

Suplementación parenteral con cobre y zinc en vacunos machos mestizos Brahman en los Llanos Occidentales de Venezuela

Robert Mora^{1*}, Ana Herrera¹, Dayanna Sánchez², Claudio Chicco³

Susmira Godoy⁴ y Luis Depablos⁵

¹Decanato de Investigación. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal 5001, Táchira. Venezuela.

²Departamento de Ingeniería de Producción Animal. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal 5001, Táchira. Venezuela.

³Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay 2101, Aragua. Venezuela.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Maracay 2101, Aragua. Venezuela.

⁵Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela.

RESUMEN

Durante 129 días, 60 vacunos mestizos Brahman con peso vivo (PV) de $201,6 \pm 2,65$ kg ubicados en los llanos occidentales de Venezuela fueron asignados a cuatro tratamientos: 1) suplementación mineral oral (SMO), 2) SMO con cobre inyectado (50 mg Cu/100 kg PV, cada 73 d), 3) SMO con zinc inyectado (57,35 mg Zn/100 kg PV, a los 0, 28, 73 y 101 d) y 4) SMO con cobre y zinc inyectado para evaluar PV, ganancia diaria de peso (GDP), medidas corporales (MC) y química sanguínea (QS). Los animales se manejaron a pastoreo con suplementación proteica (23,2% PC y 1,74 Mcal/kg MS de energía metabolizable). Cada 28 d se midió el cambio de PV y se tomaron muestras de forraje y sangre para análisis químico de hemoglobina, hematocrito, Cu y Zn. El perímetro torácico y altura a la cruz se midieron al principio y final del experimento. Los datos fueron analizados realizando un ANAVAR bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x2. No se observaron diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$) para PV y GDP con promedio general para GDP de $363,0 \pm 11,9$ g/d, mostrando interacción ($P < 0,05$) tiempo x Cu con mayores ganancias en animales suplementados en la época de transición sequía-lluvia (552,6 vs. 487,4 g/d) y más bajas en la época de lluvias, comparados con animales no suplementados (535,9 vs. 632,1 g/d). No se observaron diferencias en MC y QS ($P > 0,05$). Bajo las condiciones de este experimento, la suplementación parenteral con Cu y Zn no mejoró el comportamiento productivo ni la química sanguínea de los animales.

Palabras clave: ganancia de peso, medida corporal, minerales.

Parenteral supplementation of crossbred Brahman steers with copper and zinc in the western plains of Venezuela

ABSTRACT

During 129 days, 60 crossbred Brahman steers with body weight (BW) of 201.6 ± 2.65 kg located in the western plains of Venezuela were assigned to four treatments: 1) oral mineral supplementation (OMS), 2) OMS with injected Cu (50 mg Cu/100 kg BW, every 73 d), 3) OMS with injected Zn (57.35 mg Zn/100 kg BW, every 28 d), and 4) OMS with injected Cu and Zn, to evaluate BW, average daily gain (ADG), body measurements (BM), and blood chemistry (BC). The animals were kept on pasture with protein supplementation (23.2% CP and 1.74 Mcal/kg DM metabolizable energy). BW changes were measured every 28 d, and forage and blood samples were taken for chemical analysis of hemoglobin, hematocrit, Cu, and Zn. Heart girth and wither height were measured at the beginning and end of the experiment. Data were analyzed by ANOVA in a complete randomized design using a

*Autor de correspondencia: Robert Mora

E-mail: robertmora78@yahoo.com

2x2 factorial arrangement. No differences were found among treatments ($P > 0.05$) for BW and ADG with overall average ADG of 363.0 ± 11.9 g/d, showing ($P < 0.05$) an interaction time x Cu, with greater gains of supplemented animals in the transition dry-rainy season (552.6 vs. 487.4 g/d), and lower in the wet season, when compared with the unsupplemented animals (535.9 vs. 632.1 g/d). No differences in BM and BC were found ($P > 0.05$). Under the conditions of this experiment, Cu and Zn parenteral supplementation had no effect on animal performance and blood chemistry.

Key words: daily gain, body measurement, minerals.

INTRODUCCIÓN

La producción de vacunos de carne en Venezuela se lleva a cabo con animales pastando forrajes deficientes en nutrientes, variando estos últimos según la época del año, así como varía la disponibilidad de materia seca. Además de deficiencias de energía y proteína, se señalan las de minerales como Ca y P (Chicco y French, 1959; López *et al.*, 2008), Cu (Chicco y Godoy, 1987; López *et al.*, 2008), Na (Mora *et al.*, 2010) y Zn (McDowell *et al.*, 1989). Además, hay excesos de Fe y Mn (Chicco y Godoy, 1987; Depablos *et al.*, 2009a,b) que pueden afectar la absorción de otros minerales, particularmente P, Cu y Zn. La suplementación mineral adecuada a las condiciones de las áreas ganaderas no es una práctica común en el país y es frecuente que las mezclas minerales contengan Fe y Mn, lo que puede agravar los efectos antagonísticos sobre otros minerales. Adicionalmente, en algunas zonas del país, para compensar el bajo contenido de proteína del forraje se utiliza cama de pollo como fuente de nitrógeno, la cual si bien aporta altas cantidades de Cu (Bhattacharya y Taylor, 1975; Deshck *et al.*, 1998) y Zn (Bhattacharya y Taylor, 1975; Pacheco *et al.*, 2003), también incorpora elevadas cantidades de minerales antagonistas como Fe, S (Pacheco *et al.*, 2003) y Ca (Bhattacharya y Taylor, 1975; Álvarez y Combellas, 2003) que, conjuntamente con el suplemento mineral oral, podrían interferir aún más con la utilización de otros minerales, especialmente Cu y Zn.

Bajo estas circunstancias, parece conveniente evaluar alternativas al suministro de minerales a los vacunos, tales como inyecciones subcutáneas, que permitan incrementar la disponibilidad a nivel tisular, evitando las interacciones en el tracto gastrointestinal. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la suplementación parenteral con Cu y Zn sobre el peso vivo, ganancia diaria de peso, medidas corporales y química sanguínea de vacunos mestizos Brahman localizados en los llanos occidentales de Venezuela, pastando forrajes con bajo contenido de estos minerales y suplementados con cama de pollo, en el supuesto que el exceso de Fe, S y Ca de la dieta pudiera limitar la utilización de estos dos cationes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Manejo del experimento

El experimento se realizó en la Unidad de Producción "Fundo Acapulco", la cual se encuentra localizada en la Aldea La Ceiba, municipio Páez del estado Apure, Venezuela, a $7^{\circ}20'56''$ N; $71^{\circ}42'04''$ O y 191 msnm, en una zona de Bosque Húmedo Tropical (Holdridge, 1967). El clima de la región es estacional, con precipitaciones entre 1 400 y cerca de 2 000 mm, con 6 a 10 meses húmedos, aumentando hacia el piedemonte andino, y con suelos imperfectamente drenados (Comerma, 2009). Los suelos de la zona se caracterizan por presentar un pH 5,16; bajos contenido de materia orgánica (0,44%) y textura franco-arenosa.

Sesenta vacunos machos mestizos Brahman con un peso vivo (PV) de $201,6 \pm 2,65$ kg fueron estratificados por PV y asignados por un período de 129 d a cuatro tratamientos, a saber: 1) suplementación mineral oral (SMO), 2) SMO y cobre inyectado (SMO+Cu), 3) SMO y zinc inyectado (SMO+Zn) y 4) SMO más cobre y zinc inyectado (SMO+Cu+Zn). La mezcla mineral suplementada por vía oral (48 g/anim/d) estuvo incluida en un suplemento que se ofertó a los animales a razón de 800 g/anim/d y que correspondió al manejo alimentario que se aplica tradicionalmente a los animales en la unidad de producción. El suplemento contenía 3,71% N y energía metabolizable estimada en 1,74 Mcal/kg MS y estaba constituido por 79% de cama de pollo (2,95% N; 1,6% Ca; 0,49% S; 71,5 ppm Cu; 328,8 ppm Zn; 976 ppm Fe y 258,3 ppm Mn), 12% de melaza de caña, 3% de urea (44% N) y 6% de una premezcla mineral (30% Ca; 5% S; 198 ppm Cu; 34 ppm Zn; 809 ppm Fe y 198 ppm Mn).

Por vía subcutánea se inyectó en la región pre-escapular la dosis de zinc (57,35 mg/100 kg PV) a los días 0, 28, 73, 101 del ensayo y la dosis de cobre (50 mg/100 kg PV) a los días 0 y 73. Los productos utilizados tenían como principio activo gluconato de zinc (11,5 mg Zn/mL) y glicinato de cobre (25 mg Cu/mL). Los animales fueron desparasitados con Ivermectina al 3,15%, con una dosis de 1 mL/50 kg PV. Los días 0 y 28 de ensayo coincidieron con la época de sequía, el día 73 con la transición sequía-luvia y los días 101 y 129 con la época de lluvia.

Los animales pastaron de forma rotacional (2 d de ocupación y 32 d de descanso) en un lote único, sobre 17 potreros con predominio en orden ascendente de *Brachiaria arrecta*, *B. mutica*, *B. decumbens* y *B. humidicola*. Se empleó una carga de 0,9 UA/ha, con acceso al suplemento en comederos techados y agua *ad libitum* proveniente de fuente natural.

Evaluación de la dieta basal

Se tomaron muestras de forrajes (n=30) los días 0, 28, 73, 101 y 129 del ensayo, distribuyendo en función al gradiente de pendiente y vegetación, seis cuadros metálicos de 0,375 m² por cada 4 ha, que sirvieron como áreas de cosecha (Paladines, 1992). Se registró la altura del forraje dentro del área de muestreo (dos alturas por cuadro) con el empleo de una regla graduada (apreciación de 1 mm), mientras la cobertura aérea fue expresada como el porcentaje de suelo cubierto por forraje. Para la determinación de la biomasa presente en base a materia seca (MS), se realizó el corte del material vegetal a 10 cm sobre el nivel del suelo, obteniendo muestras que fueron identificadas y deshidratadas en estufa Thelco® (Modelo 6M) a 60°C hasta alcanzar peso constante. Luego de deshidratadas, se tomaron sub-muestras (50 g) de cada punto de muestreo y se determinaron los porcentajes de material verde y seco, porcentajes de hoja y tallo, y se calcularon las relaciones verde:seco y hoja:tallo mediante la metodología descrita por Chacón *et al.* (1997),

Posteriormente, seis muestras de forraje de cada época fueron molidas en un molino Thomas Wiley® (Modelo 4, EU) con tamiz de 1 mm de diámetro para la determinación de: proteína cruda (PC) por el método Kjeldahl y ceniza por incineración (AOAC, 1990), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de acuerdo a la metodología descrita por Van Soest y Wine (1967), y concentraciones de minerales (Ca, Mg, Na, K, Zn, Cu, Fe y Mn) por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 2000). El fósforo se determinó por el método colorimétrico descrito por Chen *et al.* (1956) y azufre por turbidimetría (Tabatabai y Bremner, 1970). Los análisis del suplemento mineral y la cama de pollo se realizaron por las mismas metodologías descritas para el forraje.

Se recolectaron muestras del agua (al inicio y al final del ensayo) a la que tenían acceso los animales, las cuales fueron colocadas en recipientes plásticos desmineralizados con HCl al 10% y trasladadas al laboratorio para la determinación de pH por electrometría, cloruros por el método argentométrico, sulfatos por turbidimetría y concentraciones de minerales (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Fe y Mn) por espectrofotometría de absorción atómica. Todas las variables evaluadas en agua se determinaron por las metodologías descritas por Clesceri *et al.* (1992).

Variables evaluadas en los animales

Peso vivo y ganancia diaria de peso

Para determinar el PV y la ganancia diaria de peso (GDP), los animales fueron pesados los días 0, 28, 73, 101 y 129 de ensayo, en una romana de apreciación de 1 kg (Tebabasca®, Modelo TBG-2500, VE), previa restricción de alimento y agua por un período de 18 h.

Medidas corporales

Al inicio y al final del experimento se registraron la altura a la cruz (AC) y el perímetro torácico (PT). La AC fue medida con un bastón zoométrico y se consideró como la distancia perpendicular desde el punto más elevado de la línea media de la cruz al suelo, mientras el PT se midió por detrás de la escápula (Dubuc, 1991), empleando una cinta métrica de 1 mm de apreciación.

Variables sanguíneas

Para evaluar la química sanguínea (QS), se escogieron al azar seis animales por tratamiento al inicio del ensayo (0 d), los cuales se usaron para los muestreos subsiguientes (28, 73, 101 y 129 d). Al momento del pesaje, a cada animal se le extrajo sangre por punción de la vena yugular con agujas 21x1", utilizando tubos vacutainer con y sin anticoagulante (EDTA). Luego de la coagulación espontánea a temperatura ambiente, las muestras fueron centrifugadas (Harmonic Series®, Modelo PLC-024) a 3 000 rpm durante 15 min para extraer el suero sanguíneo, el cual se conservó a -20°C hasta realizar las determinaciones de Cu y Zn por medio de espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 2000).

Las muestras con EDTA fueron trasladadas refrigeradas hasta el laboratorio y se les determinó hematocrito (Hct) por microcentrifugación (Readacrit centrifuge Clay Adams) según Schalm *et al.* (1981), y hemoglobina (Hb) por el método de cianometahemoglobina (Schalm *et al.*, 1981) con kit Hemoglowiener Reactivo y Estándar (Wiener Lab®), midiendo absorbancia a 545 nm utilizando el estándar de 14,7 g/100 mL, en un espectrofotómetro (Omega IV) de filtros con lámpara de tungsteno.

Análisis estadístico

Los información del forraje (biomasa, cobertura, altura, porcentaje de material verde y seco, relación hoja:tallo, ceniza, FDA, Mg, P, Cu y Mn) fue analizada por ANAVAR y para las diferencias estadísticas se utilizó la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988). Las variables relación verde:seco, PC, Ca, Na, K, S y Zn, por no cumplir el supuesto de normalidad, fueron transformadas a Logaritmo Neperiano y para las diferencias estadísticas

se utilizó la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988). Hierro, la FDN y el porcentaje de hoja y tallo fueron analizadas con la prueba de Kruskal-Wallis (Quinn y Keough, 2002). Los análisis estadísticos de las variables evaluadas en el forraje se realizaron empleando el software Statistix 8.0 (Statistix, 2003), considerando como fuente de variación la época del año (sequía, transición sequía-lluvia y lluvia).

Las variables AC y PT fueron analizadas realizando un ANAVAR bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2, con dos factores (Cu y Zn) a dos niveles cada uno (con y sin inyección). La variación temporal en AC no cumplió el supuesto de normalidad, por lo que fue transformado a logaritmo Neperiano. Las variables de PV, GDP y QS se analizaron a través de un ANAVAR bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 con medidas repetidas en el tiempo (Davis, 2002). En caso de diferencias estadísticas, se utilizó la prueba de medias de Bonferroni (Gill, 1986). Los datos fueron analizados con el software estadístico SPSS 15.0 (SPSS Inc., 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dieta basal

No se observaron diferencias ($P > 0,05$) en la MS presente en las áreas de pastoreo (Cuadro 1). Guenni *et al.* (2006) no observaron diferencias en la biomasa aérea producida por *B. humidicola* con y sin riego, en condiciones de sequía en suelo de textura franco-arenosa. Esta resistencia a la sequía puede ser una de las razones por las cuales no se observaron diferencias entre épocas en la biomasa presente en los potreros. La MS presente no fue una limitante para los animales, presentando valores superiores a 2 000 kg/ha (Minson, 1990) y 30 kg/anim/d (Lamela, 1992), los cuales han sido sugeridos para un desempeño adecuado de animales a pastoreo. La altura de forraje fue mayor ($P < 0,05$) en la época de lluvias en comparación con la sequía, registros que suponen la inexistencia de limitaciones al consumo voluntario a potrero de acuerdo a lo señalado por Ruiz *et al.* (1981), quienes indican que los vacunos consumen el 94% del forraje que se encuentra por encima de 20 cm de altura, aún cuando este estrato contiene sólo la mitad de materia seca del pasto. La cobertura aérea de forraje se mantuvo constante durante el experimento, con un promedio de $73,1 \pm 2,52$ %.

Desde el punto de vista estructural (Cuadro 1), hubo mayor ($P < 0,05$) cantidad de material verde y relación verde:seco durante las lluvias y transición sequía-lluvias, lo cual es favorable en virtud que los animales

Cuadro 1. Biomasa presente, altura, cobertura aérea y análisis estructural del forraje.

| Variable | Época | | |
|------------------|---------------|--------------------------|--------------|
| | Sequía | Transición sequía-lluvia | Lluvia |
| Biomasa presente | | | |
| kg MS/ha | 4 484 ± 543 | 3 675 ± 719 | 3 929 ± 285 |
| kg MS/anim/d | 85,4 ± 10,3 | 70,0 ± 13,7 | 74,8 ± 5,4 |
| Altura (cm) | 32,9 ± 1,9b | 40,0 ± 3,5ab | 48,9 ± 2,1a |
| Cobertura (%) | 70,4 ± 5,3 | 71,6 ± 4,7 | 76,6 ± 2,6 |
| Verde (%) | 32,0b ± 3,4b | 50,5 ± 4,6a | 62,5 ± 3,2a |
| Seco (%) | 67,9 ± 3,4a | 49,5 ± 4,6b | 37,5 ± 3,2b |
| Hoja (%) | 78,5 | 78,9 | 65,9 |
| Tallo (%) | 21,5 | 21,1 | 34,1 |
| Relación | | | |
| Verde:Seco | 0,45b | 1,02a | 1,71a |
| Hoja:Tallo | 3,78 ± 0,25ab | 4,40 ± 0,77a | 2,51 ± 0,45b |

^{a,b}Medias con letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

tienen preferencia por consumir la fracción verde del forraje (Minson, 1981b). Las fracciones de hoja y tallo no presentaron variaciones significativas entre épocas ($P > 0,05$), mientras que la relación hoja:tallo fue más elevada ($P < 0,05$) en la transición sequía-lluvia. En todos los periodos el porcentaje de hoja fue mayor que el de tallo, lo que es beneficioso ya que el animal tiende a consumir más dicha fracción (Chacón y Stobbs, 1976; Poppi *et al.*, 1980; Minson, 1981a).

El contenido de PC del forraje (Cuadro 2) fue inferior al 7% sugerido por Milford y Minson (1965)

Cuadro 2. Composición química del forraje.

| Variable | Época | | | Necesidades ¹ |
|------------|---------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| | Sequía | Transición sequía-lluvia | Lluvia | |
| PC (%) | 3,81b | 5,18ab | 5,53a | - |
| FDN (%) | 78,87ab | 75,36b | 79,32a | - |
| FDA (%) | 45,53 ± 0,35a | 40,29 ± 1,42b | 42,30 ± 0,77ab | - |
| Ceniza (%) | 6,00 ± 0,65 | 6,75 ± 0,50 | 6,89 ± 0,40 | - |
| Ca (%) | 0,09ab | 0,15a | 0,05b | 0,25-0,35 |
| P (%) | 0,23 ± 0,01 | 0,29 ± 0,03 | 0,27 ± 0,03 | 0,22-0,36 |
| Mg (%) | 0,09 ± 0,01 | 0,08 ± 0,01 | 0,06 ± 0,02 | 0,10 |
| Na (%) | 0,12 | 0,08 | 0,17 | 0,06-0,08 |
| K (%) | 0,34 | 0,41 | 0,62 | 0,30-0,40 |
| S (%) | 0,16 | 0,19 | 0,14 | 0,15 |
| Cu (ppm) | 3,33 ± 0,61b | 6,66 ± 0,66a | 6,83 ± 1,10a | 10 |
| Zn (ppm) | 18,6 | 24,3 | 23,0 | 30 |
| Fe (ppm) | 87,83 | 82,16 | 124,0 | 50 |
| Mn (ppm) | 307,3 ± 38,6 | 239,6 ± 43 | 213,6 ± 24,6 | 20 |

^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

¹NRC (2000).

como mínimo requerido para un adecuado consumo; sin embargo, con una oferta suficiente de biomasa, aún cuando de baja calidad nutritiva, el animal puede seleccionar una materia seca con mayor concentración de nutrientes, según lo observado por Hardison *et al.* (1954) y Depablos *et al.* (2009a). Hubo diferencias ($P < 0,05$) entre épocas para PC, FDN y FDA, con un aumento de PC en la época de lluvia y valores inferiores de FDN y FDA durante la época de transición sequía-lluvia. Las concentraciones de Ca y Cu también presentaron diferencias entre épocas ($P < 0,05$), con valores más elevados de Ca en la transición sequía-lluvia, e inferiores de Cu durante la época de sequía.

Las concentraciones de Cu, Zn, Ca y Mg en el forraje fueron inferiores a las necesidades sugeridas por NRC (2000), particularmente en la época de sequía para los dos primeros y durante la de lluvias para los dos últimos, mientras que las concentraciones de P, S y K fueron adecuadas a las necesidades de los animales. Las concentraciones de Fe y Mn fueron superiores a las necesidades, lo cual es común en los forrajes de Venezuela (Chicco y Godoy, 1987; Aparicio *et al.*, 2007; López *et al.*, 2008; Depablos *et al.*, 2009b; Mora *et al.*, 2010).

El agua de bebida (Cuadro 3) presentó un pH adecuado para el consumo animal (INTA, 2002). El análisis de Cu y Mn no reveló contenido de estos elementos, coincidiendo con lo observado por Torres *et al.* (2009) en lagunas de abrevaderos en Mantecal, estado Apure. El contenido de sulfatos en agua fue bajo (INTA, 2002), lo que fue favorable ya que elevados niveles de sulfatos en el agua de bebida generan una disminución de la ingesta de ésta y alimento y, consecuentemente, pérdida de peso corporal (Weeth y Hunter, 1971), menor ganancia de peso (Loneragan *et al.*, 2001; Sexson *et al.*, 2010), así como una reducción de la eficiencia de conversión de alimento (Loneragan *et al.*, 2001).

Peso vivo y ganancia diaria de peso

Cuadro 3. Análisis químico de la fuente de agua ofrecida a los animales durante el ensayo.

| Variable | Fuente de agua | Valor referencial |
|----------------------------|----------------|----------------------|
| pH | 7,47 | 6,8-9,2 ¹ |
| Fraciones minerales (mg/L) | | |
| Ca | 1,2 | <250 ¹ |
| Mg | 1,3 | <500 ¹ |
| Na | 5,2 | <5 000 ¹ |
| Cu | 0 | <1 ³ |
| Zn | 0,1 | <5 ³ |
| Mn | 0 | <0,05 ³ |
| Fe | 1,9 | <10 ² |
| Cloruros | 12,08 | <4 000 ¹ |
| Sulfatos | 38,74 | <1 500 ¹ |

¹INTA (2002); ²Edwards *et al.* (1983); ³NRC (2001).

El PV no se vio afectado por los efectos principales Cu y Zn (Cuadro 4), ni por la interacción entre ellos ($P > 0,05$), con peso final de $249 \pm 2,89$ kg. Este valor es contrario a lo observado por Aparicio *et al.* (2007), quienes señalaron mayor peso vivo en vacunos suplementados parenteralmente con cobre pastando forraje alto en Fe (542,82 ppm).

No se observaron diferencias ($P > 0,05$) en la GDP por efecto del Cu o Zn inyectado, ni por la interacción entre estos dos factores (Cuadro 4). Los resultados coinciden con Mora *et al.* (2010), quienes no observaron efecto sobre la GDP al suplementar vacunos con Cu y Zn por vía parenteral.

La falta de respuesta de los animales a la suplementación parenteral en términos de ganancia de peso, a pesar de las bajas concentraciones de Cu y Zn en el forraje, pudo ser debida al aporte de estos minerales por la cama de pollo y suplemento mineral oral (54,7 y 210,3 mg/d de Cu y Zn, respectivamente) que adicionado al aporte del forraje, proveen las cantidades necesarias para satisfacer las necesidades y, al mismo tiempo, contrarrestar el potencial efecto detrimental sobre la utilización de Cu y Zn de los altos niveles de Fe de la ración total (forraje, cama de pollo y suplemento mineral), con una concentración de Fe estimada en 218 ppm. En este sentido, la información disponible señala que concentraciones de Fe de 250 ppm (Bremner *et al.*, 1987), 500 ppm (Phillippo *et al.*, 1987), 600 ppm (Gengelbach *et al.*, 1994), 800 ppm (Humphries *et al.*, 1983) y 1 000 ppm (Pinto-Santini *et al.*, 2007) no afectaron la ganancia de peso. Las concentraciones de Mn en el forraje fueron elevadas; sin embargo, Legleiter *et al.* (2005) observaron que en vacunos de 248 kg de PV, alimentados con una dieta basal de 29,2 ppm de Mn y 240 ppm de Mn adicionales, no se afectó la GDP y el consumo de materia seca. La concentración máxima tolerable de Mn en la dieta de los animales domésticos es de 1 000 ppm (NRC, 1980).

Las concentraciones de S en la dieta (forraje, cama de pollo y SMO) fueron elevadas (0,25%) con respecto a las necesidades (0,15%). Sin embargo, Bremner *et al.* (1987) observaron que la tasa de crecimiento no se vio afectada cuando disminuyó el contenido de S en la dieta de 0,28 a 0,15% en animales que consumían una dieta basal de 100 ppm de Fe con suplementación de este mismo mineral en concentraciones de 0, 250, 500 y 750 ppm.

Se observó un efecto del factor tiempo sobre la GDP ($P < 0,01$), con mayores valores en los periodos comprendidos entre los días 29 al 73 y 74 al 101 y menor GDP en los periodos de 0 a 28 y 102 a 129 d. Adicionalmente, hubo interacción ($P < 0,05$) tiempo x Cu sobre GDP (Figura 1), con una mayor ganancia durante la época de transición sequía-lluvia de los

Cuadro 4. Peso vivo y ganancia diaria de peso de vacunos machos suplementados parenteralmente con cobre y zinc.

| Variable ¹ | Tiempo (d) | Suplementación | | | | Probabilidad | | |
|-----------------------|------------|----------------|--------|--------|-----------|--------------|------|---------|
| | | SMO | SMO+Cu | SMO+Zn | SMO+Cu+Zn | Cu | Zn | Cu x Zn |
| PV (kg) | 0 | 202,6 | 201,0 | 201,4 | 201,5 | 0,99 | 0,95 | 0,88 |
| | 28 | 209,3 | 206,1 | 208,1 | 205,6 | 0,73 | 0,94 | 0,95 |
| | 73 | 230,8 | 233,3 | 230,5 | 228,1 | 0,77 | 0,52 | 0,67 |
| | 101 | 248,0 | 246,1 | 246,2 | 243,2 | 0,72 | 0,73 | 0,93 |
| | 129 | 249,8 | 251,5 | 250,2 | 246,6 | 0,66 | 0,55 | 0,65 |
| GDP (g/d) | 0-28 | 258,9 | 194,8 | 256,4 | 156,4 | 0,16 | 0,55 | 0,72 |
| | 29-73 | 477,0 | 604,4 | 497,7 | 500,7 | 0,96 | 0,10 | 0,16 |
| | 74-101 | 661,5 | 492,3 | 602,5 | 579,4 | 0,79 | 0,31 | 0,23 |
| | 102-129 | 66,6 | 192,8 | 145,2 | 121,4 | 0,71 | 0,27 | 0,11 |
| Promedio GDP | | 366,1 | 371,1 | 375,5 | 339,5 | | | |
| EE ² | | 23,8 | 23,8 | 23,8 | 23,8 | | | |

SMO: suplementación mineral oral. SMO+Cu: SMO y Cu inyectado. SMO+Zn: SMO y zinc inyectado. SMO+Cu+Zn: SMO más cobre y zinc inyectado. ¹Peso vivo (PV) y ganancia diaria de peso (GDP). ²EE: Error estándar de GDP

animales suplementados parenteralmente con Cu al día 73, respecto a los no suplementados por esta vía con dicho mineral (552,6 vs. 487,4 g/d). En este período, la PC en el forraje fue más elevada respecto a la sequía, sugiriendo la posibilidad de una mayor cantidad de N soluble y por tanto, formación de complejos CuS a nivel ruminal, reduciendo la disponibilidad de Cu para los animales (Ward, 1978).

En este ensayo se aplicó la segunda dosis de Cu al día 73 y la respuesta animal fue medida al día

101, observándose (Figura 1) en este lapso un mejor comportamiento en GDP en los animales que no fueron inyectados con Cu (632,1 vs. 535,9 g/d) a pesar del mayor contenido de PC en el forraje, y posible formación de complejos CuS, lo cual no puede ser explicado con la información disponible en esta evaluación. Sin embargo, Ferrer *et al.* (1989) observaron mayor GDP al día 47 de ensayo en animales no inyectados con Cu (921 vs. 666 g/d), mientras que al día 104 la GDP no presentó diferencias entre inyectados (746 g/d) y no inyectados (677 g/d).

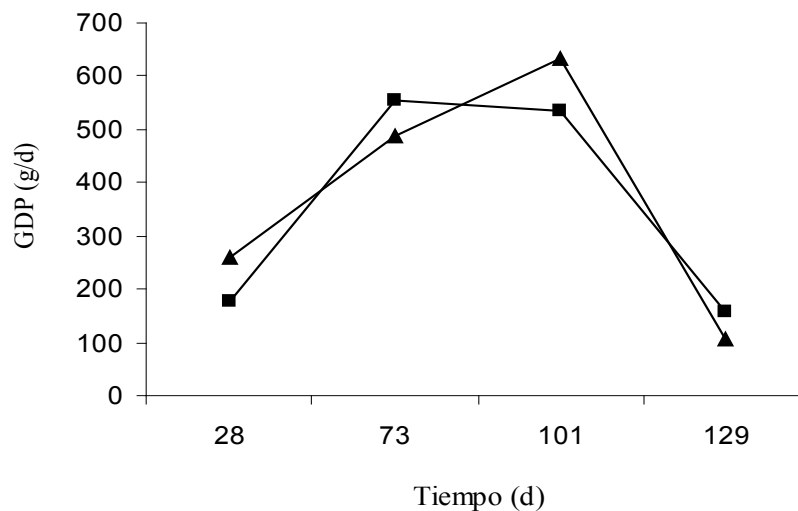


Figura 1. Efecto de la interacción tiempo x cobre sobre la ganancia diaria de peso (GDP) de vacunos machos suplementados (■) o no (▲) parenteralmente con cobre.

Medidas corporales

Las medidas corporales evaluadas (Cuadro 5) no fueron afectadas por la suplementación mineral parenteral con Cu o Zn, ni por la interacción entre ambos factores ($P > 0,05$), con valores medios de $3,23$ y $9,05 \pm 0,39$ cm para AC y PT, respectivamente. La ausencia de diferencias en el PV de los animales por efecto de la suplementación parenteral coinciden con el mismo comportamiento en las variaciones en estas variables, ya que AC y PT en vacunos de carne tienen coeficientes de correlación con PV de $0,73$ y $0,93$, respectivamente (Wanderstock y Salisbury, 1946). Sin embargo, Mora *et al.* (2010) señalan que vacunos Brahman en crecimiento que no recibieron suplementación mineral parenteral con Zn tuvieron mayor incremento en AC, sin efecto sobre el PT de la suplementación con Cu y/o Zn por esta misma vía.

Variables sanguíneas

Las concentraciones de Hb y Hct (Cuadro 6) no fueron afectadas por los factores Cu o Zn, ni por su interacción ($P > 0,05$), con registros de $12,1 \pm 0,26$ g/100 mL y $37,4 \pm 0,78\%$, respectivamente. De acuerdo a Schalm *et al.* (1981), estos valores se ubican dentro del rango considerado normal (8 a 15 g/100 mL para Hb y 28 a 46% para Hct).

Brem y Roux (1991) y Mora *et al.* (2010) no observaron diferencias en la concentración de Hb en vacunos suplementados con Cu o Zn vía parenteral en comparación con el grupo no suplementado. Sin embargo, García *et al.* (2005) señalan incrementos de Hct de 33 a 38% y Hb de $10,5$ a $11,8$ g/100 mL en vacas luego de aplicar 50 mg de Cu vía subcutánea. Suttle (1974) observó que ovejas hipocuprémicas mostraron una concentración normal de Hb, la cual no se modificó ante el suministro de Cu en forma de sulfato.

Se presentaron sin embargo, diferencias en Hb por efecto del factor tiempo ($P < 0,01$), con valores superiores

los días 0 y 129 e inferiores al día 73 ($11,7$ g/100 mL), correspondiendo los mayores valores de Hb con la menor respuesta en términos de GDP. Alexander *et al.* (1959) observaron una correlación negativa entre GDP y Hb ($r = -0,46$; $P < 0,01$) en vacunos de carne de 227 kg. La concentración de Hb no fue inferior a su valor normal, lo que pudiera indicar una tasa adecuada de movilización de hierro por parte de la ceruloplasmina, garantizando una síntesis normal de Hb (Ward y Spears, 1997).

La concentración de Hct también se afectó por el factor tiempo ($P < 0,05$), con valores más elevados al inicio del ensayo en sequía (0 d, $38,6 \pm 0,84\%$) y disminución gradual hasta alcanzar menores registros en la transición sequía-lluvia (73 d, $36,6 \pm 0,79\%$). Alexander *et al.* (1959) no observaron correlación entre Hct y GDP; sin embargo, Rusoff *et al.* (1954) observaron que Hct fue más elevado en los meses de verano, donde las temperaturas ambientales se incrementan, sugiriendo una relación entre la temperatura ambiental y algunos componentes de la sangre.

Las concentraciones de Cu en suero sanguíneo (Cuadro 6) no fueron afectadas por el Cu o Zn inyectados ni por su interacción ($P > 0,05$), con un valor general de $0,65 \pm 0,01$ $\mu\text{g/mL}$. La literatura señala variabilidad en la respuesta a la suplementación mineral parenteral con Cu sobre la concentración de este mineral en suero sanguíneo, observándose un aumento del mineral en suero (Viejo y Casaro, 1993; Mattioli *et al.*, 2008), aunque Ferrer *et al.* (1989) y Chirase *et al.* (1994) observaron que no hubo incremento en suero, coincidiendo con lo observado en la presente investigación.

Los valores de Cu en suero en los diferentes tratamientos fueron ligeramente inferiores a los de referencia ($0,8$ y $1,2$ $\mu\text{g/mL}$; Underwood, 1981) y con un valor medio similar al considerado como crítico por McDowell *et al.* (1997) de $0,65$ $\mu\text{g/mL}$. La concentración marginal de Cu en suero sanguíneo en los animales, a

Cuadro 5. Variaciones en altura a la cruz (AC) y perímetro torácico (PT) de vacunos machos suplementados parenteralmente con cobre y zinc.

| Medida Corporal | Tratamientos | | | | Probabilidad | | |
|-----------------|--------------|----------|----------|---------------|--------------|------|---------|
| | SMO | SMO + Cu | SMO + Zn | SMO + Cu + Zn | Cu | Zn | Cu x Zn |
| AC (cm) | | | | | | | |
| Inicial | 117,6 | 116,6 | 116,4 | 118,6 | 0,67 | 0,77 | 0,22 |
| Variación | 3,42 | 3,17 | 2,70 | 3,74 | 0,98 | 0,68 | 0,25 |
| PT (cm) | | | | | | | |
| Inicial | 140,0 | 139,5 | 140,4 | 140,3 | 0,83 | 0,73 | 0,90 |
| Variación | 8,79 | 9,42 | 9,81 | 8,16 | 0,52 | 0,85 | 0,15 |
| EE | 0,77 | 0,77 | 0,79 | 0,77 | | | |

SMO: suplementación mineral oral. SMO+Cu: SMO y Cu inyectado. SMO+Zn: SMO y zinc inyectado. SMO+Cu+Zn: SMO más cobre y zinc inyectado. EE: Error estándar de la variación de PT.

Cuadro 6. Concentraciones de hemoglobina (Hb), hematocrito (Hct) y minerales en suero sanguíneo de vacunos machos suplementados con cobre y zinc vía parenteral.

| Variable | Tiempo (d) | Tratamientos | | | | Probabilidad | | |
|------------------|------------|--------------|----------|----------|---------------|--------------|------|---------|
| | | SMO | SMO + Cu | SMO + Zn | SMO + Cu + Zn | Cu | Zn | Cu x Zn |
| Hb (g/100 mL) | 0 | 12,5 | 12,6 | 12,3 | 13,0 | 0,34 | 0,59 | 0,56 |
| | 28 | 12,1 | 11,9 | 11,7 | 12,3 | 0,46 | 0,67 | 0,52 |
| | 73 | 12,0 | 11,3 | 11,1 | 12,2 | 0,19 | 0,27 | 0,14 |
| | 101 | 12,4 | 12,0 | 11,7 | 12,1 | 0,63 | 0,98 | 0,55 |
| | 129 | 12,2 | 12,5 | 11,6 | 13,0 | 0,12 | 0,52 | 0,37 |
| | Promedio | 12,2 | 12,1 | 11,7 | 12,5 | | | |
| | EE | 0,56 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | | | |
| Hct (%) | 0 | 37,6 | 39,7 | 38,3 | 38,9 | 0,81 | 0,75 | 0,66 |
| | 28 | 37,1 | 38,2 | 37,3 | 36,3 | 0,70 | 0,46 | 0,57 |
| | 73 | 37,3 | 36,1 | 36,0 | 36,9 | 0,68 | 0,71 | 0,51 |
| | 101 | 38,5 | 37,8 | 37,6 | 35,6 | 0,41 | 0,37 | 0,73 |
| | 129 | 36,3 | 38,8 | 36,0 | 38,1 | 0,45 | 0,78 | 0,91 |
| | Promedio | 37,4 | 38,1 | 37,1 | 37,2 | | | |
| | EE | 1,66 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | | | |
| Cu (µg/mL) | 0 | 0,57 | 0,61 | 0,65 | 0,62 | 0,81 | 0,90 | 0,65 |
| | 28 | 0,58 | 0,58 | 0,65 | 0,73 | 0,26 | 0,06 | 0,46 |
| | 73 | 0,68 | 0,67 | 0,68 | 0,74 | 0,10 | 0,06 | 0,16 |
| | 101 | 0,65 | 0,69 | 0,67 | 0,70 | 0,49 | 0,78 | 0,84 |
| | 129 | 0,62 | 0,62 | 0,64 | 0,61 | 0,27 | 0,65 | 0,35 |
| | Promedio | 0,62 | 0,64 | 0,66 | 0,68 | | | |
| | EE | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | | | |
| Zn (µg/mL) | 0 | 1,17 | 1,23 | 1,02 | 1,18 | 0,75 | 0,92 | 0,89 |
| | 28 | 1,28 | 1,36 | 2,10 | 2,35 | 0,77 | 0,27 | 0,88 |
| | 73 | 1,79 | 1,04 | 1,66 | 1,88 | 0,79 | 0,31 | 0,41 |
| | 101 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,79 | 0,33 | 0,25 | 0,60 |
| | 129 | 0,58 | 1,07 | 0,66 | 0,83 | 0,55 | 0,37 | 0,40 |
| | Promedio | 1,05 | 1,04 | 1,20 | 1,40 | | | |
| | EE | 0,23 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | | | |

SMO: suplementación mineral oral. SMO+Cu: SMO y Cu inyectado. SMO+Zn: SMO y zinc inyectado. SMO+Cu+Zn: SMO más cobre y zinc inyectado.

pesar de su contenido en la cama de pollo (71,5 ppm), puede ser debido a las altas concentraciones de Fe, S y Zn en la ración. A pesar de que el contenido promedio de Fe del forraje no alcanzó las 250 ppm, el consumo de Fe a través de la cama de pollo (976 ppm) y SMO (809 ppm) pudo afectar la absorción de Cu. Bremner *et al.* (1987) observaron que becerros alimentados con una dieta basal de 100 ppm y suplementados con 150 ppm de Fe disminuyeron sus niveles de Cu respecto al testigo, tanto en plasma (0,57 vs. 0,70 µg/mL) como en tejido hepático (21 vs. 71 mg/kg).

El S, en conjunto con el Fe de la dieta (0,25% y 218 ppm respectivamente), también pudieron jugar un rol decisivo en las concentraciones marginales de Cu en suero sanguíneo. En este sentido, Bremner *et al.* (1987) observaron que becerros alimentados con una dieta basal de 0,28% de S y suplementados con 250 ppm de Fe, aumentaron sus concentraciones de Cu en hígado y plasma cuando se les redujo el S de la dieta a 0,15%. Sin

embargo, los animales que seguían consumiendo 0,28% de S continuaron disminuyendo sus niveles de Cu y luego de 12 sem de evaluación, las concentraciones de Cu fueron 9 vs. 29 ppm en hígado y 0,41 vs. 0,71 µg/mL en plasma.

Respecto al Zn, su concentración en la dieta (62 ppm) pudo afectar el nivel de Cu en suero sanguíneo, ya que estuvo cerca del valor de 84 ppm donde Huerta *et al.* (2002) observaron una disminución de la concentración de Cu en suero sanguíneo sin afectar el Cu hepático, por efecto de la metalotioneína a nivel del epitelio intestinal, ya que el Zn estimula la producción de esta enzima, pero es desplazado por el Cu que muestra mayor afinidad (Cousin, 1985). En el duodeno la metalotioneína representa la principal fracción de Cu y tiene como funciones básicas ser responsable de la captación y almacenaje temporal del Cu hasta su absorción, así como un mecanismo defensivo al evitar la captación de cantidades excesivas de Cu u otros metales (Fuentealba y Bratton, 1994). Además, un exceso de Zn en la dieta aumenta la excreción urinaria de Cu

(Georgievskii, 1982), siendo esto último una posible razón por la cual los animales inyectados con Cu no presentaron incrementos en las concentraciones de este mineral en suero sanguíneo. Según Humphries (1980), la respuesta a la suplementación con Cu sobre la concentración del mineral en suero sanguíneo depende del déficit inicial del mineral en los tejidos.

Valores inferiores de Cu en suero sanguíneo han sido observados al occidente de Venezuela por García *et al.* (2006) en vacunos en los estados Apure (0,44 $\mu\text{g}/\text{mL}$), Barinas (0,53 $\mu\text{g}/\text{mL}$) y Táchira (0,61 $\mu\text{g}/\text{mL}$), aun cuando el 100% de la fincas evaluadas aplicaban suplementación mineral oral. Depablos y Moreno (2003) encontraron concentraciones de Cu de 0,53 $\mu\text{g}/\text{mL}$ en hembras Brahman del sur del estado Táchira, las cuales recibían suplementación mineral *ad libitum*. Valores de Cu séricos de 0,2 a 0,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ son comunes en ovinos y vacunos que consumen pastos deficientes de este mineral (Underwood, 1981).

Las concentraciones de Zn en suero sanguíneo (Cuadro 6) no fueron afectadas por los factores Cu o Zn, ni por su interacción ($P > 0,05$); sin embargo, fueron afectadas por el factor tiempo ($P < 0,01$), con valores inferiores (0,57 $\mu\text{g}/\text{mL}$) para el día 101, correspondiente a la época de lluvia y, conjuntamente con las concentraciones del día 129 (0,79 $\mu\text{g}/\text{mL}$), se ubican por debajo del valor referencial de 0,8 y 1,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (Underwood, 1981). Mills (1987) señala que valores inferiores a 0,40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ en plasma permiten evidenciar los signos clínicos de deficiencia.

De igual manera, Depablos *et al.* (2009b) observaron valores de Zn en suero sanguíneo más bajos en la época de lluvia con respecto a la época de sequía. Los valores inferiores en época de lluvia en el presente estudio fueron posiblemente debidos un mayor contenido de FDN del forraje, ya que en la medida que aumentan la fracciones de fibra del forraje se disminuye la disponibilidad de Zn a la flora ruminal o al macroanimal (Mayland *et al.*, 1980). Perdomo *et al.* (1977) observaron en *B. decumbens*, una disminución de la digestibilidad aparente del Zn en la medida que aumentaba la edad de corte. Además, el alto contenido de Ca en la dieta (0,55%) también pudo afectar el contenido de Zn en suero, aun en los animales suplementados parenteralmente con este mineral. Perry *et al.* (1968) observaron que vacunos de carne alimentados con concentraciones de 0,25% de Ca y 24, 72, 132 y 189 ppm de Zn tuvieron valores de Zn en suero de 2,14 $\mu\text{g}/\text{mL}$, mientras que los animales que consumían una dieta con 0,50% de Ca y los mismos niveles de Zn mencionados previamente, mostraron valores de Zn en suero inferiores, con un promedio general de 1,88 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Valores superiores de Zn en suero sanguíneo (1,35 $\mu\text{g}/\text{mL}$) fueron reportados por García *et al.* (2006),

mientras que Depablos y Moreno (2003) refieren valores inferiores (0,99 $\mu\text{g}/\text{mL}$), en hembras vacunas localizadas en el occidente Venezolano.

CONCLUSIONES

Se concluye que bajo las condiciones de este estudio, vacunos mestizos Brahman pastando forrajes con bajo contenido de proteína cruda, Cu y Zn, consumiendo además un suplemento proteico que contenía cama de pollo y una mezcla mineral, no mostraron respuesta al ser inyectados por vía subcutánea con Cu y Zn. Lo anterior posiblemente se debe a que los suplementos orales suministrados aportaron cantidades suficientes de estos elementos, complementando el aporte deficiente del forraje, además de contrarrestar los altos niveles de Fe, Mn, S y Ca de la ración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por FUNDACITE-Táchira (código 009-2009), Ing. Agr. Arturo Nicholls y al Decanato de Investigación de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (código 02-004-09).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, G.I.; D.A. Price; R. Bogart; H. Krueger. 1959. Rate and efficiency of gains in beef cattle. VII. Hematology of growing Hereford and Angus calves. Oregon Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. Oregon State University. EUA. 47. 24 p.
- Álvarez, R.; J. Combellas. 2003. Efecto del número de lotes de aves sobre la composición química de la cama de pollos. Rev. Fac. Cien. Vet. UCV. 44: 59-65.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15^{ta} ed. Association of Official Agricultural Chemists. Arlington. EUA.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17^{ma} ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington. EUA.
- Aparicio, R.; R. Torres; L. Astudillo; L. Córdova; J. Carrasquel. 2007. Suplementación parenteral con cobre sobre el peso de becerros en crecimiento. Zootecnia Trop. 25: 221-224.
- Bhattacharya, N.A.; J.C. Taylor. 1975. Recycling animal waste as a feedstuff: A review. J. Anim. Sci. 41: 1438-1457.
- Brem, J.J.; J.P. Roux. 1991. Aspectos clínico-hematológicos de la molibdenosis experimental en vacunos, con y sin tratamiento parenteral de cobre. Vet. Arg. 8: 38-49.

- Bremner, I.; W.R. Humphries; M. Phillippo; M.J. Walker; P.C. Morrice. 1987. Iron-induced copper deficiency in calves: dose-response relationships and interactions with molybdenum and sulphur. *Anim. Prod.* 45: 403-414.
- Chen, P.S.; T.Y. Toribara; H. Warner. 1956. Microdetermination of phosphorus. *Anal. Chem.* 28: 1756-1758.
- Chacón, E.; T.H. Stobbs. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27: 709-727.
- Chacón, E.; T.H. Stobbs; K.P. Haydock. 1977. Estimation of leaf and stem contents of oesophageal extrusa samples from cattle. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 43: 73-75.
- Chicco, C.F.; M.H. French. 1959. Observaciones sobre deficiencias de calcio y fósforo en los animales de las regiones ganaderas del centro y este de Venezuela. *Agronomía Trop.* 9: 41-62.
- Chicco, C.F.; S. Godoy. 1987. Suplementación mineral de vacunos de carne a pastoreo. *In: Peña de Borsotti, N.; D. Plasse (Eds.). III Cursillo sobre Vacunos de Carne.* Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. pp. 47-103.
- Chirase, N.K.; D.P. Hutcheson; G.B. Thompson; J.W. Spears. 1994. Recovery rate and plasma zinc and copper concentrations of steers calves fed organic and inorganic zinc and manganese sources with or without injectable copper and challenged with infectious bovine rhinotracheitis virus. *J. Anim. Sci.* 72: 212-219.
- Clesceri, L.S.; A.E. Greenberg; R.R. Trussell. 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. American Public Health Association, American Water Works Association y Water Pollution Control Federation. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid, España. pp. 1-188.
- Comerma, J.A. 2009. Suelos mal drenados en Venezuela. *Agronomía Trop.* 59: 25-32.
- Cousin, R.J. 1985. Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: Special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiol. Rev.* 65: 238-309.
- Davis, C.S. 2002. *Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements.* Springer-Verlag. New York, EUA. 415 p.
- Depablos, L.; C. Moreno. 2003. Concentraciones minerales en suero sanguíneo de hembras bovinas Brahman en una finca del sur del estado Táchira, Venezuela. *Rev. Cien. UNET.* 15: 17-35.
- Depablos, L.; J. Ordóñez; S. Godoy; C.F. Chicco. 2009a. Suplementación mineral proteica de novillas a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. *Zootecnia Trop.* 27: 249-262.
- Depablos, L.; S. Godoy; C.F. Chicco; J. Ordóñez. 2009b. Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. *Zootecnia Trop.* 27: 25-37.
- Deshck, A.; M. Abo-Shehada; E. Allonby; D.I. Givens; R. Hill. 1998. Assessment of the nutritive value for ruminants of poultry litter. *Anim. Feed Sci. Tech.* 73: 29-35.
- Dubuc, W. 1991. *Zootecnia General.* 3^{ra} ed. Volumen I. Ediciones DUMAR. Caracas, Venezuela.
- Edwards, K.A.; G.A. Classen; E.H.J. Schrotten. 1983. *The Water Resource in Tropical Africa and its Exploitation.* International Livestock Centre for Africa (ILCA). Report N° 6. Addis Abeba, Etiopía.
- Ferrer, C.G.; C.E. Ramírez; E.M. Zaccardi. 1989. Efecto de la suplementación parenteral con cobre sobre la ganancia diaria de peso en vacunos de diferentes edades. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 9: 173-178.
- Fuentealba, Y.C.; G.R. Bratton. 1994. The role of the liver, kidney and duodenum in tolerance in the copper-loaded rat. *Anal. Cell Pathol.* 6: 345-358.
- García, J.; D. Montoni; J. Parra; C. Moreno; R. Mora; I. Cárdenas. 2006. Resultados y aspectos de manejo relevantes del programa de organización de la producción de animales F1 Holstein × Cebú del convenio UNET-FOGASOA- SEMPRO. XVI Jornadas Técnicas de Ganadería. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, Venezuela. pp. 243-280. [versión CD-ROM].
- García, J.; M. Cuesta; R. Pedroso. 2005. Administración de sulfato de cobre sobre la hemoquímica, hematología y bioactividad del líquido ruminal de vacas. *Revista MVZ-Córdoba* 10: 639-647.
- Gengelbach, G.P.; J.D. Ward; J.W. Spears. 1994. Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves. *J. Anim. Sci.* 72: 2722-2727.
- Georgievskii, V.I. 1982. The physiological role of microelements. *In: Georgievskii, V.I.; B.N. Annenkov; V.T. Samokhin (Eds.). Mineral Nutrition of Animals.* Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 171-224.
- Gill, J.L. 1986. Repeated measurement: Sensitive tests for experiments with few animals. *J. Anim. Sci.* 63: 943-954.

- Guenni, O.; J.L. Gil; Z. Baruch; L. Márquez; C. Núñez. 2006. Respuestas al déficit hídrico en especies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. (Poaceae). *Interciencia*. 31: 505-511.
- Hardison, W.A.; J.T. Reid; C.M. Martin; P.G. Woolfolk. 1954. Degree of herbage selection by grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 37: 89-102.
- Holdridge, L.R. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 206 p.
- Huerta, M.; R.L. Kincaid; J.D. Cronrath; J. Busboom; A.B. Johnson; C.K. Swenson. 2002. Interaction of dietary zinc and growth implants on weight gain, carcass traits and zinc in tissues of growing beef steers and heifers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 95: 15-32.
- Humphries, W.R. 1980. Control of hipocupremia in cattle by addition of copper to water supplies. *Vet. Rec.* 106: 359-362.
- Humphries, W.R.; M. Phillipppo; B.W. Young; I. Bremner. 1983. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. *Br. J. Nutr.* 49: 77-86.
- INTA. 2002. Agua, valores de referencia para vacunos de cría. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Grupo de Sanidad Animal. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Argentina. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/balcarce/gsa/sdve/valoref_agua.htm [Consultado: 12 junio 2010].
- Lamela, L. 1992. Sistemas de producción de leche. *In*: Clavero, T. (Ed.). *Producción e Investigación en Pastos Tropicales*. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. pp. 151-160.
- Legleiter, L.R.; J.W. Spears; K.E. Lloyd. 2005. Influence of dietary manganese on performance, lipid metabolism, and carcass composition of growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 83: 2434-2439.
- Loneragan, G.H.; J.J. Wagner; D.H. Gould; F.B. Garry; M.A. Thoren. 2001. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake and carcass characteristics of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 79: 2941-2948.
- López, M.; S. Godoy; C. Alfaro; C.F. Chicco. 2008. Evaluación de la nutrición mineral en sabanas bien drenadas al sur del estado Monagas, Venezuela. *Rev. Cien. FCV LUZ.* 17: 197-206.
- Mattioli, G.A.; L.E. Fazzio; D.E. Rosa; S.J. Picco; D. Angelico; E. Turic. 2008. Eficacia de la suplementación con Cu-Zn en terneros. *Vet. Arg.* 25: 90-98.
- Mayland, H.F.; R.C. Rosenau; A.R. Florence. 1980. Grazing cow and calf responses to zinc supplementation. *J. Anim. Sci.* 51: 966-974.
- McDowell, L.R.; D. Morillo; C.F. Chicco; J. Perdomo; J. Conrad; F. Martín. 1989. Nutritional status of beef cattle in specific regions of Venezuela. II. Microminerals. *Nutr. Report Int.* 40: 17-31.
- McDowell, L.R.; J. Velásquez; G. Valle. 1997. *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. 3^{ra} ed. University of Florida. Gainesville, EUA. p. 51.
- Milford, R.; D.J. Minson. 1965. Intake of tropical pasture species. *Proc. IX International Grassland Congress*. Sao Paulo, Brasil. pp. 815-822.
- Mills, C.F. 1987. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: Copper, cobalt and zinc. *J. Anim. Sci.* 65: 1702-1711.
- Minson, D.J. 1981a. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. *In*: Hacker, J.B. (Ed.). *Proc. International Symposium on Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. Queensland, Australia. pp. 167-182.
- Minson, D.J. 1981b. Forage Quality: Assessing the Plant-Animal Complex. *In*: Smith, J.A.; V.W. Hays (Eds.). *Proc. XIV International Grassland Congress*. Denver, EUA. pp. 23-29.
- Minson, D.J. 1990. Intake of grazed forage. *In*: Cunha, T. (Ed.). *Forage in Ruminant Nutrition*. Academy Press. San Diego, EUA. pp. 60-84.
- Mora, R.E.; A.M. Herrera; M.J. García; C.F. Chicco; R.J. Pérez. 2010. Suplementación parenteral con cobre y zinc en vacunos Brahman en crecimiento en la región sur occidental de Venezuela. *Rev. Cien. FCV LUZ.* 20: 519-528.
- NRC. 1980. *Mineral Tolerance of Domestic Animals*. National Academy of Sciences. Washington. EUA. 577 p.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7^{ma} ed. National Research Council. National Academy Press. Washington, EUA. 447 p.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7^{ma} ed. National Research Council. National Academy Press. Washington, EUA. 381 p.
- Pacheco, J.A.; J.L. Rosciano; W.A. Villegas; V.M. Alcocer; A.F. Castellanos. 2003. Cuantificación del contenido de cobre y otros minerales en pollinazas producidas en el estado de Yucatán. *Tec. Pec. Méx.* 41: 197-207.

- Paladines, O. 1992. Metodologías de Pastizales. Proyecto de Fomento Ganadero. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Deutsche Gessellschaft für technische Zusammenarbeit. Serie Metodología. Manual N° 1: Pasto y Forrajes. Convenio Ecuatoriano-Alemán. Quito, Ecuador. pp. 39-81.
- Perdomo, J.T.; R.L. Shirley; C.F. Chicco. 1977. Availability of nutrient minerals in four tropical forages fed freshly chopped to sheep. *J. Anim. Sci.* 45: 1114-1119.
- Perry, T.W.; W.M. Beeson; W.H. Smith; M.T. Mohler. 1968. Value of zinc supplementation rations for fattening beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27: 1674-1677.
- Phillippo, M.; W.R. Humphries; P.H. Garthwaite. 1987. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status and growth in cattle. *J. Agric. Sci. Camb.* 109: 315-320.
- Pinto-Santini, L.; S. Godoy; C.F. Chicco; T. Chacón. 2007. Efecto de altos niveles de hierro y molibdeno sobre la nutrición del cobre en vacas mestizas. *Rev. Cien. FCV LUZ.* 17: 588-596.
- Poppi, D.P.; D.J. Minson; J.H. Ternouth. 1980. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. I. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. *Aust. J. Agric. Res.* 32: 99-108.
- Quinn, G.P.; M.J. Keough. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists.* Cambridge University Press, Inglaterra. 207 p.
- Ruiz, R.; J. Cairo; R.O. Martínez; R.S. Herrera. 1981. Milk production of cow's grazing coast cross N° 1 Bermuda grass (*Cynodon dactylon*). 2. Sward structure and productive potential. *Cuban J. Agric. Sci.* 15: 133-144.
- Rusoff, L.L.; J.E. Johnston; C. Branton. 1954. Blood studies of breeding dairy bulls. I. Hematocrit, hemoglobin, plasma calcium, plasma inorganic phosphorus, alkaline phosphatase values, erythrocyte count, and leucocyte count. *J. Dairy Sci.* 37: 30-36.
- Schalm, O.W.; N.C. Jain; E.J. Carroll. 1981. *Hematología Veterinaria.* Editorial Hemisferio Sur SA. Buenos Aires, Argentina. 88 p.
- Sexson, J.L.; J.J. Wagner; T.E. Engle; J.W. Spears. 2010. Effects of water quality and dietary potassium on performance and carcass characteristics of yearling steers. *J. Anim. Sci.* 88: 296-305.
- SPSS Inc. 2006. IBM Company Headquarters. Ver. 15.0. Chicago, EUA.
- Statistix, 2003. Analytical Software. Ver. 8.0. Talahasec. EUA.
- Steel, R.G.D.; J.H. Torrie. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos.* McGraw-Hill. 2da ed. Ciudad de México, México. 187 p.
- Suttle, N. 1974. Effects of organic and inorganic sulphur on the availability of dietary copper to sheep. *Br. J. Nutr.* 32: 559-568.
- Tabatabai, M.A.; J. M. Bremner. 1970. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. *Agron. J.* 62: 805-806.
- Torres, R.; R. Aparicio; L. Astudillo; J. Carrasquel. 2009. Dinámica de componentes físico químicos del agua en las lagunas de abrevaderos en sabanas hiperestacionales de bancos, bajos y esteros de Mantecal, estado Apure. *Zootecnia Trop.* 27: 437-442.
- Underwood, E.J. 1981. *Los Minerales en la Nutrición del Ganado.* 2^{da} ed. Acribia. Zaragoza, España. 210 p.
- Van Soest, P.J.; R.H. Wine. 1967. Method for determination of lignin, cellulose and silica. *J. Anim. Sci.* 26: 940-944.
- Viejo, R.E.; A.P. Casaro. 1993. Efecto de la suplementación con cobre sobre la ganancia de peso, cobre hepático y plasmático en terneros. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13: 97-105.
- Wanderstock, J.J.; G.W. Salisbury. 1946. The relation of certain objective measurements to weights of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 5: 264-271.
- Ward, G.M. 1978. Molybdenum toxicity and hypocuprosis in ruminants: A review. *J. Anim. Sci.* 46: 1078-1085.
- Ward, J.D.; J.W. Spears. 1997. 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.
- Weeth, H.J.; J.E. Hunter. 1971. Drinking of sulfate-water by cattle. *J. Anim. Sci.* 32: 277-281.