

SUPLEMENTACIÓN PARENTERAL CON COBRE Y ZINC EN BOVINOS BRAHMAN EN CRECIMIENTO EN LA REGIÓN SUR OCCIDENTAL DE VENEZUELA

Copper and Zinc Parenteral Supplementation in Growing Brahman Cattle in the West-Southern region of Venezuela

Robert Emilio Mora Luna ^{1*}, Ana María Herrera Angulo ¹, Mailyn Johanna García Colmenares ², Claudio F. Chicco ³ y Roso Javier Pérez Ontiveros ⁴

¹Decanato de Investigación. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). ²Fundación Centro Ecológico del Táchira (FUNDACETA). ³Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela (UCV). ⁴Postgrado de Estadística. Facultad de Agronomía. UCV. *E-mail: robertmora78@yahoo.com

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación parenteral con cobre y zinc sobre la ganancia de peso (GDP), incremento en medidas corporales y variables hematológicas, se utilizaron hembras (n=33) y machos (n=34) Brahman con un peso de 165 y 186 kg, respectivamente, los cuales fueron reagrupados y asignados a cuatro tipos de suplementación de ambos sexos cada uno: 1) suplementación mineral oral (SMO); 2) SMO más cobre inyectado (SMO-Cu); 3) SMO más zinc inyectado (SMO-Zn); y 4) SMO más cobre y zinc inyectados (SMO-Cu-Zn). El suplemento mineral oral (50 g/animal/día) contenía 500 ppm de Cu y 2.200 ppm de Zn. El Cu y Zn se suministraron por vía parenteral subcutánea al inicio del experimento, en una dosis única de 50 y 57,35 mg/100 kg de PV, respectivamente. Cada 28 días se registró el peso y se tomaron muestras de sangre, para hematocrito (Hct) y hemoglobina (Hb). Se midió la altura a la cruz (AC), altura a la grupa (AG) y perímetro torácico (PT), al inicio y al final del experimento. Este tuvo una duración de 120 días entre diciembre y abril. Los animales se manejaron bajo pastoreo rotacional en potreros de *Brachiaria decumbens* y *B. humidicola*, con una carga animal promedio de 1,22 UA/ha. La GDP no fue afectada por los tratamientos con un valor promedio global de 101,1 g/animal/día. Los grupos no inyectados con zinc tuvieron mayor incremento de AC (5,1 cm) que los restantes grupos (P<0,05). Los incrementos en AG y PT no fueron afectados por los tratamientos, con medias de 4,83 y 6,53 cm, respectivamente. Se concluye que la suplementación mineral parenteral no mejoró la

GDP y los incrementos en medidas corporales, bajo las condiciones experimentales descritas, cuando los animales consumían forrajes bajos en proteína y ligeramente elevados en Fe y Mn.

Palabras clave: Suplementación parenteral, cobre, zinc, ganancia de peso, medidas corporales, bovinos.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of Copper and Zinc parenteral supplementation on average daily gain (ADG), increases in body measurements and hematological values, growing Brahman females (n = 33) and males (n = 34) were used, with body weight of 165 and 186 kg respectively, which were grouped into four sets of both sexes and assigned to four types of supplementation: 1) oral mineral supplementation (OMS), 2) OMS and copper injected (OMS-Cu), 3) OMS and zinc injected (OMS-Zn), and 4) OMS, copper and zinc injected (OMS-Cu-Zn). The oral mineral supplement (50 g/animal/day) contained 500 ppm Cu and 2,200 ppm Zn. Copper and Zn were applied by subcutaneous injection at the beginning of the experiment in a single dose of 50 and 57.35 mg/100 kg of BW, respectively. Every 28 days, body weight was recorded and blood samples were taken for hematocrit (Hct) and hemoglobin (Hb) analysis. Wither height (WH), hip height (HH) and girth chest (GC) were measured at the beginning and end of the experiment. The experiment lasted 120 days between December and April. The animals were managed under rotational grazing in pastures of *Brachiaria decumbens* and *B. humidicola*, with a stocking rate of 1.22 AU/ha. Average daily gain was not affected by treatments with an overall average value of 101.1 g/animal/day. The groups with no Zn injected had a greater

increase in WH (5.1 cm) than the other groups ($P < 0.05$). The increases in HH and GC were not affected by treatments, with averages of 4.83 and 6.53 cm, respectively. It is concluded that parenteral mineral supplementation did not improve ADG and increases in body measurements, under the experimental conditions described, when animals consume forages low in protein and slightly higher in Fe and Mn.

Key words: Parenteral supplementation, copper, zinc, daily gain, body measurements, bovine.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina (*Bos taurus - indicus*) de Venezuela es de tipo pastoril y está sujeta a variaciones estacionales en la calidad y disponibilidad de la biomasa forrajera, por lo cual la nutrición nitrogenada y mineral está fuertemente comprometida [11]. Los minerales esenciales juegan un rol fundamental en la fisiología animal [12]. En este sentido, el cobre es necesario para numerosas funciones metabólicas, como la utilización del hierro en la síntesis de hemoglobina [1]; y el zinc está vinculado con la síntesis de proteínas, metabolismo de los carbohidratos y ácidos nucleicos, al participar como activador de sistemas enzimáticos y en metaloenzimas [23, 35]. Los estudios de investigación en Venezuela indican que en algunas zonas del país, los forrajes presentan bajo contenido de cobre [2, 32] y zinc [48], y específicamente en el estado Táchira, se han observado concentraciones de cobre en suero sanguíneo [19, 25] inferiores al nivel crítico de 0,6 $\mu\text{g/mL}$ aún cuando los animales recibían suplementación mineral oral *ad libitum*.

La problemática de deficiencia mineral en Venezuela se viene corrigiendo por medio de la suplementación en saleros [12]. Sin embargo, el problema asociado al exceso de algunos minerales en la dieta persiste y puede estar afectando la utilización de otros a nivel de los procesos de absorción. Por lo anteriormente señalado, los bovinos en el país pudieran estar bajo una inadecuada nutrición mineral que afectaría la productividad de la empresa pecuaria. Por lo tanto, es importante conocer los efectos que sobre el comportamiento productivo de los animales puedan tener los productos correctivos, orales o inyectables, que contienen minerales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación parenteral con cobre y zinc sobre la ganancia diaria de peso, incremento en medidas corporales y variables hematológicas en bovinos Brahman en crecimiento bajo condiciones de pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Manejo del experimento

El ensayo se realizó en la Unidad Académica "Santa Rosa", propiedad de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, ubicada en la población de Santo Domingo, municipio Monseñor Fernández Feo, estado Táchira, en el período de di-

ciembre 2007 y abril 2008. La temperatura promedio máxima y mínima fue de 31,4 y 19,9°C, respectivamente, humedad relativa promedio de 76,9%, con precipitaciones de 46; 47; 13; 24; y 3,2 mm para los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y 12 primeros días del mes de abril, respectivamente. Los datos climatológicos fueron suministrados por el Servicio Meteorológico de las Fuerzas Armadas de Venezuela, según la data registrada en la Base Aérea "Mayor Buenaventura Vivas Guerrero", ubicada en Santo Domingo. La finca se encuentra a una altitud 330 msnm y en una zona de vida de bosque húmedo tropical [28].

El ensayo tuvo una duración de 120 días durante la época de sequía. Se utilizaron hembras ($n=33$) y machos ($n=34$) Brahman puro registrados, con 269 ± 35 días de edad, peso vivo (PV) promedio inicial de 165,4 y 186,8 kg para hembras y machos, respectivamente, los cuales fueron reagrupados en cuatro conjuntos de ambos sexos, asignados a diferentes tipos de suplementación: 1) suplementación mineral oral (SMO); 2) SMO más cobre inyectado (SMO-Cu); 3) SMO más zinc inyectado (SMO-Zn); y 4) SMO más cobre y zinc inyectados (SMO-Cu-Zn). El suplemento mineral comercial que contenía Ca, P, Mg, Na, S, Cu, Zn, Fe, Mn, Se, I, Co era ofrecido a razón de 50 g/animal/día en comederos techados.

Se inyectó, al inicio del ensayo, una dosis única de cobre (50 mg/100 kg de PV) y zinc (57,35 mg/100 kg de PV) por vía subcutánea en la región pre-escapular. Los productos utilizados tenían como principio activo glicinato de cobre (25 mg Cu/mL) y gluconato de zinc (11,47 mg Zn/mL). El producto usado para proporcionar zinc también contenía gluconato de magnesio (17,60 mg Mg/mL) y gluconato de calcio (13,95 mg Ca/mL).

Los animales se manejaron en un sólo lote en una superficie de 25 ha, con carga animal promedio de 1,22 UA/ha, bajo pastoreo rotacional, en cuatro potreros donde predominan *Brachiaria decumbens* (59%) y *B. humidicola* (27%), con acceso al suplemento mineral en comederos y agua *ad libitum* proveniente de fuentes naturales.

Se tomaron muestras de forrajes en estos potreros en las primeras cuatro semanas del ensayo y en las últimas 4 semanas del mismo, lanzando al azar cuadros metálicos de 0,375 m² que sirvieron como áreas de cosecha [42]. Se midió la altura del forraje con una regla de apreciación de 1 mm, y la cobertura como el porcentaje de suelo cubierto por forraje. Las muestras fueron secadas a 60°C en estufa THELCO (Modelo 6M, EUA) hasta alcanzar peso constante, para la determinación de la disponibilidad total de materia seca por hectárea.

Luego del secado del forraje, se tomaron sub-muestras (50 g) de cada punto de muestreo y mediante la metodología descrita por Chacón y col. [9] se determinó el porcentaje de material verde, seco y la relación verde:seco. Todas las muestras tomadas, fueron molidas en un molino Thomas Wiley (Modelo 4, EUA) con una criba de 1 mm de diámetro y se hizo una muestra compuesta para inicio del ensayo y otra muestra compuesta para el final del ensayo. En el forraje se determinó: proteína cruda (PC)

por método de Kjeldahl, ceniza por incineración [4], fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) por el método descrito por Van Soest y Wine [57] y concentraciones de minerales (Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Fe, Mn) por espectrofotometría de absorción atómica [3]. El fósforo y azufre se determinaron por método colorimétrico [10] y por turbidimetría [54], respectivamente. Se analizó químicamente el suplemento mineral por las metodologías descritas para el forraje.

Se recolectaron muestras de agua al inicio y final del experimento, de las dos fuentes naturales a las que tenían acceso los animales, y se determinó pH por electrometría, cloruros por método argentométrico, sulfatos por turbidimetría y concentraciones minerales por espectrofotometría de absorción atómica (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Fe, Mn). Todas las variables evaluadas en agua se determinaron por las metodologías descritas por Clesceri y col. [15]. Por ser tan similares los valores de cada fuente de agua entre los muestreos se usó el promedio del inicio y final del ensayo.

VARIABLES EVALUADAS

Cada 28 días se determinó PV, y se tomaron de muestras de sangre. Para determinación de la ganancia diaria de peso (GDP), los animales fueron sometidos a ayuno de 15 horas y pesados en una romana Tebabasca (Modelo TBG-4000, Venezuela) de apreciación de 1 kg.

La altura a la cruz (AC) y a la grupa (AG) fueron medidas con un bastón zoométrico como la distancia perpendicular desde el punto más elevado de la línea media de la cruz al suelo para AC, y desde el sacro hasta el suelo para AG. El perímetro torácico (PT) fue medido por detrás de la escápula con una cinta métrica de apreciación de 1mm [20].

Para la medición de las variables hematológicas, se escogieron al azar cuatro animales por sexo de cada grupo suplementado al inicio del ensayo, los cuales se usaron para los muestreos subsiguientes. Las muestras se tomaron por punción de la vena yugular, utilizando tubos vacutainer® con anticoagulante EDTA. Las muestras fueron trasladadas refrigeradas al laboratorio y se les determinó: hematocrito (Hct) por microcentrifugación [49] (Readacrit centrifuge Clay Adams, EUA) y hemoglobina (Hb) por el método de cianometahemoglobina [49] con kit Hemoglowiener Reactivo y Estándar (Wiener Lab, Argentina) y su absorbancia fue leída a 545 nm contra el estándar de 14,7 g/100 mL, utilizando un espectrofotómetro (OMEGA IV, EUA) de filtros con lámpara de tugnsteno.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de biomasa disponible (por unidad de superficie y animal/d), altura, porcentaje de material verde y seco del forraje, fueron analizados por ANOVA utilizando un diseño completamente al azar, considerando como factor el muestreo (inicio y final del ensayo). En caso de diferencias estadísticas se utilizó la prueba de medias de Tukey [53].

La cobertura y la relación verde:seco del forraje, por no cumplir el supuesto de normalidad, fueron analizadas por la Prueba de Kruskal-Wallis [45]. Los análisis estadísticos de las variables evaluadas en el forraje se realizaron utilizando el programa Statistix 8,0 [52].

La data de medidas corporales fue analizada por medio de ANOVA bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2³ desbalanceado. Se utilizó el mismo diseño y arreglo factorial pero en medidas repetidas en el tiempo para GDP, Hct, y Hb. En ambos casos se utilizó el programa estadístico SPSS 15,0 [51]. Los tres factores considerados a dos niveles cada uno fueron: sexo (macho y hembra), cobre (con y sin inyección de cobre), zinc (con y sin inyección de zinc). En caso de diferencias estadísticas se utilizó la prueba de medias de Bonferroni [27].

El modelo lineal aditivo para los incrementos en medidas corporales según Chacín [8] es el siguiente:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \theta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\theta)_{ik} + (\beta\theta)_{jk} + (\alpha\beta\theta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

γ_{ijkl} : observación del *i*-ésimo nivel de factor cobre, *j*-ésimo nivel de factor zinc y *k*-ésimo nivel del factor sexo

μ : medida general.

α_i : efecto del *i*-ésimo nivel de factor cobre (*i* = 1, 2).

β_j : efecto del *j*-ésimo nivel de factor zinc (*j* = 1, 2)

θ_k : efecto del *k*-ésimo nivel del factor sexo (*k* = 1, 2).

$\alpha\beta_{ij}$: efecto de la interacción de primer orden del *i*-ésimo nivel de factor cobre y el *j*-ésimo nivel de factor zinc.

$\alpha\theta_{ik}$: efecto de la interacción de primer orden del *i*-ésimo nivel de factor cobre y el *k*-ésimo nivel de factor Sexo.

$\beta\theta_{jk}$: efecto de la interacción de primer orden del *j*-ésimo nivel de factor zinc y el *k*-ésimo nivel de factor sexo

$\alpha\beta\theta_{ijk}$: efecto de la interacción de segundo orden del *i*-ésimo nivel de factor cobre, el *j*-ésimo nivel de factor zinc y el *k*-ésimo nivel de factor sexo.

ε_{ijkl} : Componente aleatorio del experimento.

El modelo lineal aditivo para la GDP y variables sanguíneas según Davis [17] es el siguiente:

$$\gamma_{ijklmn} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \theta_k + \delta_l + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\theta)_{ik} + (\beta\theta)_{jk} + (\alpha\beta\theta)_{ijk} + (\alpha\delta)_{il} + (\beta\delta)_{jl} + (\theta\delta)_{kl} + (\alpha\theta\delta)_{ikl} + (\beta\theta\delta)_{jkl} + (\alpha\beta\delta)_{ijl} + (\alpha\beta\theta\delta)_{ijkl} + \delta_{m(i,j,k)} + \varepsilon_{ijklmn}$$

γ_{ijklmn} : observación del *i*-ésimo nivel de factor cobre, *j*-ésimo nivel de factor zinc y *k*-ésimo nivel del factor sexo.

μ : medida general.

α_i : efecto del *i*-ésimo nivel de factor cobre (*i* = 1, 2).

- β_j : efecto del j -ésimo nivel de factor zinc ($j = 1, 2$).
- θ_k : efecto del k -ésimo nivel del factor sexo ($k = 1, 2$)
- δ_l : Efecto del l -ésimo período ($l = 1, \dots, n$; en función de la variable).
- $\alpha\beta_{ij}$: efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de factor cobre y el j -ésimo nivel de factor zinc.
- $\alpha\theta_{ik}$: efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de factor cobre y el k -ésimo nivel de factor sexo.
- $\beta\theta_{jk}$: efecto de la interacción de primer orden del j -ésimo nivel de factor zinc y el k -ésimo nivel de factor sexo.
- $\alpha\beta\theta_{ijk}$: efecto de la interacción de segundo orden del i -ésimo nivel de factor cobre, j -ésimo nivel de factor zinc y k -ésimo nivel del factor sexo.
- $\alpha\delta_{il}$: efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de factor cobre y el l -ésimo período.
- $\beta\delta_{jl}$: efecto de la interacción de primer orden del j -ésimo nivel de factor zinc y el l -ésimo período.
- $\theta\delta_{kl}$: efecto de la interacción de primer orden del k -ésimo nivel de factor sexo y el l -ésimo período.
- $\alpha\theta\delta_{ikl}$: efecto de la interacción de segundo orden del i -ésimo nivel de factor cobre, k -ésimo nivel de factor sexo y el l -ésimo período.
- $\beta\theta\delta_{jkl}$: efecto de la interacción de segundo orden del j -ésimo nivel de factor zinc, k -ésimo nivel de factor sexo y el l -ésimo período.
- $\alpha\beta\delta_{ijl}$: efecto de la interacción de segundo orden del i -ésimo nivel de factor cobre, j -ésimo nivel de factor zinc y el l -ésimo período.
- $\alpha\beta\theta\delta_{ijkl}$: efecto de la interacción de tercer orden del i -ésimo nivel de factor cobre, j -ésimo nivel de factor zinc, k -ésimo nivel de factor sexo y el l -ésimo período.
- $\epsilon_{m(i,j,k)}$: Efecto aleatorio del m -ésimo sujeto en el i -ésimo, j -ésimo y k -ésimo nivel de los factores cobre, zinc y sexo, respectivamente.
- ϵ_{ijklmn} : Componente aleatorio del experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biomasa disponible por hectárea y la altura del forraje (TABLA I) no presentaron variaciones significativas ($P > 0,05$) entre el inicio y final del ensayo, con valores de biomasa por encima de 2.000 kg MS/ha, considerado como el valor mínimo para no afectar el consumo de rumiantes a pastoreo [37]. La biomasa disponible por UA/d disminuyó ($P < 0,05$) al día 120 de ensayo, debido a problemas de inundación del río Uribante, lo cual redujo a la mitad la superficie de pastoreo. La altura del pasto se encontró dentro del rango considerado como adecuado para ser pastoreado de 30 a 40 cm [26]. La calidad del forraje desde el punto de vista de porcentaje de área de cobertura, material verde y seco, y relación verde:seco, fue disminuyendo ($P < 0,05$) a lo largo del ensayo (TABLA I). Al final del experimento, se observó una baja cantidad de material verde y elevada de material seco, debido a que los animales tienen preferencia por el material verde [36], por lo que la cantidad de este material para seleccionar fue muy baja.

La PC del forraje (TABLA II), pudo ser un factor limitante del consumo, ya que al inicio y final del experimento, estuvo cercana y por debajo, respectivamente, al 7% considerado por Milford y Minson [34] como mínimo para un consumo adecuado. El contenido de FDN fue ligeramente superior al valor sugerido por Van Soest [56] de 55-60%, para no afectar el consumo voluntario, sin embargo, los valores de FDN de gramíneas tropicales son superiores a este rango, y se han reportado valores entre 63,5 y 74,9% FDN y 5,5 y 11,9% de PC [31]. Las concentraciones de Mg, P, K, Cu, Zn en el forraje (TABLA II), fueron adecuadas a los requerimientos de los animales, no así las de Ca y Na [13]. Sin embargo, los animales recibieron suplemento mineral con un contenido de Ca de 11,7% y Na de 12,7%. El contenido de S fue ligeramente elevado tanto al inicio del ensayo (0,17%) como al final del mismo (0,28%), sin embargo, la concentración máxima tolerable de S para los rumiantes es 0,4% [38]. Los valores de Fe y Mn fueron elevados respecto a los requerimientos, coincidiendo con lo observado por otros autores [14, 18, 32]. Adicionalmente, el suplemento mineral oral contenía 750 y 400 ppm de Fe y Mn, respectivamente, lo cual pudiera causar antagonismo con la utilización de otros minerales. El suplemento mineral oral fue bajo en el contenido de Ca, P, Cu y Zn con respecto a los valores sugeridos por Chicco y Godoy [13, 39] para mezclas minerales

TABLA I
OFERTA DE MATERIA SECA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL FORRAJE DURANTE EL EXPERIMENTO /
DRY MATTER OFFERED AND STRUCTURAL ANALYSIS OF THE FORAGE DURING THE EXPERIMENT.

	MS (kg MS/ha)	MS (kg MS/UA/día)	Altura (cm)	Cobertura Aérea (%)	Verde (%)	Seco (%)	Relación Verde:Seco
Inicio de ensayo	2.265,8	50,7 ^a	33,3	94,9 ^a	47,6 ^a	54,2 ^b	1,08 ^a
Final del ensayo	2.418,2	32,9 ^b	35,3	86,5 ^b	14,03 ^b	85,9 ^a	0,17 ^b
Promedio General	2.342	41,8	34,3	90,7	30,8	70,1	0,63

^{a, b} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$). MS: Materia seca.

TABLA II
ANÁLISIS QUÍMICO DEL FORRAJE Y SUPLEMENTO MINERAL ORAL /
CHEMICAL COMPOSITION OF FORAGE AND ORAL MINERAL SUPPLEMENT

Nutriente	Forraje		Requerimiento ⁺	Suplemento mineral	
	Inicio de ensayo	Final de ensayo		Contenido	Valor sugerido ⁺⁺
PC (%)	7,35	5,69	-	-	-
FDN (%)	61,23	63,64	-	-	-
FDA (%)	38,55	43,01	-	-	-
Ceniza (%)	6,96	7,79			
Ca (%)	0,23	0,22	0,25-0,35	11,7	16
P (%)	0,21	0,21	0,22-0,36	2,7	10
Mg (%)	0,20	0,21	0,10	1,1	1
Na (%)	0,044	0,034	0,06-0,08	12,7	12
K (%)	0,87	1,08	0,60	-	-
S (%)	0,17	0,28	0,15	-	1
Cu (ppm)	20	18	10	500	1.200
Zn (ppm)	44	40	30	2.200	4.200
Fe (ppm)	178	108	50	750	0
Mn (ppm)	280	390	20	400	0

Fuente: ⁺ [13] ⁺⁺ [39].

en Venezuela, quienes además señalan que de 25 suplementos minerales comercializados en el país, 28; 29; 30 y 48% de estos son bajos en Ca, P, Cu y Zn, respectivamente.

La mayoría de las variables estudiadas en el agua de bebida (TABLA III) se encontraron dentro del valor referencial sugerido por la literatura [21, 30, 40], excepto Mn, el cual fue elevado en las dos fuentes de agua (0,7 y 0,8 mg/L), pudiendo haber limitado el consumo por alteración del sabor [5]. Los valores observados son superiores a los reportados por Aparicio y col. [2] de 0,04 mg/L, y a los señalados por Socha y col. [50] quienes observaron concentraciones de Mn en agua entre 0,003 y 0,29 mg/L.

La GDP de los animales no fue afectada por la suplementación mineral parenteral con cobre o zinc, o la combinación de ambos ($P > 0,05$), con un promedio general de 101,1 g/día (TABLA IV). La baja GDP puede ser debida al bajo contenido de PC y energía del forraje, que no pudieron cubrir las necesidades de los animales. Adicionalmente, la cantidad de material verde en el forraje fue muy baja y pudo ser otro factor importante que afectó el consumo y por ende la GDP.

La falta de respuesta de los animales a la suplementación parenteral pudo ser debida al contenido de Cu y Zn en el forraje, el cual fue adecuado a las necesidades de los animales (TABLA II), además Underwood y Suttle [55], señalan que la ingestión de alimento determina las necesidades netas de minerales para mantenimiento, disminuyendo en períodos de baja ingesta. Bajo las condiciones de este ensayo, donde el consumo pudo estar limitado por la calidad de la dieta, las necesidades netas de minerales para mantenimiento pudieron ser bajas y cubiertas por el

forraje y suplemento mineral oral. A pesar que las concentraciones de Fe en el forraje y suplemento mineral oral fueron elevadas, no afectaron la utilización del Cu. Al respecto, Humphries y col. [29] observaron que, ni el crecimiento ni la conversión de alimento fueron afectados con consumos de 800 ppm de Fe en becerros en crecimiento, y tampoco se afectó el consumo de materia seca y peso vivo en vacas cuando consumían 1.000 ppm de Fe [44]. Las concentraciones de Mn en el forraje fueron elevadas, sin embargo, el efecto negativo del Mn sobre consumo de alimento y ganancia de peso en becerros se observó a concentraciones superiores a 820 ppm [16].

Aparicio y col. [2] encontraron diferencias en el incremento de peso vivo de becerros Brahman a favor de los suplementados con cobre vía parenteral al compararlos con los no suplementados, siendo el cobre bajo en el forraje (2,93 ppm), y las concentraciones de Fe más elevadas a las observadas en este ensayo (582,42 ppm).

Los resultados de este experimento coinciden con los de Ferrer y col. [22] y Mattioli y col. [33], quienes señalaron que no hubo diferencias en la ganancia de peso y peso vivo respectivamente en animales tratados y no tratados con cobre inyectado, a pesar de haber aumento de la cupremia en los últimos.

La GDP fue afectada por el tiempo ($P < 0,01$) con un comportamiento cúbico, siendo superior en el período comprendido entre el día 28 y 56 (255,5 g/d) y con pérdidas de peso entre el día 56 y 84 (-36,1 g/d). No se observaron diferencias de GDP entre sexos ($P > 0,05$) con valores promedio de 112,3 y 89,9 g/d para hembras y machos, respectivamente (TA-

TABLA III
ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS FUENTES DE AGUA OFRECIDAS A LOS ANIMALES /
CHEMICAL ANALYSIS OF WATER SOURCES AVAILABLES TO ANIMALS.

	pH	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	Cloruros	Sulfatos
	mg/L									
Río Uribante	7,8	28,2	3,8	9,0	0,2	0,1	0,7	0	3,39	183,6
Naciente	7,2	4,5	1,1	5,2	0,2	0,1	0,8	0,25	1,19	55,2
VR	6,8-9,2 ⁺	<250 ⁺	<500 ⁺	<5.000 ⁺	<1 ⁺⁺	<5 ⁺⁺	<0,05 ⁺⁺	<10 ⁺⁺	<4.000 ⁺⁺⁺	<1.500 ⁺⁺⁺

VR: Valor referencial. Fuente: ⁺ [21], ⁺⁺ [30], ⁺⁺⁺ [40].

TABLA IV
PROMEDIO DE PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA DE PESO EN MACHOS Y HEMBRAS BRAHMAN
EN CRECIMIENTO SUPLEMENTADOS CON COBRE Y ZINC / AVERAGE BODY WEIGHT AND DAILY GAIN OF GROWING
MALES AND FEMALES BRAHMAN SUPPLEMENTED WITH COPPER AND ZINC.

Tratamiento	PV (kg)		GDP (g/d)				Promedio de GDP (g/d)	EE
	Inicial	Final	Día ¹					
			28	56	84	120		
Mautas								
SMO	160,4	172,6	142,8	267,8	-8,9	27,8	107,4	37,0
SMO-Cu	163,9	178,0	84,8	223,2	8,9	145,8	115,7	37,0
SMO-Zn	165,8	181,0	45,9	382,6	-51,0	126,9	126,1	39,6
SMO-Cu-Zn	171,6	184,0	75,9	223,2	-49,1	149,3	99,8	37,0
Promedio	165,4	178,9	87,4	274,2	-25,0	112,5	112,3	18,8
EE	6,0	6,1	39,6	36,1	34,9	41,7	18,8	
Mautes								
SMO	189,7	197,1	75,9	223,2	-160,7	97,2	58,9	37,0
SMO-Cu	184,3	195,3	25,5	255,1	-35,7	115,1	124,6	39,6
SMO-Zn	183,2	198,1	40,2	290,2	53,5	114,6	89,9	37,0
SMO-Cu-Zn	190,0	201,1	25,5	178,6	-45,9	186,5	86,1	39,6
Promedio	186,8	197,9	41,7	236,8	-47,2	128,4	89,9	19,1
EE	6,1	6,2	39,7	36,7	35,5	42,5	19,1	
Promedio General	176,1	188,4	64,5 ^b	255,5 ^a	-36,1 ^c	120,4 ^b	101,1	13,4
EE	4,3	4,4	27,8	25,7	24,9	29,8	13,4	

PV: Peso vivo. GDP: Ganancia diaria de peso. EE: Error estándar del promedio. ^{a, b, c} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas (P<0,01). ¹Efecto del tiempo.

BLA IV). La igualdad en las ganancias de peso entre machos y hembras puede ser debida a que es necesario un nivel óptimo de nutrición para el desarrollo de las diferencias sexuales en los animales domésticos, y los machos son severamente más afectados por un aporte alimenticio deficitario que las hembras, debido probablemente al mayor tamaño de los primeros [43]. Los resultados coinciden con los de Ríos y col. [47], quienes no observaron diferencias en GDP de machos y hembras en crecimiento consumiendo sólo forraje de 7,4% de proteína cruda. Se ha observado que ante una dieta con adecuado contenido de nutrientes, los machos se comportan mejor que las hembras en cuanto a GDP [7, 47].

El incremento en AC fue afectado por la aplicación de Zn (FIG. 1), siendo mayor el incremento (P<0,05) en los animales que no fueron inyectados con este mineral (5,1 vs. 3,7 cm). Ott y Asquith [41], comentan que un bajo consumo de minerales trazas tiene un efecto principalmente sobre la calidad y no la cantidad de hueso.

Los incrementos en PT y AG (TABLA V) no fueron afectados por los tratamientos (P>0,05) con promedios generales de 6,53 y 4,83 cm, respectivamente. Comportamiento similar se observó en equinos suplementados o no con minerales traza [41]. A pesar que los machos fueron de mayor tamaño que las hembras al inicio del ensayo (P<0,05) respecto a AC

(112,3 vs 107,3 cm), PT (131,1 vs. 125,4 cm) y AG (117,8 vs. 114,5 cm), no se observaron diferencias por efecto del sexo sobre el incremento en estas medidas corporales.

Todos los tratamientos tuvieron valores de Hct y Hb dentro del rango de referencia considerado por Schalm y col. [49] de 24 a 46% para Hct y 8 a 15 g/100 mL para Hb. El Hct fue afectado ($P < 0,05$) por la interacción tiempo x cobre, donde los animales no inyectados con este mineral (FIG. 2), tuvieron un mayor descenso en su porcentaje al día 56 que los grupos inyectados. Esta disminución puede estar asociada a un bajo contenido de proteína en la dieta [46, 49] y el cobre pudo favorecer a que esta disminución no fuese tan acentuada, ya que participa de manera indirecta en la hematopoyesis, por medio de la ceruloplasmina, la cual contiene cobre y actúa como eslabón entre el metabolismo de hierro y del cobre [24].

La Hb (TABLA VI) no fue afectada por la suplementación parenteral ($P > 0,05$), coincidiendo con Brem y Roux [6], quienes no observaron diferencias en la concentración de Hb en animales suplementados con cobre vía parenteral en comparación con el grupo no inyectado. Se observaron diferencias en Hb a través del tiempo ($P < 0,05$) con una tendencia a ir disminuyendo a medida que transcurrió el experimento, contrario a lo observado por Ward y Spears [58], quienes observaron un aumento de Hb en el tiempo en bovinos en crecimiento con o sin cobre suplementado. Esta disminución puede estar relacionada con un bajo contenido proteico en la dieta [46] y puede estar relacionada al mismo tiempo con la disminución de hematocrito.

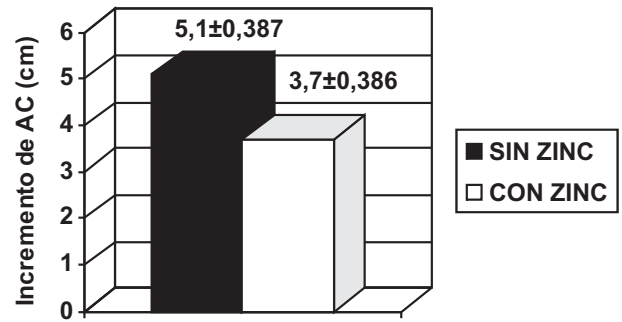


FIGURA 1. EFECTO DEL ZINC SOBRE EL INCREMENTO DE ALTURA A LA CRUZ (AC) DE BOVINOS SUPLEMENTADOS PARENTERALMENTE / EFFECT OF ZINC ON THE INCREMENT OF WITHER HEIGHT OF CATTLE PARENTERALLY SUPPLEMENTED.

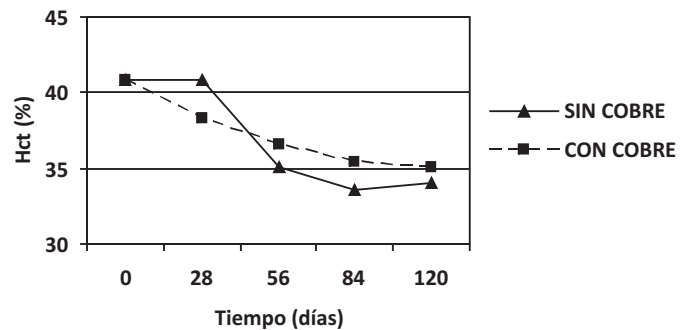


FIGURA 2. EFECTO DE LA INTERACCIÓN TIEMPO X COBRE SOBRE EL PORCENTAJE DE HEMATOCRITO / EFFECT OF THE INTERACTION TIME X COPPER ON HEMATOCRIT VALUES.

**TABLA V
MEDIDAS CORPORALES DE BOVINOS BRAHMAN EN CRECIMIENTO SUPLEMENTADOS CON COBRE Y ZINC /
BODY MEASUREMENTS IN GROWING BRAHMAN CATTLE SUPPLEMENTED WITH COPPER AND ZINC.**

Medida	Tratamientos								Promedio (cm)
	Mautas				Mautes				
	SMO	SMO-Cu	SMO-Zn	SMO-Cu-Zn	SMO	SMO-Cu	SMO-Zn	SMO-Cu-Zn	
AC (cm)									
Inicial	106,8	107,6	107,4	107,6	112,1	111,4	112,1	113,5	109,8
Incremento	4,93	4,80	4,63	2,15	4,75	5,78	4,38	3,58	4,38
EE	0,81	0,72	0,76	0,76	0,81	0,76	0,76	0,81	0,27
PT (cm)									
Inicial	123,2	122,6	128,4	127,6	129,9	131,4	129,6	133,2	128,2
Incremento	5,50	6,95	7,32	5,39	8,55	4,33	7,75	6,41	6,53
EE	1,32	1,19	1,31	1,23	1,31	1,24	1,31	1,26	0,44
AG (cm)									
Inicial	113,5	114,9	114,4	115,2	117,4	118,7	116,1	119,2	116,2
Incremento	4,25	3,87	5,09	3,76	5,28	6,15	6,62	3,58	4,83
EE	1,06	1,06	1,14	1,22	1,06	1,14	0,99	1,15	0,38

EE: Error estándar de la media del incremento.

TABLA VI
CONCENTRACIONES DE HEMOGLOBINA EN BOVINOS BRAHMAN EN CRECIMIENTO SUPLEMENTADOS CON COBRE Y ZINC / HEMOGLOBIN CONCENTRATIONS IN GROWING BRAHMAN CATTLE SUPPLEMENTED WITH COPPER AND ZINC.

Variable	Tratamiento	Día ¹					Promedio	EE
		0	28	56	84	120		
	Mautas							
	SMO	11,8	11,2	11,3	11,8	11,1	11,4	0,584
	SMO-Cu	11,8	11,2	11,2	11,6	11,3	11,4	0,584
	SMO-Zn	12,5	12,4	11,9	12,6	12,4	12,4	0,584
	SMO-Cu-Zn	12,5	11,6	11,7	12,0	11,7	11,9	0,584
	Promedio	12,1	11,6	11,5	12,0	11,6	11,8	0,292
	EE	0,328	0,336	0,332	0,347	0,297	0,292	
Hb (g/100 mL)	Mautes							
	SMO	12,5	11,1	11,0	11,0	11,2	11,4	0,584
	SMO-Cu	12,7	11,3	12,3	12,6	12,1	12,2	0,584
	SMO-Zn	12,5	10,3	11,0	11,3	10,4	11,1	0,584
	SMO-Cu-Zn	11,4	11,7	11,6	11,5	11,6	11,6	0,584
	Promedio	12,3	11,1	11,5	11,6	11,4	11,6	0,292
	EE	0,328	0,336	0,332	0,347	0,297	0,292	
	Promedio General	12,2 ^a	11,4 ^b	11,5 ^b	11,8 ^{ab}	11,5 ^b	11,7	0,206
	EE	0,232	0,238	0,235	0,245	0,210	0,206	

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas (P<0,05). EE: Error estándar del promedio. ¹Efecto del tiempo.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este ensayo donde los animales pastaban forrajes con bajo contenido de proteína cruda y un contenido adecuado de cobre y zinc, la suplementación vía parenteral con estos minerales no mejoró la ganancia diaria de peso, el incremento en perímetro torácico y altura a la grupa, a pesar de haber cantidades ligeramente elevadas de hierro y manganeso en la dieta. Los animales que fueron suplementados con zinc vía parenteral mostraron un menor incremento en la altura a la cruz respecto a los no suplementados con este mineral.

El hematocrito y hemoglobina disminuyeron a lo largo del experimento, sin embargo, es posible que la aplicación de cobre vía parenteral permitiera una disminución del hematocrito menos marcada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMMERMAN, C. B.; GOODRICH, R. D. Advances in mineral nutrition in ruminants. *J. Anim. Sci.* 57(2):519-533. 1983.
- [2] APARICIO, R.; TORRES, R.; ASTUDILLO, L.; CÓRDOVA, L.; CARRASQUEL, J. Suplementación parenteral con cobre sobre el peso de becerros en crecimiento. *Zoot. Trop.* 25(3): 221-224. 2007.
- [3] ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis.** 14th Ed. Washington. USA. 190 pp. 1984.
- [4] ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis.** 15th Ed. Arlington, Virginia. USA. 1018 pp. 1990.
- [5] BEEDE, D. K. Assessment of water quality and nutrition for dairy cattle. **Proceeding of Mid-South Rum. Nut. Conf.** 27 y 28 de Abril. Arlington, Texas. USA. 1-19 pp. 2005.
- [6] BREM, J. J.; ROUX, J. P. Aspectos clínico-hematológicos de la molibdenosis experimental en bovinos, con y sin tratamiento parenteral de cobre. *Vet. Arg.* 8: 38-49. 1991.
- [7] CARNEVALI, A. A.; CHICCO, C. F.; SHULTZ, T. A.; RODRÍGUEZ, S.; SHULTZ, E. Efecto de la suplementación con melaza y urea para bovinos a pastoreo. *Agro. Trop.* 20(6): 433-443. 1970.
- [8] CHACÍN, F. B. Experimentos factoriales. **Diseño y Análisis de Experimentos.** Ediciones del Vicerrectorado Académico. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela. 169-220 pp. 2000.
- [9] CHACÓN, E.; STOBBS, T. H.; HAYDOCK, K. P. Estimation of leaf and stem contents of oesophageal extrusa samples from cattle. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 43: 73-75. 1977.

- [10] CHEN, P. S.; TORIBARA, T. Y.; WARNER, H. Microdetermination of phosphorus. **Anal. Chem.** 28(11): 1756-1758. 1956.
- [11] CHICCO, C. F.; GODOY, S. Deficiencias minerales y condiciones asociadas en la ganadería de carne de las sabanas de Venezuela. En: N. Obispo, E. Salazar y A. Romero (Eds.). **Primer Curso Internacional sobre Avances en la Nutrición de los Rumiantes** (Memorias). 26 al 30 de Septiembre. Cabudare, Venezuela. 101-128pp. 2005.
- [12] CHICCO, C. F.; GODOY, S. Nutrición mineral de los bovinos de carne en Venezuela. En: R. Romero, J. Arango y J. Salomón (Eds.). **XVIII Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. 24 y 25 de Octubre. Maracay, Venezuela. 139-168 pp. 2002.
- [13] CHICCO, C. F.; GODOY, S. Restricciones y alternativas para la nutrición en bovinos en el trópico. En: R. Romero, J. Salomón y J. De Venanzi. (Eds.). **XX Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. 20 y 21 de Octubre. Maracay, Venezuela. 157-190pp. 2005.
- [14] CHICCO, C. F.; GODOY, S. Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. En: N. Peña de Borsotti y D. Plasse (Eds.). **III Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. 22 y 23 de Octubre. Maracay, Venezuela. 47-103pp. 1987.
- [15] CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; TRUSSELL, R. R. Determinación de metales. Parte 3000. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA, AWWA y WPCF. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid. España. 1-188pp. 1992.
- [16] CUNNINGHAM, G. N.; WISE, M. B.; BARRICK, E. R. Effect of high dietary levels of manganese on the performance and blood constituents of calves. **J. Anim. Sci.** 25: 532-538. 1966.
- [17] DAVIS, C. Normal-Theory Methods: Repeated Measures ANOVA. **Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements**. Springer-Verlag New York Inc. New York. USA. 103-123pp. 2002.
- [18] DEPABLOS, L.; GODOY, S.; CHICCO, C. F.; ORDÓÑEZ, J. Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. **Zoot. Trop.** 27(1): 25-37. 2009.
- [19] DEPABLOS, L.; MORENO, C. Concentraciones minerales en suero sanguíneo de hembras bovinas Brahman en una finca del sur del Estado Táchira, Venezuela. **Rev. Científ. UNET.** 15(2): 17-35. 2003.
- [20] DUBUC, W. Cronometría y zoometría. **Zootecnia General**. Volumen I. 3^{ra} Ed. Ediciones DUMAR. Caracas. Venezuela. 265-292pp. 1991.
- [21] EDWARDS, K. A.; CLASSEN, G. A.; SCHROTEN, E. H. J. Water quality. **The Water Resource in Tropical Africa and its Exploitation**. ILCA Report Nº 6. International Livestock Centre for Africa. Addis Ababa, Ethiopia. 49-58pp. 1983.
- [22] FERRER, C. G.; RAMÍREZ, C. E.; ZACCARDI, E. M. Efecto de la suplementación parenteral con cobre sobre la ganancia diaria de peso en bovinos de diferentes edades. **Rev. Arg. Prod. Anim.** 9(3): 173-178. 1989.
- [23] FISHER, G. L. Function and homeostasis of copper and zinc in mammals. **Sci. of the Total Environm.** 4: 373-421. 1975.
- [24] FRIEDEN, E. Ceruloplasmin, a link between copper and iron metabolism. **Adv. in Chemis. Series.** 100: 292-321. 1971.
- [25] GARCÍA, J.; MONTONI, D.; PARRA, J.; MORENO, C.; MORA, R.; CÁRDENAS, I. Resultados y aspectos de manejo relevantes del programa de organización de la producción de animales F1 Holstein×Cebú del convenio UNET-FOGASOA- SEMPRO. En: **XVI Jornadas Técnicas de Ganadería [CD-ROM]**. Universidad Nacional Experimental del Táchira. 6 y 7 de Noviembre. San Cristóbal, Venezuela. 243-280pp. 2006.
- [26] GIL, R. A.; RODRIGUEZ, S. Forrajes y su manejo. En: D. Plasse y R. Salom (Eds.). **Ganadería de Carne en Venezuela**. 2^{da} Ed. Caracas. Venezuela. 29-60pp. 1979.
- [27] GILL, J. L. Repeated Measurement: Sensitive Tests for Experiments with few animals. **J. Anim. Sci.** 63: 943-954. 1986.
- [28] HOLDRIDGE, L. R. The life zone. **Life Zone Ecology**. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 206pp. 1967.
- [29] HUMPHRIES, W. R.; PHILLIPPO, M.; YOUNG, B. W.; BREMNER, I. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. **Br. J. Nutr.** 49: 77-86. 1983.
- [30] INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). Agua, valores de referencia para bovinos de cría. 2002. Servicio de Diagnóstico Veterinario Especializado. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Buenos Aires, Argentina. En línea. http://www.inta.gov.ar/balcarce/gsa/sdve/valoref_agua.htm. 22.06.08.
- [31] JUAREZ, F. I.; FOX, D. G.; BLAKE, R. W.; PELL, A. N. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical México. **J. Dairy Sci.** 82: 2136-2145. 1999.
- [32] LÓPEZ, M.; GODOY, S.; ALFARO, C.; CHICCO, C. F. Evaluación de la nutrición mineral en sabanas bien drenadas al sur del estado Monagas, Venezuela. **Rev. Científ. FCV-LUZ.** XVIII (2): 197-206. 2008.

- [33] MATTIOLI, G. A.; FAZZIO, L. E.; ROSA, D. E.; PICCO, S. J.; ANGELICO, D.; TURIC, E. Eficacia de la suplementación con Cu-Zn en terneros. **Vet. Arg.** 25(242): 90-98. 2008.
- [34] MILFORD, R.; MINSON, D. J. Intake of tropical pasture species. **Proceeding of the IX International Grassland Congress**. 7 al 20 de Enero. Sao Paulo, Brasil. 815-822pp. 1965.
- [35] MILLER, W. J. Zinc nutrition in cattle. A review. **J. Dairy Sci.** 53: 1123-1135. 1970.
- [36] MINSON, D. J. Forage Quality: Assessing the Plant-Animal Complex. In: J. A. Smith y V. W. Hays (Eds). **Proceeding of the XIV International Grassland Congress**. 15 al 24 de Junio. Boulder, Colorado. USA. 23-29pp. 1981.
- [37] MINSON, D. J. Intake of grazed forage. In: T. Cunha (Ed). **Forage in Ruminant Nutrition**. Academy Press. San Diego. USA. 60-84pp. 1990.
- [38] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Mineral Tolerance of Domestic Animals**. National Academy of Sciences. Washington, D.C. USA. 577pp. 1980.
- [39] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th Ed. National Academy Press. Washington, USA. 447pp. 2000.
- [40] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th Ed. National Academy Press. Washington, USA. 381pp. 2001.
- [41] OTT, E. A.; ASQUITH, R. L. Trace mineral supplementation of yearling horses. **J. Anim. Sci.** 73: 466-471. 1995.
- [42] PALADINES, O. Medida de la producción primaria de los potreros. **Metodologías de Pastizales**. Proyecto de fomento ganadero PROFOGAN. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Deutsche Gessellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) Serie metodología manual. N° 1: Pasto y forrajes. Convenio Ecuatoriano-Alemán. Quito. Ecuador. 39-81pp. 1992.
- [43] PÁLSSON, H. Conformación y composición del cuerpo. En: J. Hammond (Ed.). **Avances en Fisiología Zootécnica**. Volumen I. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 510-641pp. 1959.
- [44] PINTO-SANTINI, L.; GODOY, S.; CHICCO, C.; CHACÓN, T. Efecto de altos niveles de hierro y molibdeno sobre la nutrición del cobre en vacas mestizas. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. XVII (6): 588-596. 2007.
- [45] QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. Comparing groups or treatments-analysis of variance. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists**. Cambridge University Press. United Kingdom. 173-207pp. 2002.
- [46] RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K. W. Enfermedades causadas por deficiencias nutricionales. **Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del Ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino**. Volumen II. 9^{na} Ed. McGraw Hill. España. 1753-1855pp. 2002.
- [47] RÍOS, J.; CHICCO, C. F.; SHULTZ, T. A.; FRÓMETA, L. Sistemas de suplementación para becerros destetados a pastoreo. **Agro. Trop.** 25(3): 235-241. 1975.
- [48] ROJAS, L. X.; MOYA, A.; MCDOWELL, L. R.; MARTIN, F. G.; CONRAD, J. H. Estado mineral de una finca en el suroeste de los llanos de Venezuela. **Zoot. Trop.** 12(2): 161-186. 1994.
- [49] SCHALM, O. W.; JAIN, N. C.; CARROLL, E. J. Materiales y métodos para el estudio de la sangre. **Hematología Veterinaria**. 1^{ra} Ed. en Español. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires. Argentina. 15-88pp. 1981.
- [50] SOCHA, M. T.; LINN, J. G.; TOMLINSON, D. J.; JOHNSON, A. B. Impact of variations in chemical composition of water on potential palatability and mineral intake of dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 84 (Suppl. 1): 85. 2001.
- [51] SPSS Inc. Versión 15,0. IBM Company Headquarters. Illinois. USA. 2006.
- [52] STATISTIX ANALYTICAL SOFTWARE. Versión 8,0. 2003.
- [53] STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Comparaciones múltiples. **Bioestadística: Principios y Procedimientos**. 2^{da} Ed. McGraw-Hill. México. 166-187pp. 1988.
- [54] TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. **Agro. J.** 62: 805-806. 1970.
- [55] UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. Introducción general. **Los Minerales en la Nutrición del Ganado**. 3^{ra} Ed. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1-16pp. 2003.
- [56] VAN SOEST, P. J. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Symposium on Factors Influencing the Voluntary Intake of Herbage by Ruminants. **J. Anim. Sci.** 24: 834-843. 1965.
- [57] VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Method for determination of lignin, cellulose and silica. **J. Anim. Sci.** 26: 940. 1967.
- [58] WARD, J. D.; SPEARS, J. W. Long-term effects of consumption of low-copper diets with or without supplemental molybdenum on copper status, performance, and carcass characteristics of cattle. **J. Anim. Sci.** 75: 3057-3065. 1997.