

Determinación de los contenidos de cobre en función de su interrelación en los suelos, forrajes y ganado bovino en la región del Magdalena Medio*

Walter Hernández-Arroyave¹ , Fabián Jiménez-Arango¹ 

1 Grupo de Investigación en Reproducción Animal (GIRA), Programa de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Santander. Bucaramanga, Colombia.

fjimenezoot@yahoo.com

Recibido: 17 de abril de 2017 y Aprobado: 03 de agosto de 2017, Actualizado: 20 de diciembre de 2017

DOI: 10.17151/vetzo.2018.12.1.1

RESUMEN: Los desbalances de minerales en suelos o forrajes han sido considerados como responsables de la baja producción y de los problemas reproductivos de los rumiantes en pastoreo en el trópico, de estos las deficiencias de cobre son las más frecuentes a nivel mundial. El objetivo principal del presente trabajo fue determinar las fluctuaciones de cobre en suelos y forrajes en épocas de máxima y mínima precipitación y su correlación con el contenido del mineral a nivel hepático en bovinos manejados en pastoreo. El estudio fue realizado en Barrancabermeja, Sabana de Torres y Cimitarra, municipios del Magdalena Medio, de estos se seleccionaron tres fincas por cada uno. Mensualmente, durante un año, se tomaron en cada predio muestras de suelo y forraje; remitiendo al laboratorio las correspondientes a los cuatro meses de mayor y menor precipitación. Para la cuantificación de cobre en hígado, en la sala de sacrificio de cada municipio, se seleccionaron mensualmente al azar tres animales procedentes de las veredas objeto de estudio. Para el análisis de la fluctuación de cobre en suelo y forraje se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, considerando la época del año como tratamiento y los meses como repeticiones; realizando las regresiones y correlaciones entre el contenido de cobre en suelos, pastos e hígado. En los tres municipios el contenido de cobre en el suelo fue mayor a 3,0 mg/kg, sin diferencia significativa ($P>0,05$) entre épocas. Los niveles de cobre en los pastos e hígado fueron inferiores a 10 mg/kg y 110,75 mg/kg respectivamente, indicando hipocuprosis en dos municipios y marginalidad en otro. Se presentaron correlaciones de baja ($r=0,124$) a media ($r=0,484$) y regresiones positivas entre el contenido de cobre en pasto e hígado.

Palabras clave: forrajes, hipocuprosis, minerales, suelo.

Determination of copper contents according to their interrelations in soils, forages and cattle in the Magdalena Medio region

ABSTRACT: The imbalances of minerals in soils or forages have been considered as responsible for the low production and the reproductive problems of grazing ruminants in the tropic, from which copper deficiencies are the most frequent worldwide. The main objective of this work was to determine copper fluctuations in soils and forages at times of maximum and minimum precipitation and its correlation with the content of the mineral at the hepatic level in grazing cattle. The study was conducted in Barrancabermeja, Sabana de Torres and Cimitarra, municipalities of the Magdalena Medio Santandereano, where three farms were selected, one for each municipality. Samples of soil and forage were taken on each farm monthly during one year, and those corresponding to the four months of major and minor precipitation were sent to the laboratory. For the quantification of copper in liver, three animals were randomly selected in the slaughter room of each municipality under study. For the analysis of copper fluctuation in soil and forage, a completely random experimental design was used, considering the time of the year as treatment and the months as repetitions, making regressions and correlations between copper content in soils, pastures and liver. Copper content in the soil was higher than 3.0 mg/kg in the three municipalities, with no significant difference ($P>0.05$) between seasons. The level of copper in the pastures and liver were lower than 10 mg / kg and 110.75 mg/kg, respectively, indicating hypocuprosis in two municipalities and marginality in the other one. There was correlations from low ($r = 0.124$) to medium ($r = 0.484$) and positive regressions between copper content in pasture and liver.

Key words: forages, hypocuprosis, minerals, soil.

Introducción

Los suelos del Magdalena Medio santandereano se caracterizan por presentar un pH que oscila entre ácido a extremadamente ácido, bajos contenidos de fosforo, bases intercambiables, materia orgánica y altos niveles de saturación de aluminio. Se estima que, del total de la superficie de la región, un 65 % se halla en avanzado estado de degradación; como consecuencia de ello su producción por unidad de superficie es muy baja (0,4 a 0,7 UGG/ha) (Medrano, 2002; Mateus, 2009).

Cuesta y Villaneda (2005) afirman que el contenido de Cu en los suelos puede clasificarse bajo (menor de 2,00 mg/kg), medio (2,00 a 3,00 mg/kg) y alto cuando es superior a 3,00 mg/kg. Por su parte Kabata y Pendias (2001) manifiestan que la concentración inicial de Cu en los suelos depende fundamentalmente de dos factores: la

roca madre y los procesos de formación del mismo; así, por ejemplo, el contenido de Cu suele ser más alto en suelos ricos en hierro y más bajo en suelos arenosos y orgánicos; por ello el contenido de este no varía en el suelo con las épocas de precipitación.

Los pastizales naturales constituyen el principal recurso de alimentación para el ganado en la mayoría de los países en desarrollo (Kabubo, 2008). En los sistemas pastoriles, los proveedores naturales de minerales para el ganado son las pasturas y el agua de bebida. Los pastos los obtienen de los compuestos asimilables presentes en el suelo donde crecen, razón por la cual su presencia y disponibilidad resultan críticos en las explotaciones que basan su sistema productivo en el pastoreo (Forero, 2004). Se sabe, además, que las plantas que consumen los animales difieren en su composición mineral; existiendo diferencias entre las diversas especies de gramíneas y, aun mayor, entre las leguminosas y estas; así, en cuanto a la estructura de la propia planta, pueden presentarse diferencias entre sus componentes como entre hojas y tallos (McPherson, 2000).

En condiciones tropicales, donde predominan los sistemas pastoriles, las deficiencias en minerales estarán correlacionadas con las características de los forrajes; los cuales constituyen la principal fuente de alimento, especialmente en aquellos países en los que es escaso el manejo en confinamiento (Patiño et al., 2011). Las necesidades de minerales en los animales en pastoreo difícilmente son satisfechas debido a las limitaciones climáticas y del suelo que imponen restricciones nutricionales a los pastos. De esta manera la escasa disponibilidad de minerales en el suelo afecta a los forrajes (Salamanca, 2010).

Por otro lado se ha encontrado que la carencia o desequilibrio de minerales en el suelo se refleja en el valor nutritivo de los pastos, siendo una de las causas de la baja productividad y de los problemas de reproducción del ganado vacuno; esto se manifiesta en una tasa de concepción no mayor a 45 %, un porcentaje de abortos que puede alcanzar el 10 % y una edad y peso al primer servicio y al primer parto que están fuera de los valores eficientes para una ganadería productiva (Garmendia, 2006).

La concentración de minerales en el suelo depende de su pH y de la fertilidad, mientras que en las plantas varía de acuerdo a la madurez de las especies como también de la estación de lluvia o sequía. En suelos ácidos ($\text{pH} < 6,0$) puede verse limitada la absorción de P, K, S, Ca, Mg y Se por parte de la planta. Sin embargo puede verse incrementada la absorción de Fe, Mn, Bo, Cu y Zn. Mientras que en suelos alcalinos pueden observarse excesos de Mo y Se y deficiencias de Fe, Cu, Zn, Mn, I y Co (CSIRO, 2007).

Estudios realizados por Laredo (1985) indican que la mayoría de las zonas de explotación ganadera en el país son deficientes en macro minerales como el fósforo y en algunos elementos secundarios como magnesio y azufre. Además, los micro minerales zinc y Cu se encuentran por debajo de los niveles mínimos requeridos por los bovinos de 60,0 y 10,0 mg/kg respectivamente. Estos estudios coinciden con los reportados por

Canchala (2008), quien señala bajos contenidos de minerales en los forrajes existentes en el Sur del Cesar (Colombia).

Investigaciones realizadas por Boila et al. (1987) argumentan que el déficit de Cu posee una incidencia geográfica debido a que el medio ambiente provoca el desequilibrio en el animal, por lo que este puede caracterizarse por la asociación suelo-planta-animal. Los mismos autores afirman que, aunque costosa en tiempo y dinero, la caracterización de la hipocuprosis en una zona permite definir el desbalance mineral en términos reales, ajustar las medidas de control recomendables y alertar sobre la posible ocurrencia de pérdidas subclínicas. Concluyen que en la caracterización de la enfermedad se han empleado estudios de suelo y de sedimentos de drenaje, relevamientos de forrajes y estudios poblacionales.

En Colombia los reportes publicados con referencia a los micronutrientes, y con especial atención a uno de los más importantes para la vida y la productividad del bovino como es el caso del Cu, son más bien escasos; es por eso que la realización del presente trabajo tuvo como objetivo principal caracterizar las deficiencias de Cu en bovinos y su interrelación suelo-forraje-animal en algunas zonas del departamento de Santander, ubicadas en el Magdalena Medio; localidades cuyo eje pecuario principal está basado en la ganadería de manera extensiva y donde se presentan animales con síntomas sugestivos de deficiencias de este micro mineral.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en la zona rural de las provincias de Mares (Barrancabermeja y Sabana de Torres) y Opón-Carare (municipio de Cimitarra), ubicados a una altura que oscila entre 60 a 750 m s. n. m. CORPOICA (2000) manifiesta que en las provincias de Mares y Carare predomina la zona agroecológica Kr; la cual se caracteriza por presentar un relieve ondulado con pendientes hasta del 25 % de suelos bien drenados, superficiales a moderadamente profundos, de fertilidad baja y precipitación promedio anual de 2000 a 3500 mm.

En cada municipio se seleccionaron tres fincas cuyas características se encuentran dentro de los parámetros promedios de la región en cuanto a tamaño de predio, capacidad de carga y fenotipo de los animales, pasturas, parámetros productivos y reproductivos entre otros, instalando en las mismas un pluviómetro de 15 cm para determinar la precipitación diaria durante los 12 meses de la fase experimental.

De acuerdo con información del ICA (2012), los municipios en estudio poseen 4006 predios ganaderos con una población de 396700 cabezas; a cuyas salas de sacrificio entran mensualmente entre 250 a 300 cabezas.

Para el cálculo de la muestra del número de animales a los cuales se les cuantificó Cu, en hígado, se utilizó la siguiente fórmula propuesta por la FAO (1979):

$$n = \frac{P(100-P)\alpha^2 F_n}{(P \times E)^2} \quad F_n = n/N$$

$$100$$

n: muestra; P: prevalencia; α : nivel de confianza; E: error; N: población; F_n : fracción muestral.

En cada finca se seleccionó un potrero y en este una superficie aproximada de media hectárea, en la cual se tomaron muestras mensuales de suelos y forraje durante los 12 meses de la fase de campo.

Los muestreos de suelos se efectuaron cada 30 días en los últimos 5 días de cada mes; para ello se abrieron huecos de 20x20x20 cm, tomando con una barra o barreno dos submuestras en sitios diferentes que se mezclaron entre sí, extrayendo posteriormente una libra que fue secada a la sombra y remitida al laboratorio para análisis de Cu (digestión cerrada nítrico:clorhídrico 7:1). Este procedimiento se repitió mensualmente durante la fase experimental; de tal forma que al terminar el mismo se poseían 12 muestras por predio. De acuerdo con la lectura del pluviómetro, al laboratorio de suelos ubicado en Bogotá se remitieron las muestras correspondientes a los cuatro meses de mayor y menor precipitación en el año para un total de 72 muestras (ocho por finca y/o predio).

Para evitar daño en las muestras se guardaron en bolsas plásticas en un sitio seco debidamente identificadas con el nombre del predio y el respectivo mes.

Del potrero seleccionado de cada finca fueron tomadas dos submuestras mensuales de forraje de acuerdo con los criterios de la Red de Pastos y Forrajes de CORPOICA, las cuales se mezclaron entre sí; extrayendo posteriormente una muestra de 500 g para determinar materia seca al medio ambiente hasta obtener peso constante. El contenido de Cu se determinó en un laboratorio de nutrición animal ubicado en Bogotá, utilizando la prueba de espectrofotometría y digestión cerrada. Al laboratorio se remitieron 72 muestras (ocho muestras por predio y/o finca) correspondientes a los cuatro meses de mayor y menor precipitación. Como en el caso de los suelos el forraje de cada predio y corte fue conservado en bolsa de papel debidamente rotulada con el nombre de la finca, tipo de pasto y mes correspondiente.

Para la cuantificación del Cu en hígado se seleccionaron al azar 3 animales mensuales por municipio, de aquellos que llegaban a las diferentes salas de sacrificio municipal procedentes de veredas cercanas donde se encontraban las fincas seleccionadas. Las muestras de hígado corresponden a bovinos mayores de dos años y un peso superior a 380 kg. En la sala de evisceración, con la ayuda de un cuchillo de pasta descartable, se tomó un segmento de hígado de aproximadamente 80 gramos del lóbulo derecho; siendo depositado en bolsas de polietileno y guardado a temperatura de -10 °C para envío al laboratorio y posterior análisis por espectrofotometría de absorción atómica.

Para el análisis de la fluctuación de Cu en suelo y forraje, en épocas de máxima y mínima precipitación, se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio (Laredo y Nossa, 1981; Little y Jackson, 1984; Jiménez, 2000) considerando la época del año como el tratamiento y los meses como repeticiones; empleando la prueba de rango múltiple de Duncan para comparar las diferencias entre promedios. Adicionalmente se realizaron regresiones simples y correlaciones para el contenido de Cu en suelo-forraje y en forraje-hígado; para establecer la relación de las concentraciones de Cu en suelo-planta-animal se llevaron a cabo regresiones múltiples por municipio.

Resultados y Discusión

El nivel de Cu en el suelo de los predios de los tres municipios ([Tabla 1](#)) osciló entre medio y alto, de acuerdo con las categorías propuestas por Cuesta y Villaneda (2005). En esta tabla puede observarse que solo un predio en Barrancabermeja (durante la época seca) y otro en Sabana de Torres (durante la época de lluvias) difieren estadísticamente ($P < 0,05$) en el contenido de Cu en el suelo; respecto a los otros predios del mismo municipio y en Cimitarra, el contenido de este micro mineral es igual en época seca y de lluvia. Los resultados anteriores coinciden con Kabata y Pendias (2001), quienes afirman que la variación del Cu en el suelo depende más de la textura de este que de otros factores. Por otra parte, León (2009) señala que el contenido de este micronutriente en el suelo está más relacionado con las concentraciones de otros minerales como hierro y aluminio; elementos que no fueron contemplados dentro del presente trabajo, por lo que no es posible realizarse contraste alguno.

Tabla 1. Contenido de Cu en el suelo de los predios motivo de estudio

Tratamientos	Contenido Cu	Contenido Cu	Contenido Cu
	Barrancabermeja mg/kg*	Sabana de Torres mg/kg*	Cimitarra mg/kg*
Epoca seca finca 1	5,76b	3,68b	3,88a
Epoca lluvia finca 1	7,04b	2,58b	2,57a
Epoca seca finca 2	15,86a	6,09b	6,07a
Epoca lluvia finca 2	5,85b	10,89a	8,04a
Epoca seca finca 3	5,84b	2,88b	7,83a
Epoca lluvia finca 3	5,48b	2,00b	5,41a
Promedio E. seca	9,15±5,80	4,21±1,66	5,92±1,97
Promedio E. lluvia	6,12±0,81	5,15±4,97	5,34±2,73

*Con diferente letra en la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

El Cu en los forrajes es después del P, el elemento más limitante en la producción animal en pastoreo. El bajo contenido de este elemento en los forrajes está correlacionado con una deficiencia en los animales que se manifiesta por anemia, diarrea severa, alteraciones en el crecimiento, fracturas espontaneas e infertilidad (Balbuena, 2013).

Respecto al contenido de Cu en los forrajes en la [tabla 2](#) puede apreciarse que los niveles promedio de este elemento en los pastos en Barrancabermeja (4,06 mg/kg ms), Sabana de Torres (4,87 mg/kg ms) y Cimitarra (4,09 mg/kg ms) se encontraron por debajo de los niveles mínimos (10.0 mg/kg ms) recomendados por Laredo (1981) e inferiores a los obtenidos por Sánchez (2007) y Canchala (2008) en pasturas tropicales de Costa Rica y praderas del Sur del Cesar (Colombia) donde se han observado niveles promedio de Cu de 5,5 y 6,3 mg/kg respectivamente.

En los tres municipios ([Tabla 2](#)) el contenido promedio de Cu en pastos en época de lluvia de 4,49 mg/kg, descendió a 4,18 mg/kg en época seca; lo que coincide con las investigaciones llevadas a cabo por Jiménez (2000), quién reporta disminuciones del 8,6 % en el contenido de Cu en el pasto *Paspalum sp* en época seca en clima medio húmedo de cordillera. Sin embargo Laredo y Nossa (1981), en estudios realizados en el Sur del Cesar (Colombia) con pastos *Dichanthium aristatum*, *Brachiaria mutica* y *Echinochloa polystachya*, encontraron incrementos en el contenido de Cu en época seca de 33 % con relación a la época de lluvia. Trabajos realizados por Lebosoekojo et al. (1980) y Gómez y Laredo (1983), en la Región Caribe colombiana, indican que son las especies de forraje y no las estaciones las que marcan las deficiencias de algunos minerales en las praderas del trópico. No obstante, Jiménez (2000) manifiesta que el contenido de este micro elemento oscila en los forrajes dependiendo de factores medio ambientales como la precipitación.

Tabla 2. Contenido Cu en el pasto de los predios motivo de estudio

Tratamientos	Barrancabermeja*	Sabana de Torres**	Cimitarra***
	Cu mg/kg	Cu mg/kg	Cu mg/kg
Epoca seca finca 1	2,47b	4,26a	3,78abc
Epoca lluvia finca 1	2,99b	3,71a	2,51cd
Epoca seca finca 2	7,96a	5,03a	2,26d
Epoca lluvia finca 2	4,99ab	7,58a	4,79abc
Epoca seca finca 3	2,00b	4,16a	5,76a
Epoca lluvia finca 3	3,97b	4,52a	5,44ab
Promedio E. Seca	4,14±3,31	4,48±0,46	3,93±1,75
Promedio E. Lluvia	3,96±1,50	5,27±2,03	4,24±1,53
Promedio General	4,06	4,87	4,09

*Pasto *Brach. Humidicola*; **pastos *Brach. humidicola* y *Ecchi Polystachy*; ***pastos *Brach. decumbens* y *H. aturensis*.

*Con diferente letra en la misma columna difieren estadísticamente (P<0,01).

Como se observa en la [tabla 2](#) solo la finca 2 (Cimitarra), presentó diferencia significativa (P<0,01) en el contenido de Cu entre época seca y de lluvia. En el predio 2 (Barrancabermeja), 1 y 3 (Cimitarra), con pastos *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria decumbens* y *Homolepis aturensis* respectivamente, el contenido de cobre fue superior en época seca; aunque no difiere estadísticamente del contenido de este micro elemento en época de lluvia en la misma finca; esto coincide con los resultados obtenidos por Laredo y Nossa (1981) en el Sur del Cesar (Colombia). El mayor contenido de Cu en la finca 2 (Barrancabermeja, época seca), finca 2 (Sabana de Torres, época de lluvia) y finca 2 (Cimitarra, época de lluvia), obedece a un mayor contenido de cobre Cu en el suelo; existiendo una regresión positiva entre estas variables.

Con referencia al estado de Cu en los animales del área de estudio puede aseverarse que entre los métodos de diagnóstico para evaluar su estado en los bovinos la estimación de ceruloplasmina en plasma resulta ser muy ventajosa, sensible y práctica. Sin embargo la determinación de Cu hepático se considera la técnica más efectiva para detectar la deficiencia del mineral, estando influida por la edad del animal y su contenido en la dieta.

En la [tabla 3](#) se muestran los niveles promedio de Cu en el hígado de los bovinos durante la época seca y de lluvia en los tres municipios objeto de estudio. Se puede apreciar que, con excepción del municipio de Cimitarra durante la época seca, los valores de Cu hepático son muy bajos; teniendo en cuenta que los niveles considerados normales del mineral en bovinos pastoreando en praderas naturales en el trópico se ubican en un rango de 100 a 400 mg/kg de muestra y que, además, un nivel de reserva de Cu hepático entre 2-75 mg/kg (ms) se considera una amplitud crítica para la deficiencia (Suttle, 2010). Por tanto, aunque en el municipio de Cimitarra los bovinos expresen un valor adecuado de Cu en hígado en la época seca, este nivel descendió drásticamente en la temporada lluviosa; conllevando con ello a un estado deficitario de

Cu en los animales. En cuanto a la influencia climática, la mayor ocurrencia de hipocuprosis severa se presenta durante épocas de lluvia en las que el anegamiento de las praderas favorece la capacidad de las plantas para absorber minerales antagonistas como el molibdeno y sulfatos que interfieren la absorción de cobre a nivel ruminal (Repetto et al., 2004).

Tabla 3. Valores promedios de Cu hepático (mg/kg) en bovinos de tres municipios del Magdalena Medio en dos épocas -fareast-language:ES'>Polystachy; ***pastos *Brach. decumbens* y *H. aturensis*.

Municipio	Epoca seca	Epoca lluvia	Promedio
Barrancabermeja	52,23	40,82	46,52
Sabana de Torres	18,33	45,32	31,82
Cimitarra	179,26	42,24	110,75

*Con diferente letra en la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0,01$).

Al observar los valores de Cu hepático presentados en la [tabla 4](#) puede inferirse que los bovinos en estudio de las tres fincas de Barrancabermeja presentan un estado deficitario tanto en época de lluvia como en época seca; ya que los niveles normales reportados por Telfer (1996) y Repetto et al. (2004) oscilan entre 100 a 400 mg/kg de muestra. Es por ello que la totalidad de los bovinos de las tres fincas estudiadas en el municipio se consideran deficitarios en Cu.

Tabla 4. Fluctuación de Cu en hígado en tres municipios motivo de estudio

Tratamiento	Barrancabermeja	Sabana de Torres	Cimitarra
	Cu mg/kg*	Cu mg/kg**	Cu mg/kg**
Epoca seca finca 1	21,50c	3,66b	110,25b
Epoca lluvia finca 1	18,92c	15,76b	52,36b
Epoca seca finca 2	97,32a	12,55b	35,12b
Epoca lluvia finca 2	58,07b	16,18b	55,10b
Epoca seca finca 3	37,88bc	38,78b	392,41a
Epoca lluvia finca 3	45,48b	104,03a	19,28b
Promedio E. Seca	52,23±39,89	18,33±18,25	179,26±178,37
Promedio E. Lluvia	40,82±19,98	45,32±50,83	42,24±19,93

*Con diferente letra en la columna difieren estadísticamente ($P < 0,01$).

** Con diferente letra en la columna difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

La finca 3 de Sabana de Torres presentó una diferencia significativa ($P < 0,05$) respecto a las otras fincas en época de lluvia y sequía. A pesar de que en esta finca se alcanzó en época de lluvia un valor contemplado dentro del rango de normalidad para los niveles de Cu, los mismos descendieron drásticamente en la época seca; implicando con ello el regreso al estado deficitario del mineral.

En Cimitarra puede observarse que en la época seca los animales de las fincas 1 y 3 mostraron niveles del mineral en el tejido hepático que pueden considerarse dentro del

rango normal del estado de Cu para el bovino. Esta última explotación difiere significativamente ($P < 0,05$) en el contenido de Cu hepático de las otras fincas, pero en la época de lluvia su contenido se redujo drásticamente; esto hace sospechar de un estado deficitario del mineral en el municipio durante la mayor parte de la época seca y toda la época de lluvias.

Como se observa en la [tabla 5](#), los tres municipios presentaron regresiones positivas entre el contenido de Cu en el suelo y forraje con correlaciones positivas medias para Barrancabermeja y Sabana de Torres. Las correlaciones de Cu en forrajes e hígado fueron positivas medias para los municipios de Barrancabermeja y Sabana de Torres ($r=0,424$; $r=0,484$ respectivamente); mientras que los valores de Cu arrojados para Cimitarra revelaron una correlación débil ($r=0,185$) entre estas dos variables. Lo anterior, indica el estado deficitario de Cu en los bovinos debido a la poca disponibilidad de este elemento en las praderas. Al respecto, McDowell et al. (1996) plantean que la concentración de minerales en las plantas está asociada con los niveles correspondientes que existen en el perfil del suelo y su absorción está correlacionada significativamente con su contenido y disponibilidad. En el presente estudio se obtuvo un coeficiente de determinación promedio ($r^2=0,233$) para la correlación suelo-forraje, lo que indica que el contenido de Cu en el forraje se debe en un 23,3 % al contenido de este en el suelo y un coeficiente de determinación ($r^2=0,151$); considerado muy bajo para la correlación promedio forraje-hígado.

Suttle (1986) afirma que, así como otras deficiencias minerales, la hipocuprosis puede ser causada por un bajo aporte del elemento en la dieta (deficiencia simple o primaria) o bien puede ocurrir que el aporte de Cu sea adecuado; aunque otros factores de la dieta interfieran con el aprovechamiento de Cu ingerido (deficiencia condicionada o secundaria). En este sentido Hernández et al. (2008) describieron una hipocuprosis, secundaria a molibdenosis, en bovinos del Magdalena Medio colombiano.

Tabla 5. Contenido de Cu en suelos, forraje e hígado ; $0,05$).

Municipio	Regresión y correlación	Regresión y correlación
	suelo-forraje*	forraje-hígado**
Barrancabermeja	$Y=0,39+0,25X$	$Y=6,74+12,79X$
	$r=0,595$	$r=0,424$
	$r^2=0,354$	$r^2=0,179$
Sabana de Torres	$Y=3,74+0,26 X$	$Y=11,75X-25,85$
	$r=0,514$	$r=0,484$
	$r^2=0,264$	$r^2=0,234$
Cimitarra	$Y=3,20+0,13X$	$Y=18,51+23,97X$
	$r=0,285$	$r=0,185$
	$r^2=0,081$	$r^2=0,040$

*X=suelo; Y=forraje.

**X=forraje; Y=hígado.

Al efectuar la correlación múltiple teniendo como variable dependiente el Cu a nivel hepático, y el contenido de este micro mineral en el suelo y forraje como variables independientes, se encontró para Sabana de Torres un coeficiente de determinación ajustado ($r^2=0,437$); esto indica que el contenido de Cu a nivel hepático está medianamente correlacionado con el contenido a nivel de suelo y forraje. Sin embargo en Barrancabermeja y Cimitarra se encontraron unos coeficientes de determinación ajustados ($r^2=0,110$, $r^2=0,021$ respectivamente) con una intercepción para el primero de 3,718 que, aunque positiva, afecta muy poco el contenido de Cu a nivel hepático. En Cimitarra la intercepción fue negativa, lo que demuestra que no existe en este municipio una correlación entre las variables independientes y el contenido de Cu a nivel hepático.

Conclusiones

A pesar de que los niveles de Cu hallados en los suelos del área de estudio pueden ser considerados como apropiados para suplir los requerimientos del mineral en los bovinos bajo condiciones de pastoreo, no puede afirmarse lo mismo de las pasturas establecidas que constituyen las praderas nativas del lugar. Es posible que los bajos niveles hepáticos de Cu presentados por los bovinos en estas áreas no sean debido a deficiencias primarias del mineral en el suelo, sino ocasionados posiblemente por efectos antagónicos o interferencias provocadas por la presencia de otros minerales que impiden la absorción en el animal.

Referencias bibliográficas

- Balbuena, O. **Deficiencias de cobre en bovinos**. Buenos Aires, Argentina: INTA, 2013.
- Boila, R.J.; Devlin, T.J.; Wittenberg, K.M. Geographical variation of the total sulfur content of forages grown in northwestern Manitoba. **Can J Anim Sci**, v. 67, p. 421-429, 1987.
- Canchala, D. **Fluctuación de minerales en las praderas del Sur del Cesar**. Medellín, Colombia: SOMEX, 2008.
- CORPOICA. **Atlas de los sistemas de producción bovina del trópico bajo colombiano**. Bogotá, Colombia: CORPOICA, 2000.
- CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Collingwood, Canada: CSIRO, 2007.
- Cuesta, P.; Villaneda, E. **El análisis de suelo: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera**. En: CORPOICA. Producción y

utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y valles interandinos. Bogotá, Colombia: CORPOICA, 2005.

- FAO. **Procedimientos para estudios de prevalencia de enfermedades crónicas por muestreo**. Buenos Aires, Argentina: FAO, 1979. 33p.
- Forero, L. **Fallas reproductivas asociadas a deficiencias de microminerales: caso colombiano**. Disponible en: [Link](#).
- Garmendia, J. **Los minerales en la reproducción bovina**. Disponible en: [Link](#).
- Gómez, J.; Laredo, M.A. Fluctuaciones minerales en pastos tropicales. II. *Andropogon gayanus*, en los Llanos orientales. **Revista ICA**, v. 18, n. 2, p. 95-104, 1983.
- Hernández, W.; Bustamante, J.; Gutiérrez, C. et al. **Secondary copper deficiency in cattle from molybdenum intoxication: clinic and pathological study**. En: Zadar, T.; Jazbec, I.; Fatur, B. International Scientific and professional Congress Congress of Mediterranean Federation for Health and Production of Ruminants. Ljubljana, Slovenia: Tiskarna Univerze, 2008.
- ICA. **Censo vacunación nacional fiebre Aftosa 2012**. Bogotá, Colombia: ICA, 2012.
- Jiménez, F. **Fluctuación de minerales en las praderas de clima medio húmedo de cordillera**. Bucaramanga, Colombia: CORPOICA, 2000. 25p.
- Kabata-Pendias, A.; Pendias, H. **Trace elements in Soils and Plants**. 3rd ed. Florida, USA: CRC Press, 2001. 413p.
- Kabubo-Mariara, J. Climate change adaptation and livestock activity choices in Kenya: An economic analysis. **Nat. Resour. Forum**, v. 32, p. 131-141, 2008.
- Laredo, M.A. Utilización de minerales en la nutrición animal. **Guía para la producción de carne en Colombia**, v. 2, n. 3, p. 40-51, 1981.
- Laredo, M.A.; Nossa, M.O. **Los minerales en praderas con pastos introducidos en una zona ganadera del sur del Cesar**. Bogotá, Colombia: ICA, 1981. 24p.
- Laredo, M.A. Nutrición mineral en diferentes regiones ganaderas de Colombia. En: **Simposio de nutrición de ganado de carne**. Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle, 1985. p.56.
- Lebdoekojo, S.; Amerman, C.B.; Raun, N.S. et al. Mineral nutrition of beef cattle grazing native pastures on the eastern plains of Colombia. **J. Anim. Sci**, v. 51, n. 6. p. 1249-1260, 1980.
- León, C. **Movilidad de nutrientes**. Bucaramanga, Colombia: CORPOICA, 2009. 4p.
- Little, Th.; Jackson, F. **Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura**. Ciudad de México, México: Ed. Trillas, 1984. 269p.
- Mateus, H. **Establecimiento de praderas en el Magdalena Medio Colombiano en bosque húmedo**. Bogotá, Colombia: CORPOICA, 2009. 29p.
- McDowell, I.R.; Conrad, J.H.; Ellis, G.I. et al. **Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales**. 1. ed. Gainesville, Estados Unidos: Centro de Agricultura Tropical, Universidad de la Florida, 1996. 90p.
- Medrano, J. **Plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana**. Bogotá, Colombia: CORPOICA, 2002. 29p.
- McPherson, A. **Trace-mineral status of forages**. En: Givens, D.I.; Owen, E.; Axford, R. et al. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Wallingford, Inglaterra: Ed. CAB International, 2000. p. 345-371.

- Patiño, P.; Da Silva F.; Pérez, P.J. Modelos de predicción de exigencias minerales para rumiantes. **Rev. Colombiana Cienc. Anim**, v. 3, n. 2, p. 344-365, 2011.
- Salamanca, A. **Suplementación de minerales en la producción bovina**. Disponible en: [Link](#).
- Sánchez, J. Utilización eficiente de pasturas tropicales en la alimentación de ganado bovino. En: **XI Encuentro de pastos y forrajes en sistemas de producción animal**. Barquisimeto, Venezuela, 2007.
- Repetto, J.C.; Donovan, A.; García, A. F. **Carencias minerales, limitantes de la producción**. Disponible en: [Link](#).
- Suttle, N.F. Copper deficiency in ruminants; recent developments. **Vet Rec**, v. 119, n. 21, p. 519-522, 1986.
- Telfer, S.B. The use of ceroloplasmin activities and plasma Koper concentrtrions as indicators of Copper status in cattle. En: **Proceeding of the XIX World Latrines Congress**. British Cattle Veterinary Association, Edinburgh, United Kingdom, 1996.

Como citar: Hernández-Arroyave, W.; Jiménez-Arango, F. Determinación de los contenidos de cobre en función de su interrelación en los suelos, forrajes y ganado bovino en la región del Magdalena Medio. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, v. 12, n. 1, p. 01-13, 2018. Recuperado de: <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/index.php/component/content/article?id=241>. DOI: **10.17151/vetzo.2018.12.1.1**

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

