





## Suplementación parenteral de cobre y su relación con índices de fertilidad en bovinos de regiones con altos niveles de molibdeno en el Magdalena Medio colombiano

### ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Walter Hernández-Arroyave <sup>1</sup>, Pablo Eduardo Ocampo-Ortiz <sup>2</sup>, Luis Mauricio Montoya-Flórez <sup>3</sup>, John Jairo Bustamante-Cano <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación en Ciencias Animales, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

<sup>2</sup> Profesional independiente, Universidad de Pamplona, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Patología Veterinaria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, Laboratorio de Patología Investigativa y Comparada, FMVZ-UNESP, Campus Botucatu.

<sup>4</sup> Grupo de investigación en Ciencias Animales, Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

[walterh42@gmail.com](mailto:walterh42@gmail.com)

(Recibido: 5 de Diciembre de 2015 Aprobado: 13 Julio de 2016 Actualizado: 18 de Octubre de 2016)

DOI: 10.17151/vetzo.2016.10.1.1

**RESUMEN:** la hipocuprosis en bovinos a nivel reproductivo genera retraso en la involución uterina, abortos, repetición de servicios, celos silentes y retardo de la pubertad; el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de cobre sobre la actividad ovárica en bovinos con hipocuprosis. Para el estudio fue seleccionado un grupo de 212 hembras adultas cruce de Cebú Brahman, clínicamente sanas y con baja actividad reproductiva. Las vacas fueron sometidas a examen ginecológico y ultrasonografía; luego, 106 vacas del grupo tratamiento, recibieron 10 ml/animal de edetato cúprico de calcio al 7,5% vía subcutánea. El cobre (Cu) en sangre, antes y después de la terapia, y el Cu y molibdeno (Mo) en forraje colectado en períodos de lluvia y sequía, fue medido mediante espectrofotometría de absorción atómica. El análisis de los datos se realizó a través de pruebas paramétricas y estadística descriptiva. Los valores de Cu y Mo en pastos, variaron entre 5 a 7 ppm y 20 a 100 ppm respectivamente; a nivel sanguíneo pre-tratamiento, la concentración de Cu fue baja (0,17±0,009 mg/dl). Durante el examen ginecológico se detectó una marcada reducción en el tamaño del cérvix y los ovarios; en este último, el 40% presentó múltiples folículos en primeros estadios. El índice de preñez fue del 6%. Pos-tratamiento, los niveles sanguíneos del micromineral incrementaron (0,66±0,1 mg/dl), se logró un alto porcentaje de preñez (73%) y una disminución del número de días abiertos. Se concluye

que la actividad ovárica en las vacas en zonas de altas concentraciones de molibdeno se mantiene deprimida y que el tratamiento correctivo con una dosis única de cobre vía subcutánea mejora su actividad. Se recomienda futuras investigaciones donde se evalúe el efecto de dosis periódicas de Cu.

**Palabras clave:** aborto, cobre, molibdeno, espectrofotometría

### **Parenteral supplementation of copper and its relationship with fertility rates in cattle in regions with high levels of molybdenum in Colombian Magdalena Medio**

**ABSTRACT:** The hypocuprosis in cattle at the reproductive level, causes delay in the uterine involution, abortions, repetition of services, silent heats and delay in the onset of puberty; the objective of this research was to evaluate the effect of the application of copper on ovarian activity in cattle with hypocuprosis. A group of 212 Cebu-Brahman adult females, clinically healthy and with low reproductive activity was selected for the study. Cows were subjected to a gynecological and ultrasonography test, and then, 106 cows of the treatment group, received 10 mL/animal of calcium cupric edetate at 7.5% subcutaneously. Copper (Cu) levels in blood before and after therapy, and Cu and molybdenum (Mo) in forage collected during periods of rain and drought were measured by atomic absorption spectrophotometry. The data analysis were performed through descriptive statistics and parametric tests. Cu and Mo values in pastures, ranged from 5 to 7 ppm and 20 to 100 ppm respectively; at the pre-treatment blood levels, Cu concentration was low ( $0.17 \pm 0.009$  mg/dl). A noticeable reduction in the size of the cervix and ovaries could be detected during gynecological evaluation, in the ovaries, 40% presented multiple follicles in its early stages. The pregnancy rate was 6%. The micromineral blood levels increased post-treatment ( $0.66 \pm 0.1$  mg/dl), a high pregnancy rate (73%) and a decrease in the number of open days was achieved. It is concluded that ovarian activity in cows in areas with high concentrations of molybdenum remains depressed and corrective treatment with a single dose of copper subcutaneously improves their activity. It is recommended that future research is carried out where the effect of periodic doses of Cu can be evaluated.

**Key words:** abortion, copper, molybdenum, spectrophotometry

---

## **Introducción**

La deficiencia de cobre (Cu) en bovinos es un trastorno descrito mundialmente que ocasiona altas pérdidas económicas de ganado en pastoreo (García-Vaquero et al., 2011), la condición se reconoce como la segunda alteración más frecuente causada por deficiencia de minerales en animales de pastoreo (Radostis et al., 1994; Hefnawy & Khaiat, 2015). La carencia es descrita como endémica en algunas regiones de

Suramérica (Abba et al., 2000) y se asocia con diversas alteraciones en el metabolismo que producen efectos negativos sobre los sistemas orgánicos de los animales, destacando entre algunos perjuicios la infertilidad (McDonald et al., 2010).

En los bovinos, la deficiencia de este metal puede ser de origen primario debido a un aporte insuficiente de este elemento en la dieta; secundario, dada la presencia de elementos antagonistas (Maxie, 2007); finalmente, se describe una forma terciaria en la que existe falla en la actividad de metaloenzimas del cobre (Abba, 2000; Picco et al., 2012); no obstante, la deficiencia secundaria de este metal es la más frecuente (García-Vaquero et al., 2011).

El Cu es el microelemento que mayor número de antagonistas posee, entre ellos se destacan: molibdeno (Mo), hierro (Fe), azufre (S) y zinc (Zn) (Humphires et al., 1983; Polo, 1993; Gooneratne et al., 1997; Ramírez et al., 1997; Moeller, 2004; Torre et al., 2005; Maxie et al., 2007). Al respecto, Olson (2007) describió que las deficiencias francas de cobre son poco comunes en los forrajes; en contraste, la presencia de minerales antagonistas del cobre son altos o marginalmente altos, por lo que concluye que los problemas causados por deficiencia de cobre son más comunes debido a la presencia de minerales antagonistas en la dieta, en lugar de dietas extremadamente bajas de cobre, describiendo al Mo como el principal metal antagonista del Cu.

La molibdenosis, también descrita como deficiencia secundaria de cobre, se debe a la reducción biológica de cobre por aumento de la ingestión de molibdeno (Majak et al., 2006). El mecanismo por el cual se presenta esta interferencia es principalmente en rumen, con la formación de compuestos entre el molibdeno y el cobre (thiomolibdatos), impidiendo su absorción (Polo, 1993; Maxie, 2007; McDonald et al., 2010).

Los efectos que causa la deficiencia de cobre en bovinos en pastoreo se relacionan con trastornos funcionales del aparato reproductivo, entre los cuales se destacan: retardo en la aparición de la pubertad y de la involución del útero, abortos, repetición de servicios y celos silentes (Brem et al., 2002).

Al respecto del mecanismo implicado con los trastornos reproductivos, Moussa et al. (2015) afirman que microminerales como zinc, cobre y manganeso desempeñan un papel esencial en la reproducción, en razón de que las bajas concentraciones de zinc y cobre durante la maduración *in vitro* induce a apoptosis y afecta a la integridad del ADN de las células cumulus, lo cual influencia negativamente el desarrollo de los oocitos bovinos. Según García et al. (2007), la deficiencia de cobre afecta la reproducción debido a que este elemento participa en la reducción del estrés oxidativo a nivel ovárico y en el mantenimiento de la secreción de gonadotropinas desde la hipófisis.

Sobre los niveles de Cu en bovinos, la interrelación suelo-planta desempeña un papel preponderante (Arthington et al., 2003); con base en esta interacción, en Colombia son

descritas amplias zonas que presentan deficiencias de este micro-elemento en el suelo y plantas, destacándose las regiones del litoral Atlántico y el valle del río Magdalena (Laredo & Acuesta, 1984; Hernández, 1997; Bustamante et al., 2007, 2008); de esta manera, para bovinos que pastorean en dichas regiones, se considera una práctica fundamental la suplementación del mineral.

La suplementación del micro-elemento favorece los indicadores reproductivos y productivos del ganado; García et al. (2007) afirmaron que en bovinos suplementados con Cu se observó mayor número de celos, mejores tasas de servicio por concepción e incremento en los porcentajes de preñez. En relación con la administración del Cu, la vía oral es común para la suplementación; sin embargo, esta vía presenta limitaciones debido a la presencia de antagonistas como el molibdeno, que interfieren en la absorción y el metabolismo del Cu por lo que resulta menos efectiva y valiosa que la suplementación parenteral (Ahola et al., 2005).

Basado en estas informaciones, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación parenteral de cobre sobre la actividad ovárica en hembras de la raza Cebú Brahman y sus cruces, con disfunciones en la actividad reproductiva, procedentes de regiones ganaderas con antecedentes de bajos niveles de Cu en suelo y pastos secundarios a altos niveles de Mo.

---

## **Materiales y Métodos**

Conforme los principios para el uso de animales en experimentación, la investigación fue aprobada por el comité de ética animal de la Universidad de Pamplona Norte de Santander; y el estudio fue realizado en el municipio de Yondó, Magdalena Medio colombiano, ubicado a una altura de 76 msnm, con una temperatura promedio de 32°C y una humedad relativa de 85% aproximadamente; para la selección de la zona de estudio se consideraron los antecedentes de hipocuprosis por exceso de Mo en el suelo y pastos.

**Animales:** fueron seleccionados un grupo de 212 hembras bovinas adultas de la raza Cebú, Brahman y sus cruces, los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta fueron animales clínicamente sanos, con peso adecuado para reproducción, con historial de inactividad ovárica y procedentes de sistemas de ciclo completo y zona con antecedentes de hipocuprosis.

**Examen ginecológico de las hembras:** a todas las hembras se les realizó examen ginecológico y ecografía rectal con el fin de valorar el estado reproductivo, para lo cual se utilizó el ecógrafo Pie Medical portátil con modo B, DB y M. con sonda de 5 Mhz.

Posterior al chequeo ginecológico, los bovinos fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos constituidos por 106 animales: el grupo A (control) y el B (tratamiento); así,

todos los animales del grupo B recibieron 10 ml/animal de edetato cúprico de calcio al 7,5% vía subcutánea; finalmente, a ambos grupos se les realizó un segundo examen ginecológico.

**Toma de muestras y medición de cobre sérico:** Por animal fueron colectados de la vena yugular de forma aséptica en tubos Vacutainer (sin anticoagulante) 20 ml de sangre; posteriormente, las muestras fueron centrifugadas a 600 G por 20 minutos; luego de lo cual el suero fue almacenado en microtubos Eppendorf® y transportados a 20°C hasta el laboratorio de la Universidad de Pamplona, donde, la determinación de las concentraciones de Cu sérico se realizó mediante el espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer 2380, USA), a 324,8 nm, para lo cual muestras en duplicado fueron diluidas 1:1 con cloruro de lantano al 0.1%. La calibración de los equipos se realizó empleando un estándar comercial de Cu diluido a concentraciones de 0, 15, 30 y 45  $\mu\text{mol/L}$ .

**Muestras de forraje:** mensualmente, por finca, durante los meses de mayor y menor precipitación de lluvias, se colectaron muestras de 500 gramos de forraje de acuerdo con los criterios de la red de pastos y forrajes creada por CORPOICA; posteriormente, estas fueron remitidas al laboratorio de nutrición animal de la Universidad de Pamplona para determinar el contenido de Cu y Mo mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con digestión ácida (ácido nítrico) en un sistema cerrado, evitando la limitación que presenta el punto de ebullición del ácido empleado al utilizar el sistema abierto.

**Análisis estadístico:** la prueba t para muestras pareadas ( $P \leq 0,05$ ) fue utilizada para determinar diferencias entre las medias de los valores de cobre en sangre; para el análisis del metal en forrajes y los parámetros reproductivos fue utilizada estadística descriptiva.

---

## Resultados y Discusión

Los valores de Cu y Mo en la materia seca variaron entre 5 a 7 ppm y 20 a 100 ppm respectivamente, al comparar estos datos con los valores de referencia de dichos metales en pasto se confirmó la deficiencia del primer elemento y exceso en el segundo; estos resultados coinciden con lo descrito por McDowell (1996), quien afirma que la deficiencia de estos minerales está directamente relacionada con características del suelo, puesto que aquellos poco drenados desempeñan un papel fundamental para un incremento de Mo, a sabiendas de que el exceso de este metal puede conducir a que las plantas acumulen niveles extremadamente tóxicos, dependiendo de la especie vegetal y la región geográfica (Majak et al., 2006).

Un exceso de Mo en planta o suelo conlleva a un cambio en la relación Cu/Mo y por lo tanto a una deficiencia de Cu en herbívoros (Brem & Roux, 1991); así, los resultados expuestos sugieren que los bajos niveles de Cu en plantas de la zona son una condición secundaria debido a la molibdenosis; última circunstancia que conduce a hipocuprosis en los bovinos, debido a la estrecha relación suelo-planta-animal en animales bajo pastoreo en la región de estudio.

En el primer análisis de Cu en sangre, todos los bovinos presentaron bajos niveles del micro-mineral (tabla 1), así, con base en nuestros resultados, es posible que la deficiencia del elemento en los animales se debe al exceso de Mo en las pasturas; hallazgos similares fueron descritos por otros investigadores que reportan una condición semejante en regiones que presentan altos niveles de Mo (Phillippo et al., 1987; Brem & Roux, 1991; Matern et al., 2013). Vale la pena resaltar que los hallazgos en este estudio son de fundamental relevancia, ya que es otra condición que puede influir de forma directa en el manejo reproductivo de los hatos de la región.

La aplicación parenteral de Cu en los bovinos aumentó significativamente los niveles séricos del mineral, resultado que fue significativamente diferente cuando se comparó el antes y el después de la terapia entre el grupo control y tratamiento ( $P < 0,01$ ) (Tabla 1). El aumento en las concentraciones séricas del cobre postterapia fue similar a los hallazgos descritos por García et al. (2007), Balbuena et al. (1999), Pechin et al. (1999), quienes demostraron los beneficios del tratamiento de la deficiencia de cobre al utilizar compuestos de liberación lenta por vía parenteral.

La suplementación del cobre es recomendada como una forma eficiente para aumentar los niveles del elemento en animales (Radostitis et al., 2006); mientras que las soluciones inyectables por vía subcutánea constituyen el método más utilizado en la prevención y el tratamiento de las deficiencias de cobre (Allen & Mallinson, 1984), así como para evitar la aparición de síntomas clínicos (Majak, 2006).

A pesar de ello, estudios más recientes destacan que la suplementación rutinaria de cobre no se justifica para mantener un estado adecuado de cobre en el animal o para mejorar los parámetros reproductivos (García-Vaquero et al., 2011); aspecto diferente al visto en los análisis de este trabajo.

**Tabla 1. Valores cobre sérico en bovinos antes y después de la terapia con edetato cúprico de calcio (promedio±SD).**

	<b>Antes tratamiento</b>	<b>Después del tratamiento</b>
	<b>Cupremia (mg/L)</b>	
<b>Control</b>	<b>0,17 ± 0,009</b>	<b>0,17 ± 0,009</b>
<b>Tratado</b>	<b>0,17 ± 0,009</b>	<b>0,66 ± 0,1**</b>

**\*\* diferencia altamente significativa (P<0,01) entre los grupos.**

Durante la primera evaluación, chequeo ginecológico rectal y la ecografía, se identificó una marcada reducción en el tamaño del cérvix y de los ovarios en todas las hembras; además de ello, en el 40% se observó por medio de la ultrasonografía, ovarios con múltiples folículos en sus primeros estadios (figuras 1 y 2); hallazgos que dentro de otras causas también pueden ser la consecuencia de hipocuprosis.

En relación con este aspecto, Brem et al. (2002) describieron la presencia de ovarios pequeños e inactivos y algunos con uno o más quistes foliculares en bovinos suplementados durante largos períodos con molibdeno; asimismo, Du Plessis et al. (1999) plantean que ovejas con una dieta compuesta por altas concentraciones de molibdeno y de sulfuro presentan anestro en un lapso de 6 semanas, determinando que los ovarios de este grupo de animales se encontraban reducidos de tamaño y que la respuesta a la superovulación inducida con la hormona foliculo estimulante decreció marcadamente.

En el mismo sentido, y debido a que en los rumiantes el Cu desempeña un papel fundamental como cofactor de una variedad de enzimas oxidativas (Maxie et al., 2007); autores como Phillippo et al. (1987), Noakes et al. (2009), describen que la depleción del Cu inducida por molibdeno se asocia con la disminución de las tasas de concepción, la anovulación, anestro, y a nivel hormonal, con disminución de los niveles basales, el pico y el número de frecuencia de pulsaciones de la LH; al igual que puede generar quiescencia ovárica y bajos niveles de progesterona durante la fase luteal (Ahamed et al., 2009).

Al inicio del trabajo, de acuerdo con el chequeo ginecológico, el porcentaje de preñez en los animales fue del 6%, aspecto que sin duda se relaciona con una reducida actividad ovárica, y por consiguiente, con bajos índices de fertilidad y productivos; posterior a la aplicación parenteral de cobre, el porcentaje de preñez fue del 73,11%; el cual fue diferente estadísticamente cuando se comparó con el grupo control; además, fue posible observar una reducción de los días abiertos en un total de 57, lo que repercute de manera positiva en la rentabilidad de la ganadería de la región (tabla 2).

Efectos positivos sobre parámetros reproductivos y resultados similares fueron descritos por García et al. (2006), al aplicar vía subcutánea sulfato de cobre en novillas. De la misma forma, en bovinos suplementados con cobre se observaron mayores números de celos, mejores tasas de servicio por concepción y elevados porcentajes de preñez entre el 10 y el 27%, según categorías (Walter et al., 2003).

Con base en estos resultados, es importante destacar que, aunque en muchas ganaderías el problema de la infertilidad es enfocado en el déficit de energía (Kendall et al., 2001), en animales de estas regiones es de suma importancia reconocer la hipocuprosis como otra importante causa, dado que la deficiencia de cobre incluso inducida experimentalmente por la suplementación de molibdeno en ganado reduce la fertilidad de manera severa (Noakes et al., 2009).

**Tabla 2. Efecto de la administración de cobre via parenteral sobre el comportamiento reproductivo en hembras bovinas bajo pastoreo en zonas de molibdenosis.**

<b>Indicadores</b>	<b>Grupo control</b>	<b>Grupo tratamiento</b>
<b>Nº de animales</b>	<b>106</b>	<b>106</b>
<b>Hembras con reinicio de actividad ovárica sin preñez (%)</b>	<b>6</b>	<b>0.6</b>
<b>Intervalo días abiertos (prom.)</b>	<b>245*</b>	<b>188</b>
<b>Hembras preñadas (%)</b>	<b>0</b>	<b>73.11</b>

De acuerdo con la historia reproductiva del hato.

### **Conclusión**

De acuerdo con los resultados, se concluye que la actividad ovárica de las hembras bovinas, mantenidas bajo pastoreo intensivo en zonas con altas concentraciones de molibdeno, es deprimida; por lo que el tratamiento correctivo con una dosis única de cobre por vía subcutánea, aumenta de forma significativa la función ovárica, contribuyendo positivamente en los índices reproductivos en la ganadería de la zona del Magdalena Medio colombiano.

Se recomienda que en nuevos estudios con bovinos de esta región, se haga medición seriada de los niveles de cobre que ayuden a determinar los momentos exactos para la aplicación del medicamento, con el fin de lograr optimizar los protocolos reproductivos.



---

## Referencias bibliográficas

Abba, M.; De Luca, J.C.; Mattioli, G.; Zaccardi, E.; Dulout, F.N. Clastogenic effect of copper deficiency in cattle. **Mutation Research**, v. 466, p. 51-55, 2000.

Ahamed, W.M., Khadrawy, H.H., Hanafi E.M., Hameed A.R., Sabra H.A. Effect of copper deficiency on ovarian activity in Egyptian buffalo-cows. **World J Zoo**, v. 4: p.1-8, 2009.

Ahola, J.K.; Engle, T.E.; Burns, P.D. Effect of copper status, supplementation, and source on pituitary responsiveness to exogenous gonadotropin-releasing hormone in ovariectomized beef cows. **J Anim Sci**, v. 83, p. 1812-1823, 2005.

Allen, W.M.; Mallinson, C.B. Parenteral methods of supplementation with copper and selenium. **VetRec**, v. 114, p. 451-454, 1984.

Arthington, J.D.; Pate, F.M.; Spears, J.W. Effect of copper source and level on performance and copper status of cattle consuming molasses-based supplements. **J AnimSci**, v. 81, p. 1357-1362, 2003.

Balbuena, O.; McDowell, L.R.; Stahringer, R.C. Suplementación con cobre inyectable en terneros y vacas con hipocupremia. **VetArg**, v. 154, p. 272-280, 1999.

Brem, J.J.; Mestre, J.; Pochon, D.O.; Trulls, H.E. Alteraciones del ciclo estral provocadas por un alto ingreso de molibdeno en vaquillonas Brangus y respuesta a la suplementación con cobre. **Rev Vet**, v. 12-13, n. 1-2, p. 28-33, 2001-2002.

Brem, J.J.; Roux, J.P. Aspectos clínico hematológicos de la molibdenosis experimental en bovinos, con y sin tratamiento parenteral de cobre. **VetArg**, v. 8, n. 71, p. 38-49, 1991.

Bustamante, J.; Hernández, W.; González, J.R.; Prieto, F. Copper deficiency secondary to molybdenosis in goats. In: 15th International Congress of Mediterranean **Federation for Health and Production of Ruminants (FEMESPRUM)**. Kuşadası, Turquía; 2007.

Bustamante, J.; Hernández, W.; Gutiérrez, A.J.; Alonso, P.; González, J.R. Secondary copper deficiency in cattle from molybdenum intoxication: Clinic and pathological study. In: 16th International Congress of Mediterranean **Federation for Health and Production of Ruminants (FEMESPRUM)**. Zadar, Croacia; 2008.

Du Plessis, S.S.; Van Niekerk, F.E.; Coetzer, W.A. The effect of dietary molybdenum and sulphate on the oestrus cycle and ovulation in ewes after manipulation with exogenous progesterone alone or in combination with FSH and LH. **Small Ruminant Research**, v. 33, p. 63-69, 1999.

García, J. et al. Suplementación parenteral de cobre en vacas gestantes: efecto sobre postparto y terneros. **Rev. MVZ Córdoba**, v. 12, n. 2, p. 985-995, 2007.

García-Vaquero, M.; Miranda, M.; López-Alonso, M.; Castillo, C.; Benedito, J. Evaluation of the need of copper supplementation in intensively reared beef cattle. **Livsci**, v. 137, p. 273-277, 2011.

Gooneratne, S.R.; Buckley, W.T.; Christensen, D.A. Review of copper deficiency and metabolism in ruminants. **Can J Anim Sci**, v. 69, p. 819-845, 1989.

Hefnawy, A; Khaiat H.E. The Importance of Copper and the Effects of Its Deficiency and Toxicity in Animal Health. **Int. J. Livest. Res**, v. 5(12), p. 1-20, 2015.

Hernández, W. Aspectos clínico patológicos en bovinos que pastorean en zonas con altos índices de molibdeno en el Magdalena Medio colombiano. En: **IV Encuentro Nacional de Investigadores de las ciencias Pecuarias (ENICIP)**. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia; 1997. p. 67.

Humphires, W.R.; Phillippo, M.; Young, B.W.; Bremner, I. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. **Br Nutr**, v. 49, p. 77-86, 1983.

Kendall, N.R.; Illingworth, D.V.; Telfer, S.B. Copper responsive infertility in British cattle: The use of a blood caeruloplasm in to copper ratio in determining a requirement for copper supplementation. In: Diskin, MG. (Ed.). Fertility in the High-Producing Dairy Cow Occasional Publication. **Edinburgh: British Society of Animal Science**, 2001. p. 429-432.

Laredo MA, Cuesta A. Niveles de hierro, molibdeno, cadmio y cobalto en forrajes y la disponibilidad de cobre por los rumiantes en Colombia. **Rev ICA**. 19(1): 141-151, 1984.

Majak, W.; Steinke, D.; Lysyk, T.; Ogilvie, K.; McGillivray, J. Efficacy of Copper Supplementation in the Prevention of Molybdenosis in Cattle. **Rangeland Ecol Manage.**, v.59, p. 285-292, 2006.

Maxie, G.; editor. Jubb, **Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals**. 5th Ed. New York: Elsevier, 2007.

Matern, K.; Rennert, T.; Mansfeldt, T. Molybdate adsorption from steel slag eluates by subsoils. **Chemosphere**, v. 93, p. 2108-2115, 2013.

McDowell, L. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal Feed Science Technology**, v. 60, p. 247-271, 1996.

McDonald, P. et al. **Animal Nutrition**. 7th.Ed. San Francisco:Benjamin-Cummings Publishing Company, 2010.

Moeller, R.B. Copper. In: **Clinical Veterinary Toxicology**. Plumlee K.H. (ed.) Mosby, pp. 195-197, 2004.

Moussa, M.; Shu, J.; Zhang, X.; Zeng, F. Maternal control of oocyte quality in cattle “a review”. **Animal Reproduction Science**, v. 155, p. 11-27, 2015.

Noakes, D.; Parkinson, T.; England, G. **Veterinary reproduction and obstetrics**. 9a. Ed. London: Saunders Elsevier, 2009.

Olson, K.C. Management of Mineral Supplementation Programs for Cow-Calf Operations. **Vet Clin Food Anim**, v.23, p. 69-90, 2007.

Phillippo, M.; Humphries, W.R.; Garthwaite, P.P. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status and growth in cattle. **J Agric Sci**, v.109,p. 315-320, 1987.

Picco, S. et al. Effects of copper sulphate concentrations during in vitro maturation of bovine oocytes. **Theriogenology**, v. 77, p. 373-381, 2012.

Pechin, G.H.; Idiart, J.L.; Cseh, S.; Corbellini, C.N.; Moralejo, R. Evaluación de dos vías de administración de cobre (oral y parenteral) en bovinos de carne. **Vet Arg.**, v. 16, p. 651-657, 1999.

Polo, C.A. Hipocuprosis y selenosis bovina. Revista Universidad de Caldas, 1993.

Radostitis, O.M.; Gay, C.C.; Blood, D.C. **Veterinary Medicine**. 10th. Ed. London: Bailliere Tindall, 2006.

Ramírez, C.E.; Tittarelli, C.M.; Mattioli, G.A.; Giuliadori, M.; Puchiri, M. Hipocupremia bovina en cinco partidos de la provincia de Buenos Aires. Argentina. **Vet Arg.**, v. 14, n. 131, p. 12-17, 1997.

---

**Cómo citar:** Hernández-Arroyave, W.; Ocampo-Ortiz, P.E.; Montoya-Flórez, L.M.; Bustamante-Cano, J.J. Suplementación parenteral de cobre y su relación con índices de

fertilidad en bovinos de regiones con altos niveles de molibdeno en el Magdalena Medio colombiano. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, v. 10, n. 1, p. 01-12, 2016. **DOI: 10.17151/vetzo.2016.10.1.1**

---

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](#)

