (Carrillo y otros, 1978; Ferrer y otros, 1989; Kincaid, Blauwiel y Cronrath, 1986). Sin embargo, otros autores han encontrado respuestas favorables a la suplementación (Steffan, Fiel, Odriozola, Acuña y Rojas Panelo, 1982; Nuñez, Rubies, Filippini y Volonteri, 1976; Auza, Acuña y Rojas Panelo, 1980). Según Humphries (1980), la subsecuente respuesta de los animales inyectados depende del déficit inicial de Cu en los tejidos y del contenido y disponibilidad de Cu en la dieta. Tanto en las deficiencias de Cu simples como condicionadas, muchas veces se hace necesario repetir las inyecciones de estos complejos de Cu para mantener niveles séricos normales, una adecuada ganancia de peso (en terneros) y permi-

tir un moderado almacenamiento hepático (en animales adultos).

CONCLUSIONES

Los elevados niveles de S en el forraje produjeron una disminución de la disponibilidad verdadera de Cu, la cual se manifestó por bajos niveles plasmáticos en los grupos controles y clínicamente por una menor ganancia de peso y despigmentación del pelaje.

La suplementación parenteral con Cu aumentó la cupremia, las ganancias de peso diarias y los pesos finales al momento del destete, independientemente de si los terneros provenían de madres con o sin suplementación.

Los más bajos niveles de Cu hepático al nacimiento en los animales provenientes de madres sin suplementación de Cu y la falta de suplementación en ellos durante su período de crecimiento, produjeron los

más bajos niveles de Cu plasmático y hepático y los más bajos pesos al destete.

De los 4 grupos en estudio, la mejor respuesta en los parámetros evaluados fue la combinación madres suplementadas-terneros suplementados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sra. Mónica Drake y a la Srta. María Yarrar, del Laboratorio de Bioquímica de la EEA Balcarce, por su inestimable colaboración en el desarrollo de este trabajo. A la Med. Vet. Fabiana García Calderón y a la Lic. Mariana Ridaio por el apoyo técnico y a la Sra. Adriana Cano por su colaboración en el análisis estadístico.

BIBLIOGRAFIA

- AUZA, N., ACUÑA, C.M. y ROJAS PANELO, F.M. 1980. Carencia de cobre en los bovinos. Revista CREA N° 82, Abril.
- BINGLEY, J.B. 1959. Simplified determination of molybdenum in plant material by 4-methyl-1,2-dimercaptobenzene. *Dithiol. J. Agric. Food Chem.* 7:269-270.
- y CARRILLO, B.J. 1964. Deficiencia de cobre. I. Observaciones preliminares en ciertas áreas de la provincia de Buenos Aires. INTA, Boletín Técnico N° 15.
- y CARRILLO, B.J. 1966. Hypocuprosis of the cattle in the Argentina. *Nature* 209:834.
- y DICK, A.T. 1967. Semimicro determination of inorganic sulfate in plant material. *J. Agric. Food Chem.* 15:539.
- y ANDERSON, M. 1972. Clinically silent hypocuprosis and the effect of molybdenum loading in beef calves in Cippisland, Victoria. *Aust. J. Agric.* 23:855.
-, RUKSAN, B.E. y CARRILLO, B.J. 1978. Estudios sobre hipocuprosis en la región de la Pampa Húmeda en la provincia de Bs. As. Método de la Ceruloplasmina oxidada en plasma para la detección de la hipocuprosis bovina y su correlación con la concentración de cobre plasmático. *Rev. Med. Vet.* 59:63-67.
- BREMNER, I. 1987a. Involvement of metallothionein in the hepatic metabolism of copper. *J. Nutr.* 117:19-29.
- 1987b. Mechanisms and nutritional importance of trace elements interactions. In: *Trace elements in man and animals* 6. Hurley, L. (ed). Plenum Press, California. pp. 303-307.
- y DAVIES, N.T. 1980. Dietary composition and the absorption of trace elements by ruminants. In: *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Ruckebush y Thivend (eds). Lancaster, MTP Press, pp 409-427.
-, HUMPHRIES, W.R., PHILIPPO, M., WALKER, M.J. y MORRICE, P.C. 1987. Iron-induced copper deficiency in calves: dose-response relationships and interactions with molybdenum and sulphur. *Animal Prod.* 45:403-414.
- CARRILLO, B.J. y BINGLEY, J.B. 1965. Deficiencia de cobre. II. Técnica de biopsia de hígado y análisis de muestra. Boletín Técnico Serie 1, 6. INTA Balcarce.
-, B.J., BINGLEY, J.B. y RUKSAN, B. 1978. Efecto de la administración de cobre por vía parenteral sobre la concentración de cobre plasmático y el peso vivo en bovinos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 6:612-619.
- COUSINS, R.J. 1985. Absorption, transport and hepatic metabolism of Cu and Zn: Special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiol. Reviews* 65:238-309.
- DICK, A.T., DEWEY, D.W. y GAWTHORNE, J.M. 1975. Thiomolybdates and the copper-molybdenum-sulphur interaction in ruminant nutrition. *J. Agric. Sci.(Camb)* 85:567-568.
- EDEN, A. y GREEN, H.H. 1940. Microdetermination of copper in biological material. *Biochem. J.* 34:1202.
- EVANS, G.W. 1973. Copper homeostasis in the mammalian system. *Physiol. Review* 53:535-570.
- FERRER, G.G., RAMIREZ, C.E. y ZACCARDI, E.M. 1989. Efecto de la suplementación parenteral con cobre sobre la ganancia diaria de peso en bovinos de diferentes edades. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 9:173-178.
- GAWTHORNE, J.M. y NADER, C.J. 1976. The effect of molybdenum on the conversion of sulphate to sulphide and microbial sulphur in the rumen of sheep. *Brish J. Nutr.* 35:11-23.
- GOONERATNE, S.R., BUCKLEY, W.T. y CHRISTENSEN, D.A. 1989. Review of copper deficiency and metabolism in ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 69:819-845.
-, S.R. y CHRISTENSEN, D.A. 1989. A survey of maternal copper status and fetal tissue copper concentrations in Saskatchewan bovine. *Can. J. Anim. Sci.* 69:141-150.
- HARTMANS, J. y BOSMAN, M.S. 1970. Differences in the copper status of grazing and housed

- cattle and their biochemical backgrounds. In: Trace element metabolism in animals. Mills, C.F. (ed). Edinburgh. Livingstone E. and S. p. 362.
- HIDIROGLOU, M. y KNIPFEL, J.E. 1981. Maternal-fetal relationships of Copper, Manganese, and Sulfur in ruminants. A review. *J. Dairy Sci.* 64:1637-1647.
- HUMPHRIES, W.R. 1980. Control of hypocupraemia in cattle by addition of copper to water supplies. *Vet. Rec.* 106:359-362.
- , W.R., PHILLIPPO, M., YOUNG, B.W. y BREMNER, I. 1983. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. *British J. Nutr.* 49:77-86.
- KINCAID, R.L., BLAUWIEKEL, R.M y CRONRATH, J.D. 1986. Supplementation of copper as copper sulfate or copper proteinate for growing calves fed forages containing molybdenum. *J. Dairy Sci.* 69:160-163.
- NUÑEZ, A., RUBIES, H., FILIPPINI, L. y VOLONTENI, H. 1986. Respuesta al tratamiento con complejos de cobre en bovinos con hipocuprosis. *Gaceta Vet.* 38:522-530.
- PROHASKA, J.R. 1988. Biochemical functions of copper in animals. In: Essential and toxic trace elements in human health and diseases. Liss, A. (ed). Inc, pp 105-124.
- RUKSAN, B. 1985. Mapa de microelementos en forrajes de Argentina. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4:89-98.
- SAS. 1988. User's guide. Statistical Analysis System Institute, Inc. Cary, N.C.
- STEFFAN, P.E., FIEL, C.A, ODRIOZOLA, E., ACUNA, C.M. y ROJAS PANELO, F.M. 1982. Evaluación y comparación de dos productos de aplicación parenteral, en la terapéutica de la hipocuprosis de los novillos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 2:1-10.
- SUTTLE, N.F. 1974a. Effects of organic and inorganic sulphur on the availability of dietary copper to sheep. *British J. Nutr.* 32:559-568.
- , N.F. 1974b. Recent studies of the copper molybdenum antagonism. *Proc.Nut.Soc.*33:299-305.
- , N.F. 1975. The role of organic sulphur in the copper-molybdenum-S interrelationship in ruminant nutrition. *British J. Nutr.* 34:411-420.
- UNDERWOOD, E.J. 1977. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press, Inc. London.
- VIEJO, R.E. y CASARO, A.P. 1992. Suplementación parenteral con cobre en vacas gestantes y su efecto sobre el ternero al nacimiento. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 12:339-346.
- y CASARO, A.P. 1993. Variaciones estacionales de cobre, molibdeno y azufre en el forraje. *Rev. Arg. Prod. Anim.* (En prensa).
- WIDDOWSON, E.M.; DAUNCEY, J. y SHAW, C.L. 1974. Trace elements in foetal and early postnatal development. *Proc. Nutr. Soc.* 33:275-284.
- WITTENBERG, K.M. y DEVLIN, T.J. 1987. Effects of dietary molybdenum on productivity and metabolic parameters of lactating beef cows and their offspring. *Can. J. Anim. Sci.* 67:1055-1066.