

Effects of copper parenteral supplementation on the weight gain in fattening bulls

Efecto de la suplementación parenteral del cobre sobre la ganancia de peso de toros en ceba

Juan García-Díaz^{1*} Ph.D, Ernesto Noval-Artiles¹ M.Sc, Alcides Pérez-Bello¹ Ph.D, Miguel Hernández-Barreto¹ Ph.D, Yausel Pérez-González² M.Sc.

¹Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba. ²Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Sede Universitaria municipal de Remedios, Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba. *Correspondencia: juanramon@uclv.edu.cu

Received: February 2016; Accepted: November 2016.

ABSTRACT

Objective. In order to evaluate the effect of copper parenteral supplementation on cupremia and weight gain in fattening bulls. **Materials and methods.** Fifty animals hybrids holstein and zebu were selected, with 18-20 months of age, 210 - 220 kg body weight, clinically healthy and in a system of intensive fattening. Two groups of 25 animals were divided, one control and another supplemented with 50 mg of intravenous Cu every 2 months to complete 3 applications; hemochemical indicators and weight gain were evaluated. The variables were compared using the t-Student test for independent samples and growth curves its parameters were determined. **Results.** Cu supplementation increased ($p < 0.001$) the cupremia, hemoglobin and hematocrit, and ($p < 0.01$) the average daily gain and the weight of the bulls, with increases in weight between .86 y 9.54 % for the treated group. Final Live weight (446 and 586 kg) and average daily gain (534 and 684 g/d) in control and treated group, respectively, were higher in the supplemented animals with Cu. **Conclusions.** The parenteral supplementation of 50 mg of Cu increased serum levels of Cu, hemoglobin, hematocrit and live weight gain in fattening bulls.

Keywords: Copper, gain live weight, supplementary feeding, live weight (*Fuentes:* DeCS, CAB).

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el efecto de la suplementación del cobre por vía parenteral sobre la cupremia y ganancia de peso en toros en ceba. **Materiales y métodos.** Se seleccionaron 50 animales mestizos Holstein x Cebú con 18 a 20 meses de edad, 210-220 kg de peso vivo, clínicamente sanos y en un sistema de ceba intensiva. Se dividieron 2 grupos de 25 animales, uno control y otro suplementado con 50 mg de Cu por vía parenteral cada 2 meses hasta completar 3 aplicaciones; se evaluaron los indicadores hematoquímicos y la ganancia de peso. Las variables se compararon mediante la prueba de t-Student para muestras independientes y se determinaron las curvas de crecimiento y sus parámetros. **Resultados.** La suplementación con Cu incrementó ($p < 0.001$) la cupremia, la hemoglobina y el hematocrito y ($p < 0.01$) la ganancia media diaria y el peso vivo de los toros, con incrementos del mismo entre el 4.86 y 9.54 %, a favor del grupo tratado. El peso vivo final (446 y 586 kg) y la

ganancia media diaria de peso (534 y 684 g/d) en los grupo control y tratado, respectivamente, son superiores en los animales suplementados con Cu. **Conclusiones.** La suplementación parenteral de 50 mg de Cu por vía parenteral incrementó los niveles séricos de Cu, la hemoglobina, el hematocrito y la ganancia de peso en toros en ceba.

Palabras clave: Alimentación suplementaria, cobre, ganancia de peso vivo, peso vivo (*Fuentes: DeCS, CAB*).

INTRODUCTION

Hypocuprosis in ruminants is considered to be the second most frequent mineral deficiency in grazing bovines throughout the world, second only to phosphorous (1). The deficiency of this mineral was reported in central Cuba in the soil-plant-animal axis (2). Cu deficiency was later found in 100% of soil and grass samples, and in 75 and 72% of blood serum and blood tissue samples, respectively (3, 4).

High percentages of livestock with copper deficiency in blood serum were also found in the eastern provinces of Cuba (5). Studies conducted in various agro-ecosystems, which are characteristic of bovine livestock farming in the province of Villa Clara, detected a Cu deficiency in soil, grass and animals in pre-mountain and plain ecosystems; this deficit was associated with reproductive and productive problems (6).

Parenteral copper supplementation increases blood copper, daily weight gain and weaning weight in calves (7), but a separate publication states that it did not have an impact on these productive parameters, although it did increase copper serum concentrations in this bovine category (8).

Copper and zinc parenteral supplementation in growing Brahman females and males did not improve weight gain and had no impact on thoracic perimeter and haunch height (9). Conversely, the Cu injection, whether on its own or combined with Zn and Mn in calves, increased serum Cu and Zn, hemoglobin, hematocrit and weight gain levels (10).

Facing these discrepancies, it is necessary to deepen these studies using other bovine categories, sex and management and feeding systems; therefore, the purpose of this study is to assess the effect of parenteral Cu supplementation on the bio-productive behavior in intensive fattening bulls under the current Cuban livestock farming conditions.

INTRODUCCIÓN

La hipocuprosis en rumiantes es considerada la segunda carencia mineral más frecuente en bovinos en pastoreo en el mundo, después del fósforo (1). En la región central de Cuba se reportó la carencia de este mineral en el eje suelo-planta-animal (2). Más tarde, se encontró la deficiencia de Cu en el 100% de las muestras de suelo y pasto y en el 75 y 72% de las muestras de suero sanguíneo y tejido hepático, respectivamente (3,4).

En las provincias orientales de Cuba también se diagnosticaron altos porcentajes de animales con deficiencia cúprica en suero sanguíneo (5). Estudios desarrollados en diferentes agro ecosistemas, típicos de la ganadería bovina de la provincia de Villa Clara, detectaron la deficiencia de Cu en suelo, pasto y animales manejados en los de pre montaña y de llanura, dicho déficit se asoció con problemas reproductivos y productivos (6).

La suplementación de cobre por vía parenteral incrementa la cupremia, la ganancia de peso diaria y el peso al destete en terneros (7) pero en otra publicación se afirma que no afectó esos parámetros productivos aunque incrementó las concentraciones séricas de cobre en esta categoría bovina (8).

La suplementación parenteral con cobre y zinc en hembras y machos Brahman en crecimiento no mejoró la ganancia de peso ni afectó el perímetro torácico y la altura de la grupa (9). En cambio, la inyección de Cu, solo o combinado con Zn y Mn en terneros incrementó los niveles séricos de Cu y Zn, la hemoglobina, el hematocrito y la ganancia de peso (10).

Ante estas discrepancias se hace necesario profundizar en estos estudios en otras categorías bovinas, sexo y sistemas de manejo y alimentación; por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la suplementación del Cu por vía parenteral sobre el comportamiento bioproductivo en toros en ceba intensiva en las condiciones actuales de producción de la ganadería cubana.

MATERIALS AND METHODS.

Experimental Design. Work was carried out in a bovine feedlot located in the province of Villa Clara in the central region of Cuba during the low rain season (November to April), between 22° 53' LN and 82° 02' LW, at an altitude of 90 to 100 meters above sea level, and during the rainy season (May to October) in which precipitation amounts to 73% of the annual 1530 mm (4.6); according to these authors, brown carbonate soils and the mixed Holstein x Zebu bovine genotype are predominant in the experimental area.

Experimental Design. 50 mixed Holstein x Zebu bulls ($5/8$ Hx $3/8$ Z) were selected, all 18 to 20 months old and with a live weight of 210 to 220 kg, clinically healthy according to clinical diagnosis (11) and none of which were under medical treatment.

2 groups, each with 25 animals, were put together. Group A was the control group and Group B received a 50 mg Cu subcutaneous supplement; the first supplementation took place at the beginning of the experiment, and was repeated every 60 days until it was administered three times. The effects of injectable copper on animal blood chemistry indicators and weight gain were measured.

Management System. Animals were managed in an intensive feeding system, where they were semi-confined and remained in stables during 18 hours, from 12 m to 6 am during which corn DDGS (1.5 kg MS) was administered. Furthermore, they were offered final syrup, a mixture of 50% sugar cane forage and pre-milled CT-115, ordinary salt and water; all consumed voluntarily.

Animals were grazed during the cooler hours of the morning, at which time the confinement period facilities were cleaned, between 6 am and 12 m. Rotational time-restricted grazing was applied, using natural pastures, with a predominance of the *Botriocloa-Dichantium* and other less representative species.

Sample-taking and analytical processes. Blood samples were taken at the beginning of the experiment and 60 days after the last treatment, by way of jugular venipuncture. 10 ml were extracted for mineral analysis, and were then placed in sterilized and de-mineralized anticoagulant-free vacutainer tubes; they were then centrifuged at 3500 g (rpm) for 10 minutes, after which blood serum was taken, which was frozen at -10°C until the time of analysis. 5 ml of blood were taken for blood analysis, which were placed in previously sealed and sterilized test tubes with EDTA (1 mg/1ml of blood)

MATERIALES Y MÉTODOS.

Diseño experimental. El trabajo se desarrolló en un cebadero de bovinos ubicado en la provincia de Villa Clara, región central de Cuba en el periodo poco lluvioso (noviembre a abril), entre 22° 53' LN y 82° 02' LW, a una altura de 90 a 100 msnm y durante el periodo lluvioso (mayo a octubre) donde las precipitaciones representan el 73 % del total anual de 1530 mm (4, 6); según estos autores, en el área experimental predominan los suelos pardos con carbonatos y el genotipo bovino mestizo Holstein x Cebú.

Diseño experimental. Se seleccionaron 50 toros del cruce Holstein x Cebú ($5/8$ Hx $3/8$ C), de 18 a 20 meses de edad y 210 a 220 kg de peso vivo, clínicamente sanos según diagnóstico clínico (11) y que no estaban recibiendo tratamiento médico.

Se conformaron dos 2 grupos de 25 animales cada uno. El grupo A se tomó como control y el B fue suplementado con 50 mg de Cu por vía subcutánea; la primera suplementación se hizo al inicio del experimento, repitiéndose cada 60 días hasta completar tres aplicaciones. Se evaluó el efecto de la suplementación con cobre inyectable sobre los indicadores hematológicos y la ganancia de peso de los animales.

Sistema de manejo. Los animales se manejaron en un sistema de ceba intensiva, semi estabulados y permanecieron 18 horas estabulados, entre 12 m y 6 a.m donde se les suministró DDGS de maíz (1.5 kg MS). Además, se les ofertó miel final, una mezcla al 50 % de forraje de caña de azúcar y CT-115 previamente molinada, sal común y agua; todos a voluntad.

Los animales pastorearon en las horas más frescas de la mañana, momento en que se realizaban las labores de limpieza de la instalación destinada al período de estabulación, entre las 6 a.m y 12 m. Se aplicó el pastoreo rotacional restringido en el tiempo, a base de pastos naturales, con predominio del complejo *Botriocloa- Dichantium* y de otras especies menos representativas.

Toma de muestras y procesamientos analíticos. Las muestras de sangre se tomaron al inicio del experimento y 60 días después del último tratamiento, por venopunción de la yugular. Para los análisis de minerales se extrajeron 10 ml y se depositaron en tubos vacutainer sin anticoagulante, esterilizados y desmineralizados; posteriormente se centrifugaron a 3500 g (rpm) durante 10 minutos, obteniéndose el suero sanguíneo, que se congeló a -10°C hasta su análisis. Para los análisis hematológicos se obtuvieron 5 mL de sangre, los que se depositaron en tubos de ensayo con EDTA

Zn, Fe and Cu levels in blood serum were determined using atomic absorption spectroscopy (12) on a SP-9 (PYE UNICAM) device. Blood indicators were determined on an IDEXX VetAutoread™ (IDEXX LABORATORIES VetLab® USA) Device. All blood chemistry analyses were performed according to manufacturer's procedures and the use of commercial kits; at the Centro de Investigaciones Agropecuarias – CIAP (Center for Agricultural and Livestock Research), Faculty of Agricultural and Livestock Sciences (CIAP), Universidad Central "Marta Abreu" in Las Villas, Cuba.

Live weight (LW) in animals was measured on a monthly basis until 180 after the first supplementation was administered, using the methodology described by Ozcaya and Bozkurt (13). Weight gain and final weight were analyzed in each animal to assess the effect of the treatment on these indicators.

The nutrient balance was carried out considering food availability, grass intake was determined according to the indications of Pérez-Infante (14), and the difference between food supplied and food rejected was used for all other food types, results were processed using the CALARC program, see 1.0 (15).

Statistical Processing. A comparison of blood chemistry indicators was carried out at the beginning and at the end of the experiment, as well as weight and GMD at the different weighing times of animals between the 2 treatment groups using the t-Student test for independent samples. The Statgraphis Centurion statistical package was used for processing. See XV.II (16).

RESULTS

Figure 1 shows the nutrient balance at the beginning of the experiment; note that the food supplied at this time covers the aspired weight and live weight gain requirements. Nevertheless, there is a 104 g surplus of digestible protein of easy fermentation in rumen (PDIN).

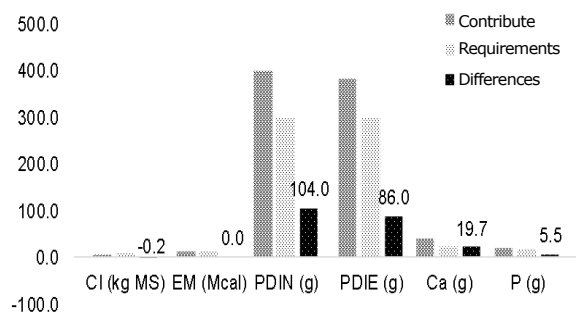


Figure 1. Nutrient balance at the beginning of the experiment.

(1 mg/ml de sangre), previamente tapados y esterilizados.

Las determinaciones de Zn, Fe y Cu en suero sanguíneo se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica (12), en un equipo SP-9 (PYE UNICAM). Los indicadores hematológicos se determinaron en un equipo IDEXX VetAutoread™, (IDEXX LABORATORIES VetLab® USA). Todos los análisis hematoquímicos se realizaron según los procedimientos del fabricante y la utilización de kits comerciales; en el laboratorio de espectroscopía del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Facultad de Ciencias Agropecuarias (CIAP), Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba.

El peso vivo (PV) de los animales se determinó mensualmente hasta 180 días después de la primera suplementación, utilizando la metodología descrita por Ozcaya y Bozkurt (13). En cada animal se evaluaron las ganancias de peso y peso final para evaluar el efecto del tratamiento empleado sobre estos indicadores.

El balance de nutrientes se realizó teniendo en cuenta las disponibilidades de alimentos, en el caso de los pastos el consumo se determinó de acuerdo a las indicaciones de Pérez-Infante (14), y en los demás alimentos de acuerdo a la diferencia entre alimento suministrado y rechazado, sus resultados fueron procesados mediante el programa CALARC ver. 1.0 (15).

Procesamiento estadístico. Se efectuó la comparación los indicadores hematoquímicos al inicio y final del experimento, el peso y la GMD en los diferentes momentos del pesaje de los animales entre los 2 grupos de tratamiento mediante la prueba de t-Student para muestras independientes. En este procesamiento se empleó el paquete estadístico Statgraphis Centurion Ver. XV.II (16).

RESULTADOS

La figura 1 muestra el balance de nutrientes al inicio del experimento; nótese que el alimento suministrado en este momento cubre los requerimientos para el peso y ganancia de peso vivo que se aspira. Sin embargo, hay un exceso de 104 g de proteína digestible de fácil fermentación en rumen (PDIN).

Los alimentos que están consumiendo los animales no cubren los requerimientos de Cu, con un déficit de 2.6 mg/kg MS ya que la concentración de ese elemento en la dieta es de solo 1.27 mg/kgMS (Figura 2).

The food that is being consumed by animals does not meet Cu requirements, with a deficit of 2.6 mg/kg MS considering that the concentration of this element in food is only 1.27 mg/kgMS (Figure 2).

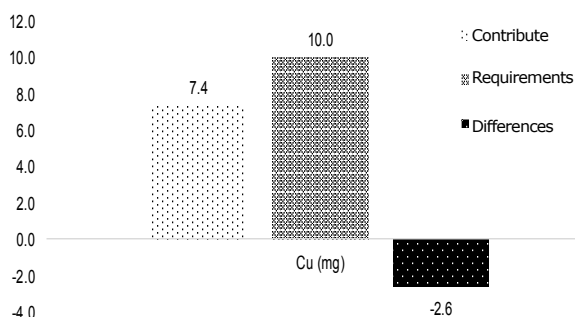


Figure 2. Copper balance and concentration in animal diet.

Blood chemistry studies (Table 1) show that there were no significant differences between any of the indicators at the beginning of the study; yet, blood copper, hemoglobin and hematocrit increased significantly ($p < 0.001$) in the treatment group at the end of the study when compared to the control group. Fe and Zn were not impacted by the therapy employed.

The weight study of bulls among the study groups (Table 2) showed that animals in the treatment group had a significant ($p < 0.01$) increase in body weight at every weighing time when compared to the control group. Weight gain was between 4.86 and 9.56% at the various weighing times.

Daily weight gain in each group is illustrated in table 3. Each weight measurement is higher ($p < 0.01$) in the treatment group than in the control group.

Table 2. Bull weight comparison (kg) between treatment groups at different sampling times.

Time (days)	Control	Treatment	Increase %
30	226.80 ± 11.12 ^b	237.88 ± 7.79 ^a	4.86
60	240.08 ± 11.82 ^b	253.36 ± 8.14 ^a	5.53
90	265.96 ± 12.92 ^b	281.52 ± 9.92 ^a	6.03
120	291.40 ± 14.42 ^b	311.72 ± 11.48 ^a	6.87
150	316.96 ± 16.04 ^b	343.88 ± 12.51 ^a	8.54
180	345.60 ± 17.24 ^b	378.12 ± 14.81 ^a	9.56

^{ab} different letters in the same row indicate significant statistical differences * $p < 0.001$ (t Student for independent samples)

Los resultados de la hemoquímica (Tabla 1) muestran que al inicio del experimento no existieron diferencias significativas en ninguno de los indicadores pero al final del estudio en el grupo tratado se incrementaron de manera significativa ($p < 0.001$) la cupremia, la hemoglobina y el hematocrito en comparación con los controles. El Fe y el Zn no se vieron afectados por la terapéutica utilizada.

Table 1. Blood chemistry variable behavior assessed in the different treatment groups.

Variables	Time	Groups	
		Control	Treatment
Copper (µmol/L)	Initial	11.74 ± 1.21 ^a	11.63 ± 1.24 ^a
	Final	11.22 ± 0.86 ^b	13.81 ± 2.21 ^a
Zinc (µmol/L)	Initial	14.63 ± 1.82 ^a	14.64 ± 1.92 ^a
	Final	15.72 ± 1.29 ^a	15.69 ± 1.44 ^a
Iron (µmol/L)	Initial	19.07 ± 3.45 ^a	17.32 ± 2.88 ^a
	Final	19.42 ± 2.05 ^a	20.71 ± 3.13 ^a
Hb (g/L)	Initial	101.53 ± 4.74 ^a	103.46 ± 11.89 ^a
	Final	105.3 ± 8.54 ^b	119.73 ± 12.32 ^a
Hto (L/L)	Initial	0.31 ± 0.02 ^a	0.31 ± 0.03 ^a
	Final	0.31 ± 0.01 ^b	0.37 ± 0.03 ^a

^{ab} different letters in the same row indicate significant statistical differences * $p < 0.001$ (t Student for independent samples)

El estudio del peso de los toros en los grupos en estudio (Tabla 2), mostró que los animales del grupo tratado aumentaron significativamente ($p < 0.01$) el peso corporal en todos los momentos del pesaje en comparación con los del grupo control. Los aumentos de peso oscilaron entre 4.86 y 9.56% en los diferentes pesajes.

La ganancia de peso diaria en cada grupo se expone en la tabla 3. En cada uno de los pesajes son superiores ($p < 0.01$) en el grupo tratado en comparación con los controles.

Table 3. Bull GMD comparison (g) between treatment groups at different sampling times

Time (days)	Control	Treatment
30	373.33 ± 117 ^a	408 ± 54.67 ^{a*}
60	442.66 ± 64.92 ^b	516 ± 66.05 ^{a*}
90	862.66 ± 136.53 ^b	938.66 ± 72.44 ^{a*}
120	848 ± 104.5 ^b	1006.6 ± 103.63 ^{a*}
150	852 ± 117.8 ^b	1072 ± 98.92 ^{a*}
180	954.66 ± 139.73 ^b	1141.3 ± 111.08 ^{a*}
Total	722.2 ± 72.2 ^b	847.1 ± 57.4 ^{a**}

^{ab} different letters in the same row indicate significant statistical differences (t Student for independent samples) $p < 0.01$. ** $p < 0.001$

DISCUSSION

The feedstuff provided as food meets the intended weight and live weight gain requirements, and exceeds the energy, PDIE, Ca and P requirements. Nevertheless, the excess 104 g of digestible protein that is easily fermented in the rumen (PDIN), which favors sulphur concentrations in the rumen as a result of the increased microorganism activity. S is an important component for thiomolybdate formation, and is considered to be one of the main Cu antagonists (17).

In addition to the negative effects of excess PDIN, which favors the concentration of S and causes conditioned or secondary Cu deficiency, we must also add that the food that the animals are consuming does not cover Cu requirements (18), with a deficit of 2.6 mg/kgMS.

Dietary Cu concentration is only 1.27 mg/kgMS, and this amount should be greater than 5 mg/kgMS in order to maintain at least marginal concentrations of this microelement in the liver and in blood serum; furthermore, voluminous food amounts between 7 and 14 mg/kg are inadequate (18).

Blood chemistry profiles highlight the beneficial effects of parenteral Cu supplementation on these indicators, and they match results obtained in previous studies, where administering 125 mg of Cu to cows, repeating treatment at three months; increased Cu blood serum concentrations by 5 mg/kgMS (19,20). Parenteral Cu supplementation in calves increased blood copper (7) and Cu; and, on its own or in combination with Zn and Mn, it increased Cu and Zn serum levels, hemoglobin and hematocrit.

In studies conducted in Cuba, parenteral Cu administration on grazing adult dairy female bovines, increased ($p < 0.001$) their blood serum Cu concentration, hemoglobin and hematocrit, and it benefited their reproductive behavior, where they had higher reproductive efficiency indicators. The supplement had a protective effect on anestrous presentation and the repetition of Artificial Insemination services (3,21,22).

In the case of Fe, results are in contrast with studies conducted in Cuba on grazing adult bovine females, where parenteral Cu supplementation increased serum Fe concentrations (2,21,22). Although there is a close relationship between blood copper and Fe blood levels (1), the lack of coherence in these results may be explained because Cu was administered in this study,

DISCUSION

El alimento suministrado de alimento cubre los requerimientos para el peso y ganancia de peso vivo que se aspira y exceden los requerimientos de energía, PDIE, Ca y P. Sin embargo, el exceso de 104 g de proteína digestible de fácil fermentación en rumen (PDIN), que favorece las concentraciones de azufre (S) en rumen producto de la actividad creciente de los microorganismos. El S es un componente importante para la formación de los tiomolibdatos y está considerado como uno de los más importantes antagonistas del Cu (17).

A los efectos negativos del exceso de PDIN, favoreciendo la concentración de S y provocando la deficiencia condicionada o secundaria de Cu hay que añadir que los alimentos que están consumiendo los animales no cubren los requerimientos de Cu (18), con un déficit de 2.6 mg/kgMS.

La concentración de Cu en la dieta es de solo 1.27 mg/kgMS y este valor debe ser superior a 5 mg/kgMS para al menos mantener concentraciones marginales de este microelemento en hígado y suero sanguíneo, por otra parte valores en los alimentos voluminosos entre 7 y 14 mg/kg MS son inadecuados (18).

Los resultados del perfil hematoquímico indican el efecto beneficioso de la suplementación parenteral del Cu sobre esos indicadores y están en correspondencia con los obtenidos en estudios anteriores, donde la administración de 125 mg de Cu en las vacas, repitiendo el tratamiento a los tres meses; aumentó ($p < 0.01$) las concentraciones de Cu en suero sanguíneo (19,20). En terneros la suplementación de Cu por vía parenteral incrementó la cupremia (7) y la de Cu, solo o combinado con Zn y Mn incrementó los niveles séricos de Cu y Zn, la hemoglobina, el hematocrito (10).

En estudios realizados en Cuba, la administración de Cu por vía parenteral en hembras bovinas lecheras incrementó ($p < 0.001$) sus concentraciones de Cu en suero sanguíneo, hemoglobina, hematocrito y benefició el comportamiento reproductivo de las mismas, que tuvieron mejores indicadores de eficiencia reproductiva. La suplementación tuvo un efecto protector para la presentación del anestro y la repetición de los servicios de Inseminación Artificial (3,21,22).

En el caso del Fe, los resultados contrastan con estudios desarrollados en Cuba en hembras bovinas adultas en pastoreo, donde la suplementación parenteral de Cu incrementó las concentraciones de Fe sérico (2,21,22). Aunque existe estrecha relación entre la cupremia y los niveles de Fe en sangre (1), la falta de concordancia en estos resultados

animals were kept in stables for 18 h, with very little contact with the soil, where bovines can consume Fe while grazing, and because this mineral, which is present in the plant, is oxidized when the plant is milled (1,23).

LW and GMD weight increases are low for the breeding system used; nevertheless, these are greater in animals that received a parenteral Cu supplementation; which indicates that the supplement administered has a beneficial effect on these indicators.

The results of this study match the results of other studies where parenteral Cu supplementation in calves GMD weight and weaning LW (8,21), and administering this microelement, alone or in combination with Zn and Mn, increased GMD weight (10). In contrast, the injectable Cu (8,23) and Cu and Zn (10) treatment did not improve weight GMD in bovines that received supplementation.

The variability in the answers found in the bibliography reviewed could be due to the initial Cu status in animals, considering that different microelement combinations and different dosages and administration frequencies were used. Soil and weather and temperature conditions; and animal age, category and sex also changed between experiments, which also had different handling and feeding systems.

All of these factors possibly had an influence on the difference found between results. Positive responses to injectable Cu treatment were reported in all deficiency ranges, but GMD weight differences were related to the seriousness of Cu deficiency and the time of year in which the study was conducted (23).

In conclusion, a 50 mg parenteral Cu supplementation increased Cu serum levels, hemoglobin, hematocrit and weight gain in fattening bulls.

puede estar dada porque aunque en este trabajo se suplementó Cu, los animales se mantuvieron 18 horas estabulados, con muy poco contacto con el suelo, donde los bovinos pueden consumir Fe al pastar y porque este mineral presente en la planta, se oxida cuando esta es molinada (1,23).

Los incrementos del PV y la GMD de peso son bajos para el sistema de crianza empleado; sin embargo son superiores en los animales suplementados con Cu por vía parenteral; lo que indica que el suplemento empleado tiene un efecto beneficioso sobre esos indicadores.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los obtenidos en otros experimentos donde la suplementación de Cu por vía parenteral en terneros aumentó la GMD de peso y el PV al destete (8,21), y la administración de este microelemento, solo o combinado con Zn y Mn incrementó la GMD de peso (10). En contraposición, el tratamiento inyectable con Cu (8,23) y Cu y Zn (10) no mejoró la GMD de peso de los bovinos suplementados.

La variabilidad en las respuestas obtenidas en la bibliografía consultada pudiera deberse al estado inicial del Cu en los animales, a que en ellos se utilizaron diferentes combinaciones de los microelementos y distintas dosis y frecuencias de administración. También cambiaron entre experimentos las condiciones del suelo y clima, la edad, categoría y sexo de los animales, que además tuvieron sistemas de manejo y alimentación distintos.

Todos estos factores pudieron haber influido en las diferencias de los resultados. Se reportaron respuestas positivas al tratamiento con Cu inyectable en todos los rangos de deficiencia pero las diferencias en la GMD de peso guardaron relación con la gravedad de la deficiencia de Cu y la época del año en que se realizó el estudio (23).

Se concluye que la suplementación parenteral de 50 mg de Cu por vía parenteral incrementó los niveles séricos de Cu, la hemoglobina, el hematocrito y la ganancia de peso en toros en ceba.

REFERENCES

1. McDowell LR, Arthington JD. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 4ta. ed. Dep. Zoot. Universidad de la Florida:Gainesville. USA. IFAS; 2005.
2. García JR, Cuesta M, Pedroso, R. Administración de sulfato de cobre sobre la hemoquímica, hematología y ioactividad del líquido ruminal en vacas. *Rev MVZ Cordoba* 2005; 10(2):639-647.

3. García JR. Relación entre la cupremia y los indicadores reproductivos de la hembra bovina. [Tesis doctoral]. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) - Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez" (UNAH): Cuba; 2008.
4. García JR, Cuesta M, García R, Quiñones R, Figueredo JM, Faure R, Pedroso R, Mollineda, A. Characterization of the content of microelements in the soil-plant-animal system and its influence on cattle reproduction in the central region of Cuba. *Cuban J Agr Sci* 2010; 44(3):227-231.
5. Galindo Juana, Gutierrez Odilia, Tamayo Maida, Leyva Laura. Mineral status of cows and its relationship with the soil-plant system in a dairy unit of the Eastern region of Cuba. *Cuban J Agr Sci* 2014; 48(3):241-245.
6. Noval E, García JR, García R, Quiñones R, Mollineda A. Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos. *Centro Agrícola* 2014; 41(1):25-31.
7. Aparicio R, Torres R, Astudillo L, Córdova L, Carrasquel, J. Suplementación parenteral con cobre sobre el peso de becerros en crecimiento. *Zoot Tropical* 2007; 25(3):221-224.
8. Mattioli GA, Fazzio LE, Rosa DE, Picco SJ, Angelico D, Turic E. Eficacia de la suplementación con Cu-Zn en terneros. *Vet Arg* 2008; 25(242):90-98.
9. Mora RE, Herrera AM, García MJ; Chicco RJ Suplementación parenteral con cobre y zinc en bovinos brahmán en crecimiento en la región sur occidental de Venezuela. *Rev Cientif FCV-LUZ* 2010; 20(5):519-528.
10. Noval E, García JR, García R, Quiñones R, Mollineda, A, Munyori H. Evaluación del efecto de la suplementación parenteral de cobre y un complejo de cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) sobre la hemoquímica y la ganancia de peso en terneros. *REDVET* 2012; 13(10). Disponible URL en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012.html>. [Consultado 28 febrero 2013).
11. Cuesta M, Montejo E, Duvergel J. Medicina Interna Veterinaria. Tomos I y II. 1ra ed. Editorial Félix Varela. Ministerio de Educación Superior: La Habana Cuba; 2007.
12. Miles PH, Wilkinson NS, McDowell LR. Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research, 3rd ed. Department of Animal Science, University of Florida: Gainesville, US; 2001.
13. Ozcaya S, Bozkurt Y. The accuracy of prediction of body weight from body measurements in beef cattle. *Arch Tierz* 2009; 52(4):371-377.
14. Pérez-Infante, F. 2010. Ganadería Eficiente. Bases Fundamentales. Ed ICA, La Habana Cuba.
15. Roche A, Larduet R, Torres V, Ajete A. CalRac: A microcomputer programme for the estimation of ruminant rations. *Cuban J Agr Sci* 1999; 33:13-19.
16. Statgraphis Centurion Ver. XV.II. Edición Multilingüe. StatPoint, Inc. Statistical Graphic Corp. Warrenton, Virginia. 2006.
17. Siciliano JL, Socha MT, Tomlinson DJ, DeFrain JM. Effect of Trace Mineral Source on Lactation Performance, Claw Integrity, and Fertility of Dairy Cattle. *J Dairy Sci* 2008; 91:1985-1995.
18. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. (7th Rev. Ed.). Natl. Acad. Sci: Washington, D.C; 2001.
19. Balbuena, O.; McDowell, L. R. y Stahinger, R. C. Suplementación con cobre inyectable en terneros y vacas con hipocupremia. *Vet Arg* 1999; 16(154):272-280.
20. Castelli Mirta, Grosso E, Quaino O, Warnke O. Evaluación de diferentes productos comerciales de aplicación parenteral en el tratamiento de la hipocuprosis en bovinos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Anuario 2001. [consultado 4 septiembre 2010]. URL Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2001/2001/5.htm>
21. García JR, Cuesta M, Pedroso R, Rodríguez Janhad, Gutiérrez Marisol, Mollineda A.; Figueredo JM, Quiñones, R. Suplementación parenteral de cobre en vacas gestantes: Efecto sobre postparto y terneros. *Rev MVZ Cordoba* 2007; 12(2):985-995.
22. García JR, Ajakaiye JJ, Cuesta M, Quiñones R, Munyori H, Mollineda A. Effects of parenteral supplementation of Cu in female cattle with different levels of cupremia. *Arch Tierz* 2012; 55:113-122.
23. Pechín GH, Idiart JL, Cseh S, Corbellini CN, Moralejo, RH, Cesán RO, Sánchez LO. Respuesta a la suplementación con cobre inyectable en distintos rangos de deficiencia en bovinos de carne. *Rev Arg Prod Anim* 1999; 19(2):347-358.