

Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela

Luis Depablos¹, Susmira Godoy^{2*}, Claudio F. Chicco² y Jorge Ordoñez³

¹Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Aragua. Venezuela.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: sgodoy@inia.gob.ve

³Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora. Barinas, Barinas. Venezuela.

RESUMEN

Para evaluar el estado de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los llanos centrales de Venezuela en sabanas bien (SBD) y mal (SMD) drenadas e intermedias (SI), se seleccionaron unidades de producción del municipio El Pao de San Juan Bautista del estado Cojedes, Venezuela, en una zona de vida de bosque seco tropical. Se tomaron muestras de suelo, forraje, suero sanguíneo, hueso e hígado de bovinos para análisis mineral. En el suelo el contenido de materia orgánica (2,5%) fue moderado y el pH ligeramente ácido (6,0). Los cationes Ca, K y Mg estuvieron por encima del nivel crítico para la producción de forrajes. El contenido de P (ppm) fue adecuado para SMD (12,5), ligeramente inferior para SI (9,0) y deficiente para SBD (6,8). En el forraje, el P fue adecuado (0,26 y 0,21% para SMD y SI, respectivamente) y bajo (0,12%) para SBD. El Ca fue mayor en SMD (0,56%), seguido por SI (0,39%) y SBD (0,26%). El contenido de Mg, K, Na y Cu en forraje fue superior a los niveles críticos para la producción con bovinos, mientras que el Fe y Mn fueron altos. En suero sanguíneo, el P fue bajo, con mayores niveles en animales jóvenes (4,16; 3,44; 3,34 mg/dL para mauta, novilla y vaca, respectivamente). En tejido hepático, el Cu (98 ppm), Zn (129 ppm) y Mn (9,7 ppm) se encontraron en niveles adecuados, mientras que el Fe (287 ppm) fue alto, guardando relación con el contenido en sangre y forraje. En el hueso, la concentración de Ca (21,7%; 243 mg/cm³) y P (9,9%; 106 mg/cm³) fueron deficientes. Se concluye que hay deficiencias de P en el sistema suelo-planta-animal, eventuales de Ca en algunos componentes del sistema (suero sanguíneo, hueso y forrajes) y elevadas concentraciones de Fe, Mn y Zn que pueden ocasionar relaciones antagónicas.

Palabras clave: nutrición mineral, bovinos, sabanas

Mineral nutrition in cattle production systems in central savannas of Venezuela

ABSTRACT

To evaluate mineral nutrition in cattle production systems in the central plains of Venezuela, in well drained (WDS) and poorly drained (PDS) savannas as well as intermediate savannas (IS), nine cattle production units were selected in the municipal district of Pao de San Juan Bautista of Cojedes state, Venezuela, corresponding to a dry tropical forest. Soil, forage, animal blood serum, bone and liver samples were taken for chemical analysis. Ca, K, and Mg cations were higher than the critical levels required for forage production. Phosphorus content (ppm) was adequate in PDS (12.5), slightly lower in IS (9.0), and deficient in WDS (6.8). In forage, P was found to be adequate with values of 0.26 and 0.21% for PDS and IS, respectively, being deficient in WDS (0.12%). Calcium was higher in PDS (0.56%), followed by IS (0.39%) and PDS (0.26%) Magnesium, K, Na, and Cu content in forage was higher than the suggested critical levels for cattle, while Fe and Mn were very height. In blood serum, P was low with higher values in younger animals (4.16, 3.44, 3.34 mg/dL for calves, heifers, and cows, respectively). Hepatic Cu (98 ppm), Zn (129 ppm), and Mn (9.7 ppm) were adequate, while Fe (287 ppm)

Recibido: 03/06/2008 Aceptado: 12/12/2008

was high, in line with forage and blood concentrations. In bone tissue, Ca (21.7%, 243 mg/cm³) and P (9.9%, 106 mg/cm³) concentrations were deficient. It is concluded that P deficiency is present in the soil-plant-animal system, eventually Ca in some components of the system (blood serum, bone and forage) and high concentrations of Fe, Mn and Zn are present and may be involved in some antagonistic relationships.

Keywords: mineral nutrition, cattle, savannas

INTRODUCCIÓN

La inadecuada nutrición mineral constituye una de las principales limitantes para la ganadería en las regiones tropicales. En las sabanas venezolanas se han señalado una serie de signos clínicos en los bovinos a pastoreo como pica, pelo hirsuto, baja fertilidad y muerte súbita que sugieren problemas de deficiencia, toxicidad o desbalances minerales. Chicco y Godoy (1996) señalan que la mayoría del forraje de los llanos venezolanos tiene una concentración de fósforo inferior a 0,20% en base a materia seca, valor considerado crítico para la producción vacuna, así como también algunos excesos de hierro y manganeso. Al norte del estado Cojedes en Venezuela, se han reportado (Morillo *et al.* 1989; McDowell *et al.*, 1989) bajos niveles de algunos nutrientes (proteína y fósforo) en el forraje, así como concentraciones elevadas de hierro que pudieran condicionar la utilización de otros macro y microelementos, como el fósforo, cobre y zinc.

Estas condiciones señalan la necesidad de prestar particular atención a los estados carenciales o de subnutrición, de tipo continuo o estacional, para que no se afecte el desempeño de los bovinos a pastoreo y por lo tanto, los aportes económicos para el productor. Consecuentemente, en el presente trabajo se evaluó el contenido de algunos minerales en el sistema suelo-planta-animal en unidades de producción de vacunos a pastoreo del municipio El Pao del estado Cojedes, en sabanas representativas de la región central de Venezuela.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación, sistema de producción y manejo animal

La región bajo estudio se localizo en las sabanas del municipio El Pao de San Juan Bautista del estado Cojedes, Venezuela. Los datos agroclimatológicos promedios anuales que presenta la zona son temperatura entre 27 y 30°C, precipitación de 1.424 mm distribuida en forma biestacional, con un pico

lluvioso entre mayo-agosto y déficit entre diciembre-abril y una evapotranspiración potencial de 1.590 mm. La zona de vida pertenece a bosque seco tropical y los suelos corresponden a los órdenes Inceptisoles, Ultisoles, Alfisoles y Vertisoles (Comerma, 1968).

El sistema de producción estudiado fue ganadería de carne, incluyendo algunas fincas donde se ordeñan mestizos acebuados. Se tomaron muestras en siete fincas que por lo general presentaban distintos tipos de paisaje, consiguiéndose en cinco de ellas sabanas bien drenadas y en cuatro sabanas intermedias y mal drenadas.

Las muestras tomadas se corresponden con las siguientes características: animales de carne (Cebú y sus mestizos), principalmente pasturas introducidas (*Brachiaria* sp. y *Cynodon* sp.), además de las gramíneas nativas propias de cada ecosistema estudiado (*Trachypogon* sp. o *Paspalum fasciculatum*), fertilización de pasturas con 50 kg ha⁻¹ año⁻¹ de urea, animales manejados bajo pastoreo rotacional continuo y suplementación estratégica en época de verano con de bloques multinutricionales, sales minerales o mezclas de harinas y subproductos.

Toma y manejo de muestras

Las muestras de suelo, planta y sangre fueron tomadas entre febrero y marzo (época seca) y entre julio y agosto (época lluviosa) en siete fincas del municipio Pao. Las muestras de hígado y hueso se tomaron de un matadero ubicado en la misma zona, de animales procedentes de algunas de las unidades de producción donde se colectaron las muestras de suelo, forraje y sangre.

Para la toma de muestras de suelo y forraje en cada unidad de producción se tomaron de 2 a 8 transectas y, en cada una de ellas, entre 4 y 8 muestras dependiendo de la superficie, variación en la pendiente, cobertura vegetal y condiciones de aguachinamiento. Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad aproximada de 20 cm. En las diferentes áreas se

colectaron 48 muestras compuestas de suelo (22 en sabanas bien drenadas, 16 en sabanas intermedias y 10 en sabanas mal drenadas; 26 en sequía y 22 en lluvias) y se mezclaron homogéneamente para formar una muestra compuesta de cada transecta para análisis (Coraspe y Tejera, 1996).

Se tomaron 217 muestras de forrajes (120 en el periodo seco y 97 en el lluvioso; 184 de forrajes cultivados y 33 en pastos naturales; 109 de sananas bien drenadas, 78 de sabanas intermedias y 30 de sabanas mal drenadas). Las muestras de forraje fueron tomadas sobre transectas con un marco metálico de 0,25 m² y el corte del material vegetal se realizó a 10 cm sobre el nivel del suelo. Una vez en el laboratorio fueron molidas para análisis (Matteucci y Colma, 1982).

En cada unidad de producción se tomaron al azar muestras de sangre por punción venosa yugular. Se obtuvo suero sanguíneo por centrifugación de la sangre a 2500 rpm durante 15 min. Se tomaron 165 muestras de suero sanguíneo distribuidas de la siguiente manera: 46 mautas(es), 47 novillas y 72 vacas de un total de 27.800 animales pertenecientes a las siete fincas. En el periodo seco fueron tomadas 103 muestras y en lluvias, 62.

Las muestras de tejidos fueron obtenidas de animales en matadero, coincidiendo con los muestreos de suelo y forraje en las unidades de producción. Las muestras de hígado, aproximadamente 200 g de tejido fresco tomados inmediatamente al sacrificio del animal, fueron almacenadas bajo congelación (-5°C). Previo secado a 100°C estas fueron sometidas a digestión y diluciones para determinación de minerales (Tiffany *et al.*, 2002). Las muestras de hueso correspondieron a la 12^{va} costilla y las apófisis transversas de las vértebras lumbares. En el hueso se determinó Ca y P.

La determinación de minerales (Ca, Mg, Na, K, Zn, Cu, Fe y Mn) en suelo, planta y tejidos y fluidos animales se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1984). Para plantas y tejidos animales el fósforo fue determinado por colorimetría (Fiske y Subarrow, 1925). Para las muestras de suelo se utilizó el método de Olsen (AOAC, 1984).

Diseño de investigación y análisis estadístico

La evaluación del estado mineral en el sistema suelo-planta-animal representa un muestreo piloto,

ya que no se posee una medida de variabilidad entre fincas reportada previamente en la zona. El muestreo se realizó en no menos de cuatro fincas por cada zona agroecológica del municipio en estudio, para obtener la información del estado mineral del sistema suelo-planta-animal y las medidas de variación.

Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva e inferencial. Se determinaron promedios y desviaciones estándar y, para la inferencia estadística, se usó el análisis de varianza para determinar el efecto del tipo de sabana, época de muestreo y tipo de animal. Además, se realizaron correlaciones de Pearson para determinar el grado de asociación entre las concentraciones minerales en suelo, forraje y suero sanguíneo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de Ca y K en el suelo fueron afectadas por la época de muestreo ($P < 0,05$), presentando valores de 785 y 1.510 ppm para Ca y 75,8 y 56,7 ppm para K en las épocas de lluvia y sequía, respectivamente (Cuadro 1). Los valores promedios de Ca y K en suelo fueron superiores a los señalados críticos para un adecuado desarrollo de la pastura (500 y 37 ppm, respectivamente; Morillo *et al.*, 1989). Sin embargo, 40 y 19% de las muestras de suelo resultaron deficientes en Ca y K, respectivamente.

Morillo *et al.* (1989) y Tejos (1998), al norte del estado Cojedes, reportaron valores de Ca similares a los de las sabanas bien drenadas y más bajos respecto a las intermedias y mal drenadas. El nivel de K fue similar al obtenido por Tejos (1998). Los valores de Mg también resultaron superiores al nivel crítico (15 ppm) considerado por Morillo *et al.* (1989).

El tipo de sabana afectó ($P < 0,05$) el contenido de P y el pH en el suelo. El mayor valor de P correspondió a las sabanas mal drenadas (12,5 ppm), seguido por las intermedias (9,0 ppm) y bien drenadas (6,8 ppm). El pH fue de 5,49; 6,24 y 5,96 para sabanas bien drenadas, intermedias y mal drenadas, respectivamente (Cuadro 1).

En las sabanas bien drenadas e intermedias la concentración de P en suelo estuvo muy cerca o por debajo del valor crítico (Cuadro 1). Estos valores resultaron superiores a los reportados por Morillo *et al.* (1989) al norte de Cojedes (sabanas bien drenadas) y Tejos (1998). En la zona de Caño Benito, sitio cercano

Cuadro 1. Minerales y propiedades físico-químicas del suelo (media y desviación estándar) según tipo de sabana o época de muestreo.

Época	Ca	P	K	Mg	MO	CE	pH	----- ppm -----		ds/m
								%	%	
Época	Lluvia	785 ± 854a [†]	9,9 ± 7,9	75,8 ± 37,8a	161,0 ± 111,1	2,6 ± 0,9	0,054 ± 0,050	5,94 ± 0,83		
	Sequía	1.510 ± 1.888b	7,7 ± 6,1	56,7 ± 22,6b	179,4 ± 124,6	-	-	5,72 ± 0,87		
Sabana bien drenada	General	810 ± 1.560	6,8 ± 6,2B	64,9 ± 32,0	157,7 ± 137,2	2,8 ± 1,0	0,051 ± 0,058	5,49 ± 0,814B		
	Lluvia	627 ± 914	7,4 ± 4,9	76,2 ± 40,2	162,2 ± 139,8	2,8 ± 1,0	0,051 ± 0,058	5,49 ± 0,814		
Sabana intermedia	Sequía	936 ± 1.913	4,7 ± 4,1	57,0 ± 23,6	154,6 ± 140,9	-	-	-		
	General	1.347 ± 1.023	9,0 ± 4,6AB	66,3 ± 32,0	199,2 ± 106,2	2,5 ± 0,4	0,059 ± 0,043	6,21 ± 0,66A		
Sabana mal drenada	Lluvia	1.033 ± 877	7,8 ± 3,6	74,8 ± 39,8	180,3 ± 92,7	2,5 ± 0,4	0,059 ± 0,043	6,21 ± 0,66		
	Sequía	1.520 ± 1.167	9,3 ± 6,0	53,3 ± 19,4	207,0 ± 120,8	-	-	-		
Valores críticos [‡]	General	1.700 ± 1.976	12,5 ± 10,1A	66,4 ± 34,6	156,8 ± 85,2	2,3 ± 1,3	0,052 ± 0,055	5,96 ± 0,98AB		
	Lluvia	673 ± 786	17,6 ± 12,5	76,8 ± 38,9	128,0 ± 92,6	2,3 ± 1,3	0,052 ± 0,055	5,96 ± 0,98		
	Sequía	2.728 ± 2.351	11,8 ± 8,0	56,0 ± 30,0	185,6 ± 75,5	-	-	-		
		500	10	37	15	2	---	-		

[†]Letras minúsculas distintos en la misma columna denotan diferencias estadísticas por efecto de la época (P<0,05). Letras mayúsculas distintas en la misma columna denota diferencias estadísticas por efecto del tipo de sabana (P < 0,05).

[‡]Morillo *et al.* (1989).

del presente estudio, Arriaga *et al.* (2001) señalaron valores de P de 6,2 ppm a pH de 5,5 y materia orgánica 2,7%, similares a los de esta investigación. De las muestras de suelo analizadas, 66% presentaron una concentración de P inferior a 10 ppm.

El tipo de sabana influyó ($P < 0,05$) las concentraciones de Ca, P, Mg, K, Cu y Mn en el forraje (Cuadro 2), al igual que la época para Ca, P, Mg, K, Mn y Zn. La concentración de Ca en el forraje fue mayor en el periodo seco (0,43%) que en el lluvioso (0,25%), posiblemente debido a que este mineral no sufre procesos de dilución o translocación tan acentuados por crecimiento y maduración de la pastura, quien se constituye en un elemento utilizado en los procesos de lignificación ante el estrés hídrico. Los forrajes de las sabanas mal drenadas presentaron una mayor concentración de Ca seguida de las intermedias y bien drenadas con valores de 0,56; 0,39 y 0,26%, respectivamente, y es relacionado con el contenido del elemento en el suelo. La concentración promedio de Ca en el forraje estuvo por encima del valor crítico (0,3%) con excepción de las sabanas bien drenadas en el periodo lluvioso. Sin embargo, un 56% de las muestras de forraje mostraron una concentración inferior al nivel limitante. Los valores de Ca fueron inferiores a los publicados por Tejos (1998), mientras que coincidieron con los reportados por Arriaga *et al.* (2001) y Morillo *et al.* (1989).

El P, elemento susceptible a disminuir por dilución y translocación en etapa de maduración o floración del forraje, fue menor en la época de sequía que en la de lluvias. Las sabanas bien drenadas presentaron menor concentración que las mal drenadas y estas, inferiores a las intermedias con valores de 0,12; 0,21 y 0,26%, respectivamente, guardando relación con el contenido del elemento en suelo (Cuadro 1).

Muy pocos valores promedio de P en la pastura alcanzaron el límite inferior (0,25%) para una adecuada producción de vacunos, con una alta proporción de las muestras deficientes (72%). Sólo las concentraciones en la época de lluvias para sabanas intermedias y mal drenadas y en sequía para intermedias estuvieron muy cerca a este valor. Las sabanas bien drenadas presentaron baja concentración del elemento durante todo el año. Los valores de fósforo en los forrajes (*Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria humidicola*, *B. mutica* y *B. radicans*) fueron inferiores a los señalados por Tejos (1998) y Arriaga *et al.* (2001) en el estado

Cojedes. Es importante acotar que los valores de Arriaga *et al.* (2001) fueron determinados a inicios de la temporada lluviosa. Por su parte, Morillo *et al.* (1989) encontraron valores de P en las pasturas más bajos que los del presente estudio. Los trabajos de Morillo *et al.* (1989) y McDowell *et al.* (1989) fueron realizados al norte del estado Cojedes sobre las especies *Trachypogon plumosus*, *Paspalum* sp. y *Axonopus* sp., las cuales son especies diferentes a las del presente estudio.

El Mg en forraje presentó ($P < 0,05$) menor concentración en el período de lluvias. En sabanas mal drenadas la concentración del elemento fue mayor ($P < 0,05$) que en las intermedias y bien drenadas (0,34 vs. 0,23 y 0,25%, respectivamente). Los valores promedio superan al crítico (0,2%), siendo similares a los de Morillo *et al.* (1989) y superiores a los de Tejos (1998). Sin embargo, un 35% de las muestras no alcanzaron la concentración límite.

La concentración de K en el forraje fue afectada por la época del año (sequía 0,93% vs. lluvias 1,52%). Las sabanas bien drenadas presentaron una menor concentración ($P < 0,05$) que las intermedias, siendo estas inferiores a las mal drenadas con valores de 0,96; 1,35 y 1,62%, respectivamente. El nivel de K en sabanas bien drenadas en sequía se encontró muy cerca de la concentración crítica para las dietas de vacunos. Sin embargo, las concentraciones promedio resultaron superiores al nivel crítico (0,6%; McDowell *et al.*, 1989) con 18% de las muestras deficientes. Los valores de K en los forrajes fueron más bajos a los señalados por Arriaga *et al.* (2001) y más elevados que los de Morillo *et al.* (1989).

No existió efecto de la época o tipo de sabana sobre la concentración de Na en los forrajes. Sin embargo, éstos valores superaron el nivel crítico para la producción de vacunos (20% de las muestras fueron deficientes). El sodio en la pastura presentó valores superiores a los señalados por Morillo *et al.* (1989) quienes indicaron niveles más bajos de este elemento.

Los valores de Fe en el forraje fueron superiores al valor considerado limitante e inferiores a los reportados por Tejos (1998) y Morillo *et al.* (1989).

El contenido de Cu se vio afectado por el tipo de sabana ($P < 0,05$). Los valores promedios superaron el nivel crítico (8 ppm) con 16% de muestras deficientes.

Cuadro 2. Minerales (promedio y desviación estándar) en forraje según tipo de sabana (SBD: sabana bien drenada, SI sabana intermedia, SMD: sabana mal drenada) o época de muestreo.

Fuente de variación	%							ppm			
	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Cu	Mn	Zn		
Época	Sequía	0,43 ± 0,35	0,17 ± 0,12	0,28 ± 0,12	0,93 ± 0,11	0,24 ± 0,17	201 ± 174	13,8 ± 5,5	206 ± 130	46,5 ± 36,4	
	Lluvia	0,25 ± 0,14	0,19 ± 0,08	0,23 ± 0,13	1,52 ± 0,50	0,24 ± 0,22	272 ± 309	13,9 ± 8,0	212 ± 87	95,1 ± 98,0	
Sabana	SBD	0,26 ± 0,28	0,12 ± 0,06	0,25 ± 0,11	0,96 ± 0,53	0,25 ± 0,16	213 ± 217	14,3 ± 7,6	198 ± 115	67,5 ± 94,9	
	SI	0,39 ± 0,16	0,26 ± 0,10	0,23 ± 0,11	1,35 ± 0,59	0,24 ± 0,17	254 ± 307	12,5 ± 5,5	124 ± 98	66,8 ± 46,8	
	SMD	0,56 ± 0,41	0,21 ± 0,08	0,34 ± 0,15	1,62 ± 0,76	0,20 ± 0,32	246 ± 138	16,0 ± 5,0	174 ± 152	75,6 ± 49,4	
Sequía	SBD	0,33 ± 0,35	0,10 ± 0,04	0,28 ± 0,11	0,63 ± 0,27	0,23 ± 0,17	208 ± 199	12,5 ± 5,0	248 ± 111	38,6 ± 28,7	
	SI	0,45 ± 0,15	0,29 ± 0,11	0,25 ± 0,11	1,14 ± 0,54	0,29 ± 0,17	166 ± 137	14,5 ± 5,8	120 ± 96	57,0 ± 46,5	
	SMD	0,78 ± 0,52	0,16 ± 0,07	0,33 ± 0,10	1,69 ± 0,95	0,15 ± 0,09	271 ± 137	18,1 ± 4,1	269 ± 170	50,9 ± 24,9	
Lluvia	SBD	0,16 ± 0,09	0,15 ± 0,06	0,21 ± 0,10	1,44 ± 0,44	0,28 ± 0,13	220 ± 244	16,9 ± 9,7	127 ± 80	108,0 ± 134,0	
	SI	0,32 ± 0,14	0,23 ± 0,08	0,20 ± 0,11	1,60 ± 0,54	0,19 ± 0,14	356 ± 406	10,1 ± 4,2	127 ± 103	78,1 ± 45,1	
	SMD	0,37 ± 0,12	0,25 ± 0,07	0,35 ± 0,19	1,56 ± 0,57	0,24 ± 0,43	223 ± 139	14,1 ± 5,1	92 ± 66	97,3 ± 55,8	
Deficiencia†	0,3	0,25	0,2	0,6	0,08	50	8	40	30		
Toxicidad†	-	-	-	-	-	1.000	100	1.000	500		

† Según Morillo *et al.* (1989) y McDowell *et al.* (1989).

Tejos (1998) y Morillo *et al.* (1989) reportaron valores de Cu en pasturas de Cojedes inferiores a las de este estudio. Aun cuando las concentraciones de Cu en el forraje no mostraron valores que sugieran deficiencia, los mismos se encontraron cerca del valor límite. Sin embargo, el Fe, elemento que compite por los sitios de absorción a nivel intestinal con el Cu, se encontró en cantidades medianamente elevadas en la pastura, lo que podría crear condiciones que predisponen a una deficiencia secundaria de Cu en los animales.

Los valores de Mn en el periodo seco (206 ppm) resultaron mayores ($P < 0,05$) que en el lluvioso (121 ppm) y, en las sabanas bien y mal drenadas, más elevados que en las intermedias (198 y 174 vs. 124 ppm). Chicco y Godoy (1987) han sugerido la eliminación de Mn de las premezclas minerales al encontrarse en adecuada concentración en la pastura. Las concentraciones de Mn en los forrajes resultaron similares a las reportados por Morillo *et al.* (1989) y mayores a las de Tejos (1998). Solo 8% de las muestras de forraje resultaron deficientes.

El Zn fue afectado por la época ($P < 0,05$) con mayores valores en el periodo lluvioso (95,1 vs 46,5 ppm para lluvia y sequia, respectivamente). Las concentraciones promedio superaron el valor crítico (30 ppm; Morillo *et al.*, 1989). El 27% de las muestras resultaron deficientes. La concentración media de este elemento en los forrajes de las sabanas bien drenadas durante la época seca se acerca al valor crítico. Tejos (1998) reportó valores superiores a los del presente estudio y el estudio de Morillo *et al.* (1989) señaló deficiencias de Zn en el forraje.

En general se ha observado que en las regiones subtropicales, la época afecta la concentración de algunos elementos minerales, particularmente P, Mg y K con valores menores en durante el verano (Kiatoko *et al.*, 1982).

La edad del animal, como era de esperarse, independientemente de sus características genéticas, afectó ($P < 0,05$) las concentraciones de P y Mg (Cuadro 3). Así, la concentración de P fue mayor en animales jóvenes (4,16; 3,44 y 3,34 mg/dL para mauta, novilla y vaca, respectivamente) y el Mg sérico en animales adultos (1,99; 2,12 y 2,02 mg/dL para mauta, novilla y vaca, respectivamente).

Con la excepción de los elementos Mg y Na, los cuales permanecieron inalterados, la época del año

afectó ($P < 0,05$) el contenido de los minerales en suero sanguíneo. Exceptuando a Ca, P y Zn, cuyos valores fueron mayores en sequía, por lo general, las concentraciones de los elementos fueron mayores en el periodo lluvioso. Esto pudo ser debido a factores como el uso de suplementos dietéticos en algunas unidades de producción durante la época seca, mecanismos homeostáticos intrínsecos del animal que pueden enmascarar la respuesta a las condiciones desfavorables, ingesta insuficiente energético-proteica en el periodo seco por lo que los animales presentan requerimientos bajos de P. Kiatoko *et al.* (1982) reportan valores más altos de fósforo sérico durante el periodo lluvioso (6,1 vs. 5,2 mg/dL) y señalan que debido a la baja concentración de fósforo en el forraje (0,13%) era lógico esperar una mayor proporción de animales con hipofosfatemia.

Los valores séricos de Ca, Mg, Zn y Cu (Cuadro 3) resultaron superiores a las concentraciones críticas reportadas por McDowell *et al.* (1997), aunque el Cu durante el periodo seco mostró un valor cercano al valor crítico (0,65 ppm) con 42,7% de las muestras deficientes. Sin embargo, en el periodo lluvioso, aun cuando el promedio estuvo por encima del nivel considerado límite, 16,1% de los sueros mostraron deficiencias. Por el contrario, los valores promedios de P y más del 50% de los animales muestreados, en ambas épocas, independientemente del estado fisiológico, época de año y unidad de producción, resultaron inferiores al nivel crítico ($< 4,5$ mg/dL). Esto sugiere deficiencias del elemento asociado al contenido de P del suelo y pastizal. El 10,7 y 17,7% de las muestras fueron deficientes en Ca (< 8 mg/dL) en sequía y lluvia, respectivamente.

El valor sérico reportado (4,28 mg/dL) por Williams *et al.* (1991) en hembras de carne en crecimiento alimentadas con dietas pobres en fósforo (0,12%) fue superior a lo encontrado en novillas (3,44 mg/dL) y similar al de mautas (4,16 mg/dL).

Los niveles de Cu y Mn en hígado (Cuadro 4) estuvieron por encima de los valores críticos reportados por McDowell *et al.* (1997). El Cu hepático es un indicador de las reservas corporales del elemento y guarda relación con los valores en sangre y forraje. Sin embargo, según Chicco y Godoy (1996), las concentraciones de Cu son deficientes en época lluviosa. Lo anterior podría deberse a que, en condiciones de alta pluviometría, los pastos contienen

Cuadro 3. Concentraciones minerales séricas de animales bovinos de unidades de producción en estudio.

Fuente de variación	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Cu	Zn	
	----- mg/dL -----								
Tipo de animal	Mauta(e)	10,07 ± 1,42	4,16 ± 1,15a†	1,99 ± 0,34a	22 ± 1,8	331 ± 18	0,20 ± 0,08	0,72 ± 0,21	1,34 ± 0,61
	Novilla	9,37 ± 1,11	3,44 ± 1,23a	2,12 ± 0,40b	21 ± 4,1	324 ± 34	0,22 ± 0,08	0,86 ± 0,31	1,35 ± 0,70
	Vaca	9,30 ± 1,29	3,34 ± 0,93b	2,02 ± 0,42b	21 ± 3,0	325 ± 21	0,20 ± 0,07	0,80 ± 0,28	1,28 ± 0,55
Época	Lluvia	8,66 ± 0,63B	3,12 ± 1,00B	2,03 ± 0,36	22 ± 3,4A	328 ± 17	0,26 ± 0,07A	1,01 ± 0,25A	0,92 ± 0,16B
	Sequía	10,16 ± 1,34A	3,90 ± 1,12A	2,05 ± 0,42	21 ± 2,8B	325 ± 29	0,17 ± 0,06B	0,66 ± 0,20B	1,57 ± 0,65A
Promedio general		9,54 ± 1,31	3,60 ± 1,13	2,04 ± 0,40	21 ± 3,10	326 ± 25	0,21 ± 0,08	0,79 ± 0,28	1,32 ± 0,61
Valores críticos‡	8	4,5	1	-	-	-	-	0,65	0,6

†Letras distintas en la misma columna denotan diferencias estadísticas ($P < 0,05$) para tipo de animal (letras minúsculas) y época (letras mayúsculas).

‡Según McDowell *et al.* (1997).

mayores tenores de proteína cruda que en presencia de molibdeno reacciona para formar tiomolibdato de cobre, un compuesto que es pobremente utilizado por el animal (Underwood, 1981; McDowell *et al.*, 1984; Tiffany *et al.*, 2002).

Los valores hepáticos de Fe (Cuadro 4) fueron superiores al valor crítico, principalmente en las sabanas bien drenadas al norte del estado, posiblemente debido al pH ácido del suelo que aumenta la solubilidad del hierro y del aluminio, siendo más disponibles para la planta y, por lo tanto, para el animal.

La concentración hepática de Zn se encontró dentro del rango normal (Chicco y Godoy, 1996). El Fe y Zn fueron superiores (287,5 y 128,5 ppm, respectivamente) a los señalados por McDowell *et al.* (1982) en animales mestizos Cebú que pastoreaban *Digitaria* spp., *Paspalum stellatum*, *P. dilatatum* y *Leersia hexandra* en la región de Beni, Bolivia, con valores para Fe y Zn de 218 y 104 ppm, respectivamente. La concentración de Cu, citada por estos autores (50 ppm) fue similar a la del periodo lluvioso (57,4 ppm) e inferior a la época seca (121,2 ppm).

Los valores de Ca y P en el hueso (Cuadro 5) fueron ligeramente inferiores al valor crítico, tanto en la expresión porcentual como en mg/cm³. Los valores de Ca sérico no guardaron relación con los de hueso, como ha sido señalado por algunos autores (Underwood, 1981, McDowell *et al.*, 1984; Wittwer, 1994), quienes han considerado que la medición de la calcemia es poco sensible a estados nutricionales carenciales. En el caso del P, tanto en suero sanguíneo

como en hueso, las concentraciones fueron inferiores a los valores críticos lo que podría sugerir deficiencias del elemento en la dieta, debido a los niveles subóptimos en suelo y forraje y a una poco adecuada suplementación mineral.

Los valores de Ca y P en el tejido óseo fueron más bajos que los señalados por Prestes *et al.* (2003), tanto en vacas mestizas de carne suplementadas con una mezcla mineral completa como no suplementadas.

Relaciones minerales en el sistema suelo-planta-animal

Relación suelo-planta

La concentración mineral en el forraje de la mayoría de los elementos estudiados guardó relación con su contenido en el suelo, a diferencia de los resultados obtenidos por Kiatoko *et al.* (1982). La relación para el Ca fue positiva ($y = 0,0001x + 0,2307$; $R^2 = 0,357$; $P = 0,012$), lo que indica que aumentos del elemento en el suelo se corresponden con incrementos de su concentración en forraje. De igual manera, el Ca en suelo tiene relación positiva ($y = 736,14x - 3447,7$; $R^2 = 0,707$; $P = 0,000$) con el pH del suelo, concordando con lo reportado por Aldrich y Leng (1974) y la UNEX (2007).

La concentración de P en suelo presentó relación con el pH del suelo ($y = 3,141x - 9,7329$; $R^2 = 0,377$; $P = 0,008$) y con su nivel en forraje ($y = 0,0093x + 0,0981$; $R^2 = 0,677$; $P = 0,000$), y, a su vez, éste último, con el pH del suelo ($y = 0,0616x - 0,1816$; $R^2 = 0,593$;

Cuadro 4. Concentraciones hepáticas de elementos minerales en vacunos de unidades de producción estudiadas.

Fuente de variación	Fe	Cu	Co	Mn	Zn
	----- ppm -----				
Época Lluvia	271,4 ± 67,0	57,4 ± 39,2	-	11,9 ± 4,7	128,5 ± 30,9
Seqüía	296,7 ± 185,2	121,2 ± 108,7	8,1 ± 2,1	8,5 ± 1,8	-
Promedio	287,5 ± 151,3	98,0 ± 93,9	8,1 ± 2,1	9,7 ± 3,5	128,5 ± 30,9
Valor crítico	150 – 200 [†] < 180 [§]	25 – 75 [‡] 75 – 100 [†] < 0,75 [§]	0,07 [§]	6 [‡] 6 – 70 [†]	60 – 180 [†] < 84 [§]

[‡]McDowell *et al.* (1997). [†]Chicco y Godoy (1996). [§]McDowell *et al.* (1982)

Cuadro 5. Concentraciones de Ca y P en tejido óseo de bovinos.

Fuente de variación		Ca		P	
		%†	mg/cm ³ hueso	%†	mg/cm ³ hueso
Época	Lluvia	19,2 ± 6,2	243,1 ± 69,8	9,4 ± 0,9	106,1 ± 30,3
	Sequía	23,2 ± 1,0	-	10,1 ± 0,5	-
Promedio		21,7 ± 4,1	243,1 ± 69,8	9,9 ± 0,7	106,1 ± 30,3
Valor crítico‡		24,5	250	11,5	120

† En base seca desgrasado

‡ McDowell *et al.* (1997)

P = 0,000). Soder y Stout (2003), en una prueba de fertilización de tres tipos de suelo, no encontraron asociación entre el contenido de P en forraje y suelo.

El nivel de K en el suelo se relacionó positivamente con su concentración en forraje ($y = 0,008x + 0,6932$; $R^2 = 0,448$; $P = 0,001$). Soder y Stout (2003) encontraron asociación entre el contenido de este elemento en el suelo y la planta tanto por efecto de la fertilización como de su concentración inicial. Adicionalmente, los autores atribuyeron una correlación negativa entre suelo y forraje para Ca y Mg debido al aumento de potasio en suelo producto de la fertilización con excretas.

El pH del suelo mostró una relación positiva con el Mg del suelo ($y = 41,959x - 74,623$; $R^2 = 0,302$; $P = 0,037$), mientras que su relación con la concentración del elemento en forraje fue negativa ($y = 0,0444x + 0,5185$; $R^2 = -0,373$; $P = 0,009$).

Mayland y Wilkinson (1989) destacaron la inhibición que tiene el K sobre la translocación del Mg de la raíz hacia la parte aérea de la planta. Además señalan que en suelos ácidos, la utilización del Mg por las plantas es reducido por el K, Ca, Al, Mn y NH_4 , por lo que, los requerimientos de Mg para una adecuada producción vegetal en suelos ácidos es mayor. Por otro lado, los mismos autores señalan que el aluminio intercambiable en suelo interfiere con la utilización de Ca y Mg más que del K, por lo que, se incrementa la relación $K/(Ca + Mg)$. Sin embargo, en este estudio no se encontró asociación negativa entre el contenido de K o Ca en suelo y Mg en forraje.

Sólo correlaciones positivas entre Ca y Mg, ambos en forraje ($R^2 = 0,419$ y $P = 0,003$) y entre K y Mg en suelo ($R^2 = 0,581$ y $P = 0,000$). Los valores de K en suelos de las diferentes sabanas (53 – 76 ppm) estuvieron por encima del valor crítico (37 ppm). La concentración de Mg en suelo presentó valores entre 128 y 207 ppm, siendo su valor crítico 15 ppm.

Las correlaciones en sequía fueron entre Ca y pH en suelo ($R^2 = 0,789$; $P = 0,000$), K en forraje y suelo ($R^2 = 0,443$; $P = 0,023$), Mg en forraje y pH del suelo ($R^2 = 0,441$; $P = 0,024$), P en forraje y suelo ($R^2 = 0,799$; $P = 0,000$) y a su vez estos con el pH del suelo ($R^2 = 0,652$; $P = 0,000$ y $R^2 = 0,607$; $P = 0,001$, respectivamente).

En el periodo lluvioso se obtuvieron correlaciones entre Ca y pH en suelo ($R^2 = 0,856$; $P = 0,000$), P en forraje con el pH y P contenido en el suelo ($R^2 = 0,484$; $P = 0,023$ y $R^2 = 0,589$; $P = 0,004$, respectivamente).

Relación planta-animal

No se encontró asociación entre el contenido de elementos minerales en el forraje y su concentración en suero sanguíneo de los animales muestreados, excepto para el K ($y = 0,921x + 20,458$; $R^2 = 0,530$; $P = 0,011$). Sin embargo, Lebdoesoekojo *et al.* (1980) reportaron en animales Cebú de los Llanos Orientales de Colombia pastoreando *Trachypogon* sp. y *Andropogon* sp., con y sin suplementación mineral completa, asociación ($P < 0,05$) entre el contenido de P en forraje y el suero sanguíneo de vacas a finales de gestación y comienzos de lactación, con valores

de R^2 de 0,67 y 0,66, respectivamente. Para el Ca los autores reportaron asociación entre su contenido en forraje y suero sanguíneo en los rebaños estudiados, con valores de R^2 superiores a 0,9. Sin embargo, en el caso de Cu, Zn y Mg las correlaciones no fueron significativas. Cabe destacar que la metodología de muestreo de forrajes (hand-plucking) utilizada por Lebdoesoekojo *et al.* (1980) fue muy diferente a la utilizada en este estudio (marcos metálicos). En Venezuela, Chicco y French (1959) encontraron una correlación significativa para fósforo entre forraje y suero sanguíneo ($R^2 = 0,65$; $P < 0,02$) contrastando con lo datos de este estudio.

La falta de relación entre el contenido de la mayor parte de los elementos minerales en forraje y su concentración sérica puede ser debida a diversos factores entre los que destacan: i) fuertes mecanismos homeostáticos presentes en los animales que pueden mantener las concentraciones de los elementos a nivel sanguíneo, aun en estados dietéticos carenciales, ii) poca representatividad de las muestras de forraje tomadas respecto a lo que consume el animal y iii) uso de suplementos nutricionales (mezclas minerales, bloques multinutricionales y subproductos) en la dieta de los animales que pueden enmascarar estas asociaciones.

Similar situación a la determinada en este estudio se presentó al noreste de Zimbabwe, donde Fordyce *et al.* (1996) encontraron correlaciones significativas de microelementos tanto en suelo como en forraje. Sin embargo, no se presentaron correlaciones con el suero sanguíneo del ganado. Los autores sugieren que las altas concentraciones de Fe en el suelo y forraje inhiben la disponibilidad de P para las plantas, así como la absorción de Cu y Zn en el ganado, escenarios que también podrían presentarse en esta investigación.

CONCLUSIONES

Los estudios minerales en fincas del municipio Pao del estado Cojedes mostraron deficiencias de P en el sistema suelo-planta-animal. Eventuales deficiencias de Ca fueron determinadas en algunos componentes (suero sanguíneo, hueso y forrajes en lluvias). Aun cuando en el forraje, algunos elementos, como el Cu, estuvieron en concentraciones ligeramente superiores al nivel crítico, otros como Fe, Mn y Zn fueron altos y pudieran estar ocasionando relaciones antagónicas. Por esta razón, la suplementación

mineral debe ser una práctica en vacunos a pastoreo en la zona de estudio sobre todo en las sabanas bien drenadas e intermedias. Sin embargo, para problemas particulares, determinaciones minerales adicionales en suelo-planta-animal podrían ser necesarias.

LITERATURA CITADA

- Aldrich S. y E. Leng. 1974. Producción Moderna de Maíz. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Álvarez J. 2001. Bioquímica Nutricional y Metabólica del Bovino en el Trópico. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 14^a ed. Washington, EUA
- Arriaga L., C. Chicco y G. Arriaga. 2001. Comportamiento productivo de vacas Brahman de primer servicio y primera lactancia con suplementación estratégica. *En* Romero R., J. Arango y J. Salomón (Eds.) XVII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Fac. Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay. pp. 35-61.
- Chicco C. y M. 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. y S. Godoy. 1987. Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. *En* Plasse D., N. Peña de Borsotti y J. Arango (Eds.) III Cursillo sobre Bovinos de Carne. Fac. Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay. pp. 47-103.
- Chicco C. y S. Godoy. 1996. Estrategias para la suplementación mineral de los bovinos de carne a pastoreo. *En* Plasse D., N. Peña de Borsotti, y J. Arango (Eds.) XII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Fac. Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay. pp. 27-43.
- Comerma J. 1968. Caracterización mineralógica de algunos suelos del occidente de Venezuela. *Agronomía Trop.*, 20(4): 227-247.
- Coraspe H. y S. Tejera. 1996. Procedimiento para la toma de muestras de suelos. FONAIAP Divulga,

54. Disponible en línea en <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd54/suelos.htm> (Consulta: 2005, Junio)
- Fiske C. y Y. Subbarrow. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 66: 375-400
- Fordyce F., D. Masara y J. Appleton. 1996. Stream sediment, soil and forage chemistry as indicators of cattle mineral status in northeast Zimbabwe. *Geological Soc. Special Pub.*, 113: 23-37.
- Kiatoko M., L. McDowell, J. Bertrand, H. Chapman, F. Pate, F. Martin y J. Conrad. 1982. Evaluating the nutritional status of beef cattle herds from four soil order regions of Florida. I. macrolelements, protein, carotene, vitamins a and e, hemoglobin and hematocrit. *J. Anim. Sci.*, 55: 28-37
- Lebdosoekojo S., C. Ammerman, N. Raun, J. Gomez y R. Littell. 1980. Mineral nutrition of beef cattle grazing native pastures on the eastern plains of Colombia. *J. Anim. Sci.*, 5: 1249 - 1260.
- Matteucci S. y A. Colma. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, EUA.
- Mayland H. y S. Wilkinson. 1989. Soil factors affecting magnesium availability in plant-animal systems: A review. *J. Anim. Sci.*, 67: 3437-3444.
- McDowell L., B. Bauer, E. Galdo y M. Koger. 1982. Mineral supplementation of beef cattle in the Bolivian tropics. *J. Anim. Sci.*, 55: 964 - 970.
- McDowell L., J. Conrad, G. Ellis y J. Loosli. 1984. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida y La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Gainesville, EUA.
- McDowell L., D. Morillo, C. Chicco, J. Perdomo, J. Conrad y F. Martin. 1989. Nutritional status of beef cattle in specific regions of Venezuela. II. Micromineral. *Nutritional Report Int.*, 40: 17-31.
- McDowell L., J. Velásquez-Pereira y G. Valle. 1997. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. 3^{ra} ed. Universidad de Florida. Gainesville, EUA.
- Morillo D., L. McDowell, C. Chicco, J. Perdomo, J. Conrad y F. Martin. 1989. Nutritional status of beef cattle in specific regions of Venezuela. I. Macromineral and forage organic constituents. *Nutritional Report Int.*, 39: 1247-1262.
- Prestes D., A. Filappi, L. Finamor, A. Barcellos y M. Cecim. 2003. Níveis plasmáticos e ósseos de cálcio e fósforo em vacas de corte suplementadas e não suplementadas com minerais. *Arch. Vet. Sci.*, 8(1): 49-53.
- Soder K. y L. Stout. 2003. Effect of soil type and fertilization level on mineral concentration of pasture: Potential relationships to ruminant performance and health. *J. Anim. Sci.*, 81: 1603-1610.
- Tejos R. 1996. Muestreo, análisis e interpretación de suelo y plantas con fines forrajeros. Seminario "Alternativas para una mejor utilización de pastos cultivados" Asociación de Ganaderos de Carabobo. Valencia, Venezuela. pp. 1-9
- Tejos R. 1998. Fertilización estratégica de pasturas introducidas. *En Plasse D., N. Peña de Borsotti y R. Romero (Eds.) XIV Cursillo sobre Bovinos de Carne. Fac. Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela. Maracay. pp. 143-165.*
- Tiffany M., L. McDowell, G. O'Connor, F. Martin, N. Wilkinson, S. Percival y P. Rabiensky. 2002. Effects of residual and reapplied biosolids on performance and mineral status of grazing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 80: 260-269.
- UNEX 2007. Lección 5. Propiedades del suelo. Propiedades físico químicas. Reacción del suelo. Universidad de Extremadura, España. Disponible en línea en: <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm> (Consulta: 2007, Enero).
- Underwood J. 1981. Los Minerales en la Nutrición del Ganado. 2^{da} ed. Editorial Acirbia, Zaragoza, España.
- Williams S., L. McDowell, A. Warnick, N. Wilkinson y L. Lawrence. 1991. Phosphorus concentrations in blood, milk, feces, bone and selected fluids and tissues of growing heifers as affected by

dietary phosphorus. *Livest. Res. Rural Dev.*, 3(2). Disponible en línea en <http://www.lrrd.org/lrrd3/2/florida4.htm> (Consulta: 2007, Octubre)

Wittwer F. 1994. Diagnóstico de desbalances metabólicos nutricionales en animales en producción. *En* Pérez T. y N. Martínez (Eds.) I Curso Nacional de Divulgación en Técnicas de RIA y Evaluación de Metabolitos Sanguíneos y

Cinéticas Digestivas Relacionadas en la Nutrición y Reproducción en Bovinos. Organización Internacional de Energía Atómica. Proyecto ARCAL III “Inmunoanálisis en Producción y Salud de los Animales” Fac. Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Ministerio de Energía y Minas. Maracay, Venezuela.