

RESPUESTA AL CRECIMIENTO Y CONCENTRACIONES SANGUÍNEAS DE CALCIO, FÓSFORO, MAGNESIO Y POTASIO, EN NOVILLOS MESTIZOS (*TAURUS-INDICUS*) SUPLEMENTADOS CON UNA MEZCLA MINERAL COMPLETA

Growth Response and Mineral Blood Levels of Calcium, Phosphorus, Magnesium and Potassium in Crossbred Steers (*Taurus-Indicus*) with Complete Mineral Supplementation

Silvio Miranda López¹, Rafael López¹, Dervin Dean¹, Rafael Román¹, Gloria Villalobos² y Yannellys Navas¹

¹Departamento de Producción e Industria Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. E-mail: smiranda@luz.ve. ²Egresado de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

RESUMEN

16 novillos mestizos fueron utilizados para evaluar el efecto de un suplemento mineral completo (SMC) sobre la ganancia diaria (GDP) y total de peso (GTP), concentraciones sanguíneas de Ca, P, Mg, K, hemoglobina (Hb) y porcentaje de hematocrito (Hct). Los animales se estabularon durante 140 días y distribuidos en 4 tratamientos: T1, suplemento basal (63% de maíz amarillo molido, 30% de harina de soya, 5% de melaza de caña y 3% de urea) + heno; T2, suplemento basal (SB) + heno + 50 g/animal/día de SMC; T3, dieta basal + heno + 100 g/animal/día de SMC; T4, SB + heno + 150 g/animal/día de SMC. Cada 14 días fueron pesados los animal y se tomaron muestras sanguíneas al inicio, a los 60 días y al final para determinar Ca, Mg, P, K, hemoglobina (Hb) y el Hematocrito (Hct). Los datos se analizaron por el procedimiento GLM del SAS. La GDP refirió valores superiores ($P<0,05$) para los tratamientos; 2, 3 y 4 (0,739; 0,778 y 0,759 kg/día respectivamente) vs. el tratamiento 1 (0,626 kg/día), similarmente se manifestó la GTP (T2: 81,33; T3: 85,67 y T4: 83,58 kg, vs. T1: 68,87 kg). El Ca, Mg y K sanguíneos para T2, T3 y T4 (11,47; 10,80 y 11,08 mg Ca/dl respectivamente; 2,81; 2,89 y 2,84 mg Mg/dl, respectivamente; 23,68, 21,93 y 25,83 mg K/dl respectivamente) superan ($P<0,1$) a T1 (9,4 mg Ca/dl; 2,23 mg Mg/dl y 19,92 mg K/dl). Los valores sanguíneos de fósforo para T3 y T4 (5,94 y 6,02 mg/dl respectivamente) son superiores ($P<0,1$) a T1 y T2 (5,24 y 5,54 mg/dl respectivamente). No existen diferencias estadísticas para Hb y Hct. De acuerdo a los resultados de esta investigación, el SMC en dosis de 50 y 100 g/animal/día fue efectivo en promover una adecuada tasa de crecimiento.

Palabras clave: Novillos, crecimiento, minerales, hemoglobina, hematocrito.

ABSTRACT

Sixteen crossbred beef steers were used to determine the effect of a mineral supplement (SMC) on the daily gain (GDP) and the total weight gain (GTP). Blood levels of Ca, P, Mg, K, hemoglobine (Hb) and hematocrite (Hct) were also determined. The animals were kept in feed lots for 140 days and randomly distributed into one of four treatment groups: T1; Basal supplementation (63% corn meal, 30% soybean meal, 5% molasses cane and 3% urea) + hay; T2; Basal supplementation (SB) + hay + 50 g/animal/day of SMC; T3; SB + hay +100 g/animal/day of SMC; T4; SB + hay + 150 g/animal/day of SMC. Blood samples were take every 14 days. Data was analyzed using of GLM procedure of SAS. Treatments 2, 3 and 4 reached greater values ($P<0.05$) for GDP and GTP (0.739; 0.778 and 0.759 kgs/day and 81.33; 85.67 and 83.58 kgs respectively) compared to treatment 1 (0.626 kgs/days and 68.87 kgs, respectively). Blood levels for Ca (11.47; 10.80 and 11.08 mg/dl respectively), Mg (2.81; 2.89 and 2.84 mg/dl respectively) and K (23.68; 21.93 and 25.83 mg/dl respectively) in treatments 2, 3 and 4 were higher ($P<0.1$) than those for treatment 1 (9.4 Ca mg/dl; 2.22 Mg mg/dl and 19.92 K mg/dl). Blood levels of P for treatments 3 (5.94 mg/dl) and 4 (6.02 mg/dl) were higher ($P<0.1$) than those measured in treatments 1 (5.24 mg/dl) and 2 (5.54 mg/dl). No statistical differences were evident for Hb and Hct. Results of the present study indicate that the SMC in doses of 50 and 100 gr./animal/day an effective growth promoter.

Key words: Steers, growth, mineral, hemoglobine, hematocrite.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los sistemas de producción animal depende, en gran medida, de la disponibilidad y calidad de los

recursos alimenticios. En Venezuela la ganadería se sustenta sobre la base del consumo de pasturas naturales, las cuales constituyen la principal fuente de minerales para rumiantes a pastoreo. Sin embargo, un alto porcentaje de los pastos disponibles en regiones tropicales no pueden satisfacer todos los requerimientos minerales de los animales, por ser deficientes en muchos de ellos [12]. Esta situación demanda la necesidad de proveer estos elementos como suplementos minerales dietéticos, con el objetivo de promover una producción eficiente y rentable en las regiones de clima cálido, aunado a la necesidad de investigar el grado de deficiencia mineral corporal que presentan los rumiantes a fin de armonizar nutricionalmente la calidad y cantidad de éstos suplementos minerales. La solución más económica para corregir deficiencias minerales, es el uso de fórmulas completas de suplementos minerales capaces de proveer todos los minerales faltantes en la dieta. En tal sentido, ningún otro factor de por sí tiene tanto potencial para aumentar la producción de rumiantes en América Latina a un costo relativamente bajo como la adecuada nutrición mineral [23]. Sin embargo, la crisis económica imperante en Venezuela ha generado un aumento progresivo del costo real de estas mezclas minerales comerciales, siendo una solución a esta problemática la búsqueda de alternativas más económicas (nuevas formulas minerales) y las dosis adecuadas, que permitan suplir los elementos minerales deficitarios a un costo razonable. Razón por la cual los objetivos de este trabajo de investigación fueron: a) Evaluar tres dosis de una mezcla mineral completa, sobre la respuesta productiva de bovinos en crecimiento, y b) determinar las concentraciones sanguíneas de calcio, fósforo, magnesio, hemoglobina y el porcentaje hematocrito, en los bovinos que recibieron las diferentes dosis de la mezcla mineral.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación biológica del suplemento mineral en ganado bovino de carne involucró los siguientes materiales y métodos.

Localización y duración del experimento

El estudio fue realizado en el Centro Experimental de Producción Animal (C.E.P.A.) (municipio La Cañada de Urdaneta, estado Zulia) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia (LUZ), ubicado en el kilómetro 25 de la vía que conduce a Perijá, la zona es clasificada según Holdridge como un bosque muy seco tropical [9], con una temperatura promedio de 30°C y precipitaciones que oscilan entre 125 y 500 mm/año. Este experimento tuvo una duración de 140 días, de los cuales 21 días correspondieron al período de adaptación y el resto (119 días) a la fase experimental.

Distribución y manejo del componente animal

En este experimento se utilizaron 16 novillos mestizos (Holstein, Pardo Suizo y Zebú) castrados con pesos prome-

dios 201 kg de PV (\pm 24,4 kg) y 30 meses de edad. Los mismos procedían del rebaño experimental de la finca San Pedro (municipio Machiques) perteneciente a la Facultad de Ciencias Veterinarias de LUZ.

Los animales fueron distribuidos en 8 corrales (2 novillos/corral) con su respectivo comedero y bebedero, siendo todos sometidos a un período de acostumbamiento por 21 días, durante los cuales se adaptaron al consumo del suplemento basal y de heno (*Cynodon dactylon*). Iniciada esta fase se desparasitaron con Levamisol al 7% (a dosis de 3 mg/kg de P. V., vía subcutánea), y luego a los 21 días de haber comenzado el experimento fue suministrado Albendazol vía oral en dosis de 5 mg/kg de P.V, repitiéndose esta actividad cada 21 días hasta la finalización del estudio. De forma preventiva se utilizó por vía oral agentes anti-coccidiales como el Trimetopin + Sulfa en dosis de 150 mg/kg de PV por 3 días [3, 29]; así mismo, se les aplicó a todos los novillos una dosis de un complejo de vitaminas liposolubles (vitaminas A, D₃ y E). Cada 15 días fueron recolectadas muestras de heces para los respectivos exámenes coprológicos y diagnosticar infestaciones parasitarias [29]. La implementación de este programa sanitario está fundamentada en que, diferentes especies de parásitos y enfermedades bacterianas afectan el status del calcio, fósforo, magnesio, potasio y cobre, en el animal [20]. Una vez finalizada la fase de acostumbamiento se asignaron de forma aleatoria cuatro (4) animales a cada tratamiento.

Todos los animales fueron alimentados con el suplemento basal cuya composición es descrita en la TABLA I y heno (*Cynodon dactylon*) *ad libitum*. Con la ayuda del programa computarizado de formulación y balance de raciones para animales [5], el suplemento basal fue formulado sobre la base tabulada de un 27% de proteína cruda y 70% de nutrientes digeribles totales, siendo su consumo de 2 kg/animal/día de acuerdo a lo sugerido por la NRC [24] para bovinos de carne con ganancia diaria de peso corporal entre 700 y 800 g/animal. En tanto que el suplemento mineral completo se formuló en base a satisfacer en más de un 50% los requerimientos minerales sugeridos por la NRC [24] para referida ganancia de peso.

La dieta basal y mezcla mineral completa fueron elaboradas en la Planta de Alimento del C.E.P.A, para la fabricación de la dieta basal se dispuso de un mezclador vertical y en la mezcla mineral completa un mezclador agitador horizontal de palas.

Tratamientos evaluados

Los tratamientos que permitieron determinar la respuesta biológica del suplemento mineral fueron los siguientes;

Tratamiento 1: representado por el consumo del suplemento basal y heno *ad libitum* (sin suplementación mineral).

Tratamiento 2: representado por el consumo del suplemento basal, heno *ad libitum* + 50 g de la mezcla mineral completa.

TABLA I
COMPOSICIÓN DEL SUPLEMENTO BASAL
Y LA MEZCLA MINERAL COMPLETA

Suplemento Basal	
Ingredientes	%
Maíz amarillo molido	62
Harina de soya	30
Melaza de caña	5
Urea	3
Total	100
Mezcla Mineral Completa	
Ingredientes	%
Fosfato monocalcico	76,00
Carbonato de calcio	10,00
Oxido de magnesio	3,40
Cloruro de sodio	4,50
Cloruro de potasio	1,33
Flor de azufre	1,15
Sulfato de cobre	0,80
Oxido de zinc	0,60
Selenito de sodio	0,08
Ioduro de potasio	0,05
Sulfato de cobalto	0,09
Melaza	2,00
Total	100

Tratamiento 3: representado por el consumo del suplemento basal, heno *ad libitum* + 100 g de la mezcla mineral completa.

Tratamiento 4: representado por el consumo del suplemento basal, heno *ad libitum* + 150 g de la mezcla mineral completa.

Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados en el presente ensayo fueron los siguientes;

Ganancia diaria y total de peso corporal: Cada 14 días fueron registrados de forma individual el peso corporal de todos los animales, utilizando para ello una romana tipo brete y para la determinación de estos 2 parámetros se emplearon las siguientes fórmulas;

$$GDP = \frac{\text{peso al final del ensayo} - \text{peso al inicio del ensayo}}{119 \text{ días}}$$

$$GTP = \text{peso al final del ensayo} - \text{peso al inicio del ensayo}$$

Concentraciones de calcio, fósforo, magnesio y potasio en suero sanguíneo: Se tomaron muestras de sangre

(10 ml) por punción yugular al inicio, a los 60 días y al final de la fase experimental. Las muestras se centrifugaron (a 2500 rpm por un período de 20 minutos) a la hora de su recolección, el suero sanguíneo extraído fue desproteinizado con ácido tricloracético al 10% (p/v) y almacenado a 5°C, hasta su posterior análisis siguiendo el método descrito por Fick y col. [10]. El calcio y magnesio fueron analizados por el método de espectrofotometría de absorción atómica de acuerdo a la técnica recomendada [25], en la determinación del potasio se utilizó el método de espectrofotometría de emisión atómica [25]. El fósforo se determinó por el método colorimétrico descrito por Fiske y Subbarow [11].

Concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocrito: Se tomaron muestras de sangre (10 ml) por punción yugular al inicio, a los 60 días y al final de la fase experimental, las mismas fueron remitidas al laboratorio clínico de la Policlínica Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de LUZ. Para la determinación de hemoglobina se utilizó el método Cianometahemoglobina, expresando los valores en g/100 ml [28]. El porcentaje del volumen globular (hematocrito) fue determinado a través de la técnica del Microhematocrito [28].

Análisis Bromatológicos

A fin de verificar la composición química nutricional del suplemento basal, heno y mezcla mineral completa evaluadas en el presente ensayo, se tomaron semanalmente muestras representativas de las mismas y fueron analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de LUZ bajo el siguiente esquema:

Humedad; fue determinada por el método secado en estufa (105°C/5 horas) de acuerdo a la AOAC [2]. La materia seca es posteriormente calculada por diferenciación de 100 – la humedad.

Proteína Cruda; se obtuvo siguiendo el método de micro Kjeldahl con el factor %N x 6,25 = Proteína Cruda [2].

Extracto Etéreo; para la determinación de esta importante fracción se utilizó un aparato de extracción de grasa Goldfish, empleando como solvente éter de petróleo anhidro [2].

Fibra Cruda; fue analizada a través de soluciones digestoras con ácido y base débil, utilizando para ello un aparato de extracción de fibra [2].

Cenizas; incineración de las muestras a 550°C/5 horas [1]. Las cenizas obtenidas fueron solubilizadas en ácido nítrico y clorhídrico, y diluidas con agua bidestilada hasta su posterior análisis [10]. En estas soluciones se analizó calcio, magnesio y zinc por espectrofotometría de absorción atómica [25] con una llama aire-acetileno [2], potasio por espectrofotometría de emisión atómica [25] con una llama aire-acetileno [2]. Para la determinación del fósforo fue utilizado el método colorimétrico tal como lo describe Fiske y Subbarow [11]. En la TABLA II, se ilustra la composición química del suplemento basal, heno y mezcla mineral completa, según el esquema antes descrito.

TABLA II
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUPLEMENTO BASAL, HENO Y MEZCLA MINERAL COMPLETA

Análisis químico	Suplemento basal	Heno (<i>Cynodon Dactylon</i>)	Mezcla mineral completa
Humedad, %	12,85	6,0	1,55
Materia seca, %	87,15	94,0	98,45
Proteína cruda, %	28,43	6,5	—
Extracto etéreo, %	3,24	0,5	—
Fibra cruda, %	5,80	36,8	—
Cenizas, %	3,20	5,2	—
Calcio, %	0,14	0,20	17,90
Fósforo, %	0,38	0,10	16,10
Magnesio, %	0,21	0,15	1,80
Potasio, %	0,75	1,12	0,40
Cobre, ppm ^a	7,13	—	0,23
Zinc, ppm ^a	33,05	27,98	0,30

ppm^a: partes por millón (mg/kg).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados a través de un diseño completamente aleatorizado y medido por un análisis de varianza-covarianza de los mínimos cuadrados del paquete estadístico S.A.S [27]. Como variables dependientes se evaluaron: ganancia diaria y total de peso corporal, concentración mineral de los elementos calcio, fósforo, magnesio y potasio en suero sanguíneo, concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito de los novillos sometidos a los diferentes tratamientos; se consideró como variable independiente el efecto de la suplementación mineral, en tanto que la variable continua (covariable) es el peso inicial.

El modelo aditivo lineal que explica el comportamiento de las variables respuesta ganancia diaria de peso y ganancia total fue:

$$Y_{ijkl} = M + T_i + B(p_{ijkl} - p) + E_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} : Ganancia diaria y total de peso.

M : Media general de las observaciones.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3$ y 4) donde:
1= suplementación mineral; 2= 50 g del suplemento mineral completo; 3=100 g del suplemento mineral completo y 4= 150 g del suplemento mineral completo.

$B(p_{ijkl} - p)$: Covariable del peso inicial.

E_{ijkl} : Error experimental asociado con las observaciones.

Para el análisis de la concentración sanguínea de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hemoglobina y porcentaje de hematocrito, fue aplicado un modelo similar al descrito anteriormente, donde el comportamiento de la variable respuesta es:

$$Y_{ij} : M + T_i + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} : Concentración sanguínea de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hemoglobina y porcentaje de hematocrito.

M : Media general de las observaciones.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3$ y 4) donde:
1= Sin suplementación mineral; 2= 50 g del suplemento mineral completo; 3= 100 g del suplemento mineral completo y 4= 150 g del suplemento mineral completo.

E_{ij} : Error experimental asociado con las observaciones.

Para comparar la media de las variables respuestas, donde se detectaron diferencias significativas entre tratamientos se usaron la prueba de t por medio de la aplicación LSMEANS del procedimiento GLM del S.A.S [27].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia diaria y total de peso corporal

La ganancia diaria y total de peso corporal de los bovinos sometidos a los tratamientos en estudio se reportan en la TABLA III. Los tratamientos; 2, 3 y 4 presentaron valores superiores ($P < 0,05$) en la ganancia diaria de peso corporal con 0,739; 0,778 y 0,759 kg/día respectivamente, vs. 0,626 kg/día en el tratamiento 1. No se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos 2, 3 y 4. Similar situación se manifestó en la ganancia total de peso, donde los tratamientos 2, 3 y 4 presentaron valores superiores ($P < 0,05$) en la ganancia total de peso corporal con 81,33; 85,67 y 83,58 kg, vs. 68,87 kg en el tratamiento 1. No hubo diferencias significativas para los tratamientos 2, 3 y 4. Cabe resaltar que el tratamiento 1 (control) reflejó las más bajas ganancias de peso corporal (GDP y GT), como era de esperarse dada la carencia total en la ración de un suplemento mineral, resultando significativamente diferente ($P < 0,05$) del resto de los tratamientos (2, 3 y 4). Sin embargo, el consumo diario del suplemento basal suministró un aporte mineral adecuado capaz de permitir una aceptable ganancia diaria y total de peso corporal en los animales del tratamiento 1.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo indican el efecto positivo de los elementos minerales sobre las variables ganancia diaria y total de peso corporal, ya que los tres grupos de novillos suplementados con diferentes dosis de la mezcla mineral bajo estudio (tratamientos 2, 3 y 4) superaron en un 19,53% al grupo que no recibió la mezcla mineral. Estos hallazgos concuerdan con reportes anteriores donde se observan incrementos en estas dos variables por efecto de la suplementación mineral [4, 7, 16].

TABLA III
GANANCIA DIARIA Y TOTAL DE PESO CORPORAL
AFECTADA POR LA SUPLEMENTACIÓN MINERAL

Tratamiento	Ganancia diaria de peso kg/día.	Ganancia total de peso Kg ± EE.
T1= 0 g de MMC ^c	0,626 ^b	68,87 ± 4,3 ^b
T2= 50 g de MMC	0,739 ^a	81,33 ± 3,7 ^a
T3= 100 g de MMC	0,778 ^a	85,67 ± 3,7 ^a
T4=150 g de MMC	0,759 ^a	83,58 ± 3,7 ^a

^{a,b}: Valores con letras diferentes dentro de la misma columna presentan diferencias significativas (P<0,05). MMC^c: Mezcla Mineral Comercial. EE: Error Estándar.

Concentraciones de calcio, fósforo, magnesio y potasio en suero sanguíneo

Las concentraciones de calcio, fósforo, magnesio y potasio en suero sanguíneo se presentan en la TABLA IV. En la misma se observa que todos los animales que consumieron la mezcla mineral (tratamientos 2, 3 y 4) presentaron las mayores concentraciones de los minerales evaluados en plasma sanguíneo. Los valores de calcio para los animales de los tratamientos 1, 2, 3 y 4 fueron de: 9,4; 11,47; 10,80 y 11,08 mg/dl respectivamente, siendo los tres últimos valores superiores (P<0,1) al del tratamiento 1, el cual no incluye minerales adicionados en la ración. Reportes anteriores concuerdan con los resultados observados en el presente trabajo, donde es evidente un incremento del calcio sanguíneo tras el consumo adecuado de una mezcla mineral completa [15, 16]. Los valores normales de calcio en suero sanguíneo varían de 9 a 13 mg Ca/100 ml para bovinos jóvenes [31, 32]. En consideración a este rango y al nivel crítico sugerido por McDowell [19] de 8 mg Ca/100 ml, podemos indicar que todos los animales al final del estudio presentaron valores normales de calcio. Es importante destacar que los niveles normales de calcio sanguíneo observados en los animales del tratamiento 1, puede ser debido a los diversos mecanismos fisiológicos (hormonales) involucrados en mantener las concentraciones sanguíneas de calcio, capaces de permitir el normal funcionamiento de cualquier proceso biológico [17]. Aun cuando, en el

presente ensayo no se tomaron muestras óseas, la fuente principal de calcio sanguíneo en rumiantes con un aporte dietético reducido, estará representada por el tejido óseo [13]. Otro factor importante a considerar es el nivel de consumo del suplemento basal, lo cual pudiera representar un aporte dietético mineral capaz de mantener la normocalcemia en los animales del tratamiento 1 [24].

Los valores obtenidos para el fósforo fueron los siguientes: 5,24; 5,45; 5,94 y 6,02 mg/dl para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre los animales no suplementados y los que recibieron 50 g/animal/día. Sin embargo, los animales que recibieron las mayores dosis del suplemento mineral (100 y 150 g/animal/día), si presentaron valores de fósforo sanguíneos superiores (P<0,1) al tratamiento 1 y 2. Al respecto, McDowell [20] sugiere que los niveles sanguíneos de fósforo son afectados directamente por el contenido dietético del mineral, razón por la cual referidos niveles sanguíneos resultan en un buen indicador de la concentración corporal de fósforo. Los valores de fósforo en sangre concuerdan con los reportados por los textos básicos de nutrición animal [6, 16, 18, 21, 32]. Niveles sanguíneos inferiores a 4,5 mg P/100 ml, son considerados como el nivel crítico de deficiencia de este mineral [22]; Basándose en este criterio, todos los animales al final del ensayo no presentaron deficiencia de fósforo.

Las concentraciones sanguíneas de magnesio presentaron los siguientes valores: 2,23; 2,81; 2,89 y 2,84 mg/dl, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente. En la TABLA IV se observa que los animales suplementados con la mezcla mineral en las diferentes dosis, presentaron concentraciones del mencionado elemento en suero significativamente (P<0,01) superiores a aquellos que no fueron suplementados con minerales. No se evidenciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos 2, 3 y 4. Los valores normales de magnesio en el suero sanguíneo varían desde 1,8 a 3,2 mg Mg/100 ml [32], estableciendo como nivel crítico de deficiencia concentraciones sanguíneas inferiores a 1,0 mg Mg/100 ml [22]. Basándose en este criterio y fundamentado en que los niveles sanguíneos de magnesio en rumiantes representan un buen indicador del contenido corporal [8, 21], no se detectaron deficiencias de magnesio para los cuatro grupos de animales bajo es-

TABLA IV
CONCENTRACIÓN DE CALCIO, FÓSFORO, MAGNESIO Y POTASIO EN SUERO SANGUÍNEO
(MEDIAS ERROR ESTÁNDAR)

Tratamiento	Calcio mg/dl	Fósforo mg/dl	Magnesio mg/dl	Potasio mg/dl
T1= 0 g de MM ^c	9,47 ± 0,5 ^b	5,24 ± 0,2 ^b	2,23 ± 0,1 ^b	19,92 ± 2,1 ^b
T2= 50 g de MM	11,47 ± 0,4 ^a	5,45 ± 0,1 ^b	2,81 ± 0,1 ^a	23,68 ± 1,7 ^a
T3= 100 g de MM	10,80 ± 0,4 ^a	5,94 ± 0,2 ^a	2,89 ± 0,1 ^a	22,93 ± 1,9 ^a
T4=150 g de MM	11,08 ± 0,4 ^a	6,02 ± 0,1 ^a	2,84 ± 0,1 ^a	25,83 ± 1,7 ^a

^{a, b}: Valores con letras diferentes dentro de la misma columna presentan diferencias significativas (P<0,1). MM^c: Mezcla Mineral.

tudio. Los resultados observados en el presente trabajo concuerdan con reportes anteriores [8, 23, 31], en los cuales es evidente un incremento del magnesio sanguíneo por efecto de niveles dietéticos crecientes de este mineral.

Los valores obtenidos para el potasio en suero sanguíneo fueron los siguientes: 19,92; 23,68; 21,93 y 25,83 mg/dl para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente. El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P < 0,05$) a favor de los animales (tratamientos 2, 3 y 4) que recibieron la mezcla mineral en diferentes dosis vs. aquellos que no fueron suplementados con minerales (tratamiento 1), no observándose diferencias estadísticas entre los novillos suplementados con minerales (tratamientos 2, 3 y 4). Las concentraciones de potasio en el suero sanguíneo observadas en este ensayo son similares a reportes anteriores [21, 26].

Concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocrito

El efecto de los tratamientos en estudio sobre la concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito se presentan en la TABLA V. En la misma se observa que para estas dos variables no existen diferencias estadísticas entre los grupos de animales que fueron suplementados con tres dosis de la mezcla mineral (tratamientos 2, 3 y 4) y aquellos sin suplementación mineral (tratamiento 1). Estos resultados concuerdan con los reportados por Tiffany y col [31] para la variable Hb y difieren de los observados con HCT, donde la suplementación mineral afectó positivamente esta variable. Los valores promedios de hemoglobina y hematocrito en bovinos jóvenes sanos varían de 8,0 a 15,0 g/100 ml, y 24,0 a 46,0% respectivamente [28, 30]. En consideración a este rango, podemos indicar que todos los animales presentaron valores normales de hemoglobina (Hb) y hematocrito (HCT). Es importante destacar que la suplementación desbalanceada y continua de metales (calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro, selenio y molibdeno) por vía oral o parenteral, ocasiona hemólisis, la cual es evidenciada por una disminución de los valores normales de hemoglobina y hematocrito [14]. En el presente ensayo, aún suplementando con la dosis más alta (150 g/animal/día) de la mezcla mineral, no se evidenciaron durante el desarrollo del experimento efectos negativos sobre estas 2 variables. En este mismo orden de ideas, valores bajos de hemoglobina y hema-

tocrito son también reportados en bovinos deficientes de hierro y cobre [20].

CONCLUSIONES

Los animales suplementados con las tres dosis (50, 100 y 150 g/animal/día) de la mezcla mineral, presentaron una mejor ganancia de peso corporal (ganancia diaria y total) en comparación con el grupo no suplementado. El presente ensayo reveló que el hecho de suplementar con la mezcla mineral, mejoró en un 19,53% el peso corporal, reflejando esto el efecto positivo del suministro continuo de minerales (a través de esta mezcla mineral) en la vida productiva de los bovinos de carne.

Las concentraciones sanguíneas de calcio, fósforo, magnesio y potasio en el suero sanguíneo de todos los animales permanecieron dentro de los valores considerados normales para la especie. Sin embargo, los novillos que fueron suplementados con la mezcla mineral a dosis de 100 y 150 g/animal/día, presentaron concentraciones superiores en comparación con los dos grupos restantes, razón por la cual la mezcla mineral evaluada fue efectiva en elevar y mantener los niveles de calcio, fósforo, magnesio y potasio en el suero sanguíneo.

La concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito (volumen globular) en todo el rebaño, permaneció dentro valores considerados normales para la especie, lo cual indica un adecuado balance de metales (calcio, magnesio y selenio) presente en la mezcla mineral.

La evaluación clínica de los animales que consumieron diferentes dosis (50, 100 y 150 g/animal/día) de la mezcla mineral evaluada, no revela síntomas de desbalances minerales (deficiencias y/o excesos).

RECOMENDACIONES

El efecto beneficioso de la suplementación mineral observados en este estudio, sugiere la mezcla mineral evaluada como una estrategia alimenticia válida para incrementar los índices productivos y corregir los problemas de desbalances minerales observados en los rebaños bovinos de regiones tropicales.

En atención a los resultados obtenidos, se recomienda entre 50 a 100 g/animal/día de la mezcla mineral en bovinos de carne con ganancias de peso similares a 700 g/animal.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), Fernández Veterinaria CA (FERVETCA), Centro Experimental de Producción Animal (CEPA) de la Facultad de Ciencias Veterinarias LUZ, Planta de Alimento y Laboratorio de Nutrición Animal de la Cátedra Nutrición y Alimentación Animal, por el soporte logístico y financiero otorgado para el desarrollo de esta investigación.

TABLA V

CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA Y PORCENTAJE DE HEMATOCRITO (MEDIAS ERROR ESTÁNDAR)

Tratamiento	Hemoglobina, g/100 ml	Hematocrito, %
T1= 0 g de MMC ^c	11,13 ± 0,74	35,71 ± 1,9
T2= 50 g de MMC	10,25 ± 0,61	35,65 ± 1,5
T3= 100 g de MMC	10,33 ± 0,65	33,69 ± 1,6
T4=150 g de MMC	10,10 ± 0,61	32,44 ± 1,5

^{a, b}: Valores con letras diferentes dentro de la misma fila presentan diferencias significativas. MMC^c: Mezcla Mineral Comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Association of official agricultural chemists (A. O. A. C.). Official methods of analysis (14 th. ed.). Washington, D. C. 1018 pp. 1984.
- [2] Association of official agricultural chemists. (A. O. A. C.). Official methods of analysis (15 th. ed.) Washington, D. C. 1117 pp. 1990.
- [3] BLOOD, D.C.; HENDERSON, J. A.; RADOSTITS, O. M. Medicina Veterinaria. 6^{ta} edición. Editorial Interamericana. 1441 pp. 1988.
- [4] BOTACIO, R.; GARMENDIA, J. Efecto de la suplementación mineral completa sobre parámetros productivos y reproductivos en bovinos a pastoreo. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Postgrado en Producción Animal. Tesis de grado. 1995.
- [5] Brill Corporation. The Brill Feed Formulation. User's Manual. Version 7. 1995.
- [6] Church, D. C.; Pond, W. G.. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. 438 pp. 1992.
- [7] CIPAGAUTA, M.; LAREDO, M.; PALADINES, O. Suplementación del ganado bovino con tres fuentes de fósforo, en los llanos Orientales de Colombia. **Revista ICA**. 27: 320-345. 1992.
- [8] DEVENPORT, G. M.; BOLING, J. A.; GAY, N. Bioavailability of magnesium in beef cattle fed magnesium oxide or magnesium hydroxide. **J. Anim. Sci.** 68: 3765-3772. 1990.
- [9] EWEL, E.; MADRIZ, A. Zonas de vida de Venezuela. MAC. Caracas. Editorial Sucre. 265 p.p. 1968.
- [10] FICK, K. R.; MILLER, S. M.; FUNK, J. D.; McDOWELL, L. R.; HOUSER, R. H. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Universidad de Florida. Animal Science Department. Gainesville, Florida, USA. 502 pp. 1979.
- [11] FISKE, C. H.; SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **J. Biol. Chem.** 66: 375-384. 1925.
- [12] GOMIDE, J. A.; ZOMETA, A. T. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. En Simposium Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Universidad de Florida. Gainesville. p. 39-46. 1978.
- [13] HORST, R. L. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. **J. Dairy Sci.** 69: 604-616. 1986.
- [14] HUMPHREYS, D. J. Toxicología Veterinaria. 3^{era} Edición. Editorial Interamericana-McGraw-Hill. 366pp.1990.
- [15] LAREDO, M. A.; GONZÁLEZ, F.; HUERTAS, H. B.; MCDOWELL, L. R.. Los minerales y la producción de ganado de carne en pie de Monte Llanero. **Zootecnia Tropical**. 5: 11-25.1987.
- [16] LEBDOSOEKOJO, S.; AMMERMAN, C. B.; RAUN, N.; GOMEZ, J.; LITELL, R. Mineral supplementation of grazing beef cattle in eastern plains of Colombia. **J. Anim. Sci.** 51: 1249. 1980.
- [17] LITTLEDIKE, E. T.; GOFF, J. Interactions of calcium, phosphorus, magnesium and vitamin D that influence their status in domestic meat animals. **J. Anim. Sci.** 65: 1727-1743. 1987.
- [18] MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. **Nutrición Animal**. Editorial Mc Graw-Hill. México. 640 pp. 1981.
- [19] McDowell, L. R.; CONRAD, J. H.; ELLIS, G. L. Ruminant mineral deficiencies: Radioisotopic and other techniques of detection. In:IESA-SR. p. 151-169.1985.
- [20] McDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press, Inc New York, USA. 523 pp. 1992.
- [21] McDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H.; HEMBRY, F. G.; ROJAS, L. X.; VALLES, G.; VELÁSQUEZ, J. Minerals for grazing ruminants in Tropical regions. Center for tropical Agriculture. University of Florida. Animal Science Department. 2nd edition. 77 pp. 1993.
- [22] McDOWELL, L. R.; VELÁSQUEZ, J.; VALLE, G. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Centro de agricultura tropical. Universidad de Florida. Departamento de Zootecnia, Gainesville. 3^{era} Edición. 84pp. 1997.
- [23] MILES, W. H.; McDOWELL, L. R.; RAUN, N. S. Suplementación mineral más completa tecnología clave para América tropical. En World Animal Production. p.1-12.1989.
- [24] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of domestic animal. "Nutrient requirements of beef cattle". Sixth Edition. National Academy of Sciences-NRC, Washington, D.C. 105 p.p. 1988.
- [25] PERKIN-ELMER. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, Connecticut. U.S.A. 82 pp. 1982.
- [26] ROBERTS, W. K.; St OMER, V. V. Potassium requirement of fattening steers. **J. Anim. Sci.** 24: 902 (Abstr). 1965.
- [27] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (S.A.S.). User's Guide Basics. Cary, N.C. Version 6.4. 1982.
- [28] SCHALM, O. W.; JAIN, N. C; CARROLL, J. E. **Veterinary Hematology**. 3rd Edition. Ed. Lea & Febiger. 807 pp. 1975.

- [29] SOULSBY, E. J. Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos. 7^{ma} Edición. Interamericana. 823 pp. 1987.
- [30] SWENSON, M. J.; REECE, W. O. Physiological properties and cellur and chemical constituents of blood. In: **Physiology of domestic animals**. 11th ed. Cornell University Press, Ithaca, NY. 22 pp. 1993.
- [31] TIFFANY, M. E.; McDOWELL, L. R.; O'CONNOR, G. A.; MARTIN, F. G.; WILKINSON, N. S.; PERCIVAL, S. S.; RABIANSKY, P. A. Effects of residual and reapplied bio-soilds on performance and mineral status of grazing beef steers. **J. Anim. Sci.** 80: 260-269. 2002.
- [32] UNDERWOOD, E. J. The mineral nutrition of livestock. Second. **Commonwealth Agriculture Bureaw**. Edition London. 210 pp. 1981.