

## Nivel mineral existente en suelos, forrajes y ganado bovino en Nicaragua. II. Macrominerales y composición orgánica de forrajes.<sup>1</sup>

Mineral status of soils, forages and cattle in Nicaragua.  
II. Forage macromineral and organic constituents.

Juan Velásquez-Pereira<sup>2</sup>  
Lee McDowell<sup>2</sup>  
Joseph Conrad<sup>2</sup>  
Nancy Wilkinson<sup>2</sup>  
Frank Martin<sup>3</sup>

### Resumen

Este estudio fue conducido para determinar el nivel de macrominerales en ganado bovino en seis regiones ganaderas de Nicaragua. Se evaluó un total de 14 fincas en seis regiones durante la época lluviosa y un total de ocho fincas en dos regiones durante la época seca. Las regiones comprendieron los siguientes departamentos: I (Esteli), II (Leon y Chinandega), III (Managua), IV (Granada y Rivas), V (Boaco y Chontales), y VI (Matagalpa y Jinotega). De cada finca se obtuvieron 14 muestras de suelo y de forrajes, y 30 muestras de sangre de ganado vacuno (vacas lactantes, novillas y terneros) para determinar el contenido de macrominerales y componentes orgánicos de los forrajes. El contenido de materia orgánica (MO) en el suelo fue más bajo ( $P < .05$ ) en la época seca que en la lluviosa. A excepción del calcio (Ca), hubo diferencias en el contenido macromineral en todas las regiones. El macromineral de mayor deficiencia fue el fósforo (P), con porcentajes de muestras deficientes ( $< 17$  ppm) entre 0 y 86 % en las seis regiones durante la época lluviosa y entre 48 y 93 % en las regiones IV y V, respectivamente, durante la época seca. La concentración de proteína cruda (PC), así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) de los forrajes, fue más baja ( $P < .01$ ) durante la época seca. El porcentaje de muestras deficientes en PC ( $< 7$  %) fluctuó entre 0 y 29 % en las seis regiones durante la época lluviosa, y fue de 98 % y 84 % en las regiones IV y V, respectivamente, durante la época seca. El porcentaje de muestras deficientes en PC fue mayor durante la época seca (89 %) que durante la época lluviosa (12 %) al comparar las regiones IV y V. Los únicos niveles macrominerales que variaron ampliamente ( $P < .05$ ) entre regiones fueron

Recibido el 11-09-1995 ● Aceptado el 29-04-1996

1. Florida Agricultural Experiment Station journal series No. R-04720.

2. Animal Science Department, University of Florida, P.O. Box 110910, Gainesville, FL 32611-0910.

3. Department of Statistics, University of Florida, P.O. Box 110560, Gainesville, FL 32611-0560.

los de Ca y magnesio (Mg) durante la época lluviosa y los de sodio (Na) y la relación potasio (K) y Ca+Mg durante la época seca. El porcentaje de forrajes deficiente en Ca varió entre un 29 y 90% en las seis regiones durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 83% y 63% en las regiones IV y V, respectivamente. El porcentaje de muestras deficientes en K (< 0.8 %) varió entre 0 y 50% en las seis regiones durante la época lluviosa y entre 26 y 63 % en las regiones IV y V, respectivamente, durante la época seca. El Mg fue el macromineral de mayor deficiencia en el forraje analizado en este estudio; la mayoría de las muestras contuvieron < 0.2 %. El porcentaje de muestras de forrajes deficientes en P varió entre 0 y 80 % en las seis regiones durante la época lluviosa y entre 60 y 87 % en las regiones IV y V, respectivamente, durante la época seca. La relación K/(Ca+Mg) demostró que la hipomagnesemia puede presentar problemas debido a las altas proporciones entre regiones y épocas. Excepto en las regiones III y VI, el ganado en las otras regiones tuvo bajas concentraciones de P (< 4,5 mg/dL) en el suero sanguíneo. Las concentraciones de Ca en el suero sanguíneo no variaron entre regiones pero sí las de Mg; el P, Ca y Mg variaron entre clases de animal. **Palabras claves:** ganado, Nicaragua, macrominerales, forraje, suelo.

## Abstract

A study was conducted to determine the macromineral status of cattle in six cattle-producing regions of Nicaragua. A total of 14 farms within six regions during the wet season and eight farms within two regions during the dry season were evaluated. States in each region were: I (Esteli), II (Leon and Chinandega), III (Managua), IV (Granada and Rivas), V (Boaco and Chontales), and VI (Matagalpa and Jinotega). On each farm, 14 composite soil and forage samples and 30 blood samples (lactating cows, heifers and calves) were collected and analyzed for macrominerals and organic constituents. Soil OM was lower ( $P < .05$ ) during the dry season than during the wet season. Soil extractable Ca, K and Mg were found to be lower ( $P < .05$ ) during the wet than during the dry season. This may be explained by the fact that during the wet season these mineral concentrations tend to decline as weathering and leaching progress. With the exception of Ca, differences among regions were found for all macrominerals. The macromineral most likely to be deficient was P, with the percentage of deficient samples (< 17 ppm) ranging from 0 to 86 % for the six regions during the wet season, and 48 and 93 % for regions IV and V, respectively, during the dry season. Crude protein concentration as well as IVOMD of forage was lower ( $P < .01$ ) during the dry season. Percentage of deficient CP samples (< 7 %) ranged from 0 to 29 % for the six regions during the wet season, and 98 and 84 % in regions IV and V, respectively, during the dry season. Crude protein was more deficient (89 %) during the dry than during wet (12 %) season when region IV and V were compared. Calcium and Mg were the only macrominerals that differed ( $P < .05$ ) among regions during the wet season and Na and the K/(Ca+Mg) ratio during

the dry season. Percentage of forages deficient in Ca ranged from 29 to 90% for the six regions during the wet season, and 83 and 63 % for regions IV and V, respectively, during the dry season. Samples deficient in K (<0.8%) ranged from 0 to 50 % for the six regions during the wet season, and 26 and 63 % for regions IV and V, respectively, during the dry season. Magnesium was the macromineral most deficient for cattle in this study with almost all samples deficient (<0.2 %). Percentage of forage samples deficient in P ranged from 0 to 80 % for the six regions during the wet season, and 60 and 87 % for regions IV and V, respectively, during the dry season. The ratio of K/(Ca+Mg) indicated that hypomagnesemia may be a potential problem due to high ratios across regions and seasons. Except for regions III and VI, cattle in other regions had low serum P concentrations (<4.5 mg/dL). Calcium serum concentration did not differ among regions. However, Mg serum concentration differed among regions. Serum P, Ca and Mg differed among animal classes.

**Key words:** cattle, Nicaragua, macrominerals, forrages, soil.

## Introducción

En los países tropicales, la productividad del ganado está limitada por niveles inadecuados de PC, energía digestible y minerales en los forrajes. Generalmente, el pasto abunda durante la época lluviosa, y las concentraciones adecuadas de PC y energía digestible permiten la ganancia de peso de los animales. Durante la época lluviosa, la suplementación mineral es muy importante, ya que éste es el período de rápido crecimiento del animal. Durante la época seca, los niveles de PC, minerales y carbohidratos solubles en las plantas bajan progresivamente a medida que éstas van madurando mientras que los niveles de fibra y lignina aumentan (24). La suplementación mineral no es tan importante durante la época seca debido a que el crecimiento del animal muchas veces está limitado primeramente por la falta de energía y

proteína.

En los rumiantes en pastoreo, muchas veces la baja productividad y fertilidad son causadas por desequilibrios minerales. Muchas de las deficiencias minerales en distintas partes del mundo son manifestadas como enfermedades devastadoras, anormalidades óseas, pica y otros signos clínicos (20). El P, Na y Ca son los macrominerales que probablemente se hallan mayormente en carencia en las regiones tropicales (16).

Este estudio fue llevado a cabo con el objetivo de evaluar los niveles minerales de ciertas regiones guardadas en Nicaragua. En particular, este artículo presenta los niveles macrominerales de suelos, plantas y animales durante las épocas lluviosa (1991) y seca (1992), mientras que el otro (49) que lo acompaña presenta información sobre microminerales.

## Materiales y métodos

**Localización.** El estudio fue realizado en seis regiones, en las cuales se muestrearon 14 fincas en las seis regiones durante la época lluviosa (julio y agosto de 1991) y ocho fincas en dos regiones durante la época seca (marzo de 1992). En las dos regiones de mayor producción ganadera, se muestrearon las mismas fincas, tanto en la época lluviosa como en la época seca. Las regiones comprendieron los siguientes departamentos: I (Esteli), II (Leon y Chinandega), III (Managua), IV (Granada y Rivas), V (Boaco y Chontales), y VI (Matagalpa y Jinotega). Durante la época lluviosa, se recolectaron muestras de una finca en las regiones I y III, de dos fincas en las regiones II y VI, de tres en la región IV, y de cinco en la región V. Sólo se hicieron comparaciones de épocas entre las regiones IV y V.

**Recolección y análisis de muestras.** De cada finca se recolectaron muestras compuestas de suelo y forrajes durante ambas épocas. Cada muestra fue compuesta por tres submuestras tomadas en diferentes sitios. Las muestras de suelo fueron recolectadas de una profundidad de 20 cm según lo recomendado por Sánchez (38). Las especies de forrajes recolectadas fueron en su mayoría *Pennisetum purpureum*, *Cynodon plectostachyum*, *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum* e *Hyparrhenia rufa*. Durante ambas épocas, se tomaron de cada finca muestras de sangre de 30 animales de raza Cebú × Pardo Suizo o Cebú × Holstein en diferentes estados fisiológicos (10 vacas lactantes, 10

novillas y 10 terneros (machos o hembras). La edad de las vacas lactantes muestreadas varió entre 3 y 9 años, y la de las novillas entre 1 y 3 años. Los terneros fueron muestreados de acuerdo a su disponibilidad.

Las muestras de suelo fueron analizadas para determinar los niveles de MO, Ca, P, Mg, Na, K, así como el pH. Los niveles de Ca, P, Mg, Na y K fueron determinados por ICAP (Inductively Couple Argon Plasma) (13). El pH fue determinado usando una solución de 1:2 (v/v) suelo:agua, mientras que la MO fue determinada por el método de dilución en calor Walkley-Black (35).

En las muestras de forrajes, se determinó la DIVMO de acuerdo a la técnica bifásica de Tilley y Terry (47) modificada por Moore y Mott (25). La concentración de nitrógeno (N) fue medida en un Technicon Autoanalyzer II (9, 44) y fue convertida a PC multiplicándola por el factor 6.25. La concentración de P fue también determinada con el Technicon Autoanalyzer II (44). Las concentraciones de Ca, Mg, Na y K fueron determinadas usando el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer AAS 5000 (33). Cuando se realizaron los análisis de macrominerales, se incluyeron estándares de hoja de cítricos certificados para asegurar la precisión del método de análisis.

Las muestras de sangre fueron tomadas de la yugular y recolectadas en tubos al vacío (vacutainers) de 10 mL. El suero sanguíneo fue deproteínizado con 10% de ácido tricloroacético

(ATC) y 1 % de  $\text{LaCl}_3$  para luego analizar la concentración de Ca y Mg usando el espectrofotómetro de absorción atómica. La concentración de P se determinó por colorimetría (12).

Los datos obtenidos individualmente en cada época fueron analizados estadísticamente usando un modelo mixto anidado y el procedimiento GLM del programa SAS (42). «Finca» fue considerada una variable aleatoria anidada entre regiones. Sólo las muestras de suelo y forrajes obtenidas en las regiones IV y V fueron comparadas entre épocas. Para determinar diferencias en los niveles minerales entre clases de animal, se usaron los siguientes dos grupos de contrastes ortogonales: vacas lactantes vs. el promedio de novillas y terneros, y novillas vs. terneros, los cuales se usaron para todos los minerales, excepto Mg. Los contrastes usados para Mg fueron: terneros vs. el promedio de novillas y vacas lactantes, y vacas lactantes vs. novillas. Para determinar diferencias en el nivel mineral entre

las regiones y las interacciones entre época y finca, se empleó la prueba de t.

Las concentraciones de minerales en las muestras de suelo, forrajes y suero sanguíneo fueron comparadas con valores críticos para determinar el porcentaje de muestras deficientes. El nivel crítico de las muestras de suelo indica la concentración del elemento por debajo del cual el crecimiento normal y(o) la composición mineral de los forrajes pueden ser afectados adversamente. En las muestras de forrajes, el nivel crítico del elemento representa el nivel necesario para prevenir una deficiencia en el ganado. El nivel crítico de las muestras de suero sanguíneo es el nivel mínimo de concentración que puede haber sin que el animal presente signos de deficiencia. Estos valores críticos deben interpretarse cuidadosamente, tomando en consideración todos los factores nutricionales, ambientales, y de manejo que afectan la disponibilidad, cantidad y utilización de cada nutriente (36).

## Resultados y discusión

**Análisis de suelo.** El contenido de MO en el suelo no difirió entre regiones en ninguna de las épocas (cuadro 1). En las regiones IV y V, el contenido de MO en el suelo fue más bajo ( $P < .01$ ) durante la época seca que durante la lluviosa (cuadro 2). Esta diferencia entre épocas puede ser debido al sobrepastoreo de los potreros durante la época seca y menos depósito de MO en el suelo, y(o) la quema de potreros.

El nivel de pH en el suelo fue de

un promedio de 6.0 durante ambas épocas en las regiones IV y V. Durante la época lluviosa, el nivel de pH fue más alto ( $P < .05$ ) en la región III que en las demás regiones y más bajo ( $P < .05$ ) en la región V que en cuatro de las otras regiones. Durante la época seca, la región IV tuvo un pH más alto ( $P < .01$ ) que la región V. El promedio de pH en el suelo fue más alto que el nivel sugerido cuando el Al se vuelve tóxico para las plantas (38). Sánchez e Isbell (40) encontraron que el creci-

**Cuadro 1. Concentraciones de materia orgánica, pH, aluminio y macrominerales en el suelo de acuerdo a la región y la época (en base seca).**

Elemento	NC <sup>a</sup>		Epoca lluviosa						Epoca seca	
			I n <sup>b</sup> =14	II n=28	III n=14	IV n=12	V n=70	VI n=24	IV n=42	V n=70
MO. %	--	Media <sup>c</sup>	4.5	5.1	5.2	6.2	6.3	7.1	2.3	2.1
		EE <sup>d</sup>	1.4	0.9	1.4	0.8	0.6	1.1	0.4	0.3
pH	--	Media	6.5 <sup>i</sup>	6.6 <sup>i</sup>	7.9 <sup>h</sup>	6.5 <sup>i</sup>	5.5 <sup>j</sup>	6.2 <sup>ij</sup>	6.6 <sup>k</sup>	5.5 <sup>l</sup>
		EE	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
Al. ppm	--	Media	94.6 <sup>i</sup>	268.8 <sup>h</sup>	153.3 <sup>hi</sup>	205.1 <sup>hi</sup>	116.0 <sup>i</sup>	124.4 <sup>hi</sup>	291.4	140.2
		EE	58.7	41.5	58.7	33.9	26.2	45.4	50.6	39.2
Ca. ppm	< 72 <sup>f</sup>	Media	1 989.0	1 858.0	2 546.0	2 243.0	1 810.0	2 313.0	3 086.0	2 343.0
		EE	473.0	334.0	473.0	273.0	211.0	366.0	370.0	286.0
		% Def <sup>e</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K. ppm	< 37 <sup>g</sup>	Media	104.3 <sup>ij</sup>	120.8 <sup>ij</sup>	630.4 <sup>h</sup>	218.7 <sup>i</sup>	85.8 <sup>j</sup>	179.5 <sup>ij</sup>	348.2 <sup>k</sup>	111.1 <sup>l</sup>
		EE	76.9	54.4	76.9	41.4	34.4	59.6	57.2	44.3
		% Def	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mg. ppm	< 30 <sup>g</sup>	Media	204.7 <sup>i</sup>	321.5 <sup>i</sup>	703.0 <sup>h</sup>	351.3 <sup>i</sup>	385.1 <sup>i</sup>	335.4 <sup>i</sup>	447.4	524.2
		EE	116.5	82.4	116.5	67.2	52.1	90.2	89.9	69.6
		% Def	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na. ppm	--	Media	18.7 <sup>i</sup>	41.9 <sup>i</sup>	675.7 <sup>h</sup>	66.3 <sup>i</sup>	33.9 <sup>i</sup>	23.1 <sup>i</sup>	138.2	47.0
		EE	43.8	30.9	43.8	25.3	19.6	33.9	64.4	50.0
P. ppm	< 17 <sup>g</sup>	Media	103.7 <sup>h</sup>	33.0 <sup>i</sup>	31.6 <sup>i</sup>	26.1 <sup>i</sup>	13.9 <sup>i</sup>	14.8 <sup>i</sup>	26.7 <sup>k</sup>	7.5 <sup>l</sup>
		EE	16.1	11.4	16.1	9.3	7.2	12.5	5.4	4.2
		% Def	0.0	57.0	79.0	64.0	86.0	83.0	48.0	93.0

a. Nivel crítico. b. Número de observaciones. c. Media cuadrática. d. Error estándar de la media cuadrática. e. Porcentaje de muestras por debajo del nivel crítico. f. Breland (4). g. Rhue y Kidder (35). h, i, j. Medias con letras distintas en una misma línea. entre regiones durante la época lluviosa. difieren (P < .05). k, l. Medias con letras distintas en una misma línea. entre regiones durante la época seca. difieren (P < .05).

**Cuadro 2. Efecto de la época sobre minerales, materia orgánica y pH en los suelos de las regiones IV y V (en base seca).**

Elemento	Epoca lluviosa (1991)				Epoca seca (1992)		
	NC <sup>a</sup>	Media <sup>b</sup>	EE <sup>c</sup>	%Def <sup>d</sup>	Media	EE	%Def <sup>e</sup>
MO, %	--	6.3***	0.3		22.0	0.3	
pH	--	6.0	0.1		6.0	0.1	
Al, ppm	--	161.0*	13.3		216.0	13.3	
Ca, ppm	< 72 <sup>e</sup>	2 027.0***	71.6	0.0	2 715.0	71.6	0.0
K, ppm	< 37 <sup>f</sup>	152.0*	17.7	0.0	230.0	17.7	0.0
Mg, ppm	< 30 <sup>f</sup>	368.0*	20.7	0.0	485.0	20.7	0.0
Na, ppm	--	50.0	15.8	--	93.0	15.8	--
P, ppm	< 17 <sup>f</sup>	20.0	4.2	78.0	17.0	4.2	76.0

a Nivel crítico. b Media cuadrática de 112 muestras de las regiones IV y V en cada época. c Error estándar de la media cuadrática. d Porcentaje de muestras por debajo del nivel crítico. e Breland (4). f Rhue y Kidder (35). \*\*\* Época lluviosa vs. seca difieren ( $P < .001$ ). \* Época lluviosa vs. seca difieren ( $P < .05$ ).

miento de las plantas se ve afectado adversamente por la toxicidad de Al o Mn y las deficiencias de Ca y Mg cuando los niveles de pH en el suelo son menores de 5,5.

Durante la época lluviosa, las concentraciones de Al en el suelo variaron entre regiones. La región II tuvo más altas ( $P < .05$ ) concentraciones de Al que las regiones I y V. Las concentraciones de Al en el suelo fueron de un promedio más alto que las reportadas (36) en Venezuela en suelos más ácidos y fueron cercanas a las reportadas por Tejada *et al.* (45) en Guatemala en suelos de pH similar a los de este estudio (45). Durante la época seca, las concentraciones de Al en el suelo fueron más altas ( $P < .05$ ) que durante la época lluviosa. En Venezuela también se han reportado resultados similares, donde las concentraciones de Al han sido más altas durante la época seca (27).

El promedio de la concentración de Ca extraíble del suelo no varió ( $P > .01$ ) entre regiones en ninguna de las épocas, y los niveles excedieron el nivel crítico ( $< 72$  ppm) propuesto por Breland (4). En Guatemala y Venezuela, Tejada *et al.* (45) y Morillo *et al.* (27), respectivamente, no encontraron concentraciones deficientes de Ca en los suelos. En el estudio de Nicaragua, las concentraciones de Ca en el suelo en las regiones IV y V fueron más altas ( $P < .001$ ) durante la época seca. En otro estudio conducido por Rojas *et al.* (36), también se encontró que las concentraciones de Ca en el suelo fueron más altas durante la época seca que durante la lluviosa. Thompson y Troeh (46) reportaron que las concentraciones de Ca en el suelo tienden a disminuir por condiciones climáticas y desgaste de suelo, especialmente en áreas de alta precipitación. Estos investigadores también reportaron que

la concentración de Ca intercambiable en el suelo está relacionada con el pH. En nuestro estudio, las concentraciones más bajas de Ca y los niveles más bajos de pH en el suelo se encontraron en la región V.

Durante la época lluviosa, la concentración de K extraíble del suelo fue, en promedio, más alta ( $P < .05$ ) en la región III que en las demás regiones y más baja ( $P < .05$ ) en la región V que en las regiones III y IV. A pesar de que durante la época seca la concentración de K en el suelo fue más alta ( $P < .05$ ) que durante la época lluviosa, no se encontraron muestras por debajo del nivel crítico de 37 ppm (35). La concentración de K en el suelo está muy relacionada con la temperatura ambiental y la precipitación. Cox (7) reportó que el K intercambiable en el suelo incrementó al aumentar el promedio de la temperatura anual y disminuyó al aumentar la precipitación anual.

La concentración de Mg en el suelo durante la época lluviosa fue más alta ( $P < .05$ ) en la región III en comparación con las demás regiones, mientras que durante la época seca en las regiones IV y V no hubo diferencias. Al comparar la época seca con la lluviosa, se observó más alta concentración en la época seca. Ninguna de las muestras estuvo por debajo del nivel crítico de  $< 30$  ppm (35) en ambas épocas. En Venezuela, Rojas *et al.* (36) también encontraron concentraciones más altas de Mg en el suelo durante la época seca que durante la lluviosa. A pesar de que en un estudio conducido por Sánchez e Isbell (40), en el cual se reportó que el Mg es uno de los

minerales comúnmente deficientes en los suelos tropicales de Latinoamérica, en este estudio de Nicaragua ninguna muestra fue encontrada deficiente en Mg. En Guatemala, Tejada *et al.* (45) no encontraron muestras de suelo deficientes en Mg, así como tampoco se encontraron diferencias en las concentraciones de Mg en el suelo entre las épocas lluviosa y seca. En las regiones tropicales, la quema de pastos en la época seca es una práctica común, y esta quema constante de las plantas contribuye al depósito de grandes cantidades de K, Ca y Mg intercambiable en la capa superficial del suelo (39), lo cual puede explicar el aumento de estos minerales durante la época seca.

La concentración de Na extraíble en la región III fue, en promedio, más alta ( $P < .05$ ) que en las demás regiones durante la época lluviosa, mientras que durante la época seca en las regiones IV y V no hubo diferencias ( $P > .1$ ) entre regiones en la concentración de Na en el suelo, así como tampoco hubo ningún efecto de la época.

La concentración de P en el suelo durante la época lluviosa fue más alta ( $P < .05$ ) en la región I que en las demás regiones. En esta región, la concentración de Ca en el suelo fue alta y el pH se encontró en el rango donde pueden formarse fosfatos de calcio de alta solubilidad. Morillo y Fassbender (26) encontraron que los suelos aluviales de formación joven en la parte baja de Choluteca, Honduras, eran altos en fosfatos de calcio. En las regiones IV y V, el porcentaje de muestras de suelo deficientes en P fue similar (78 %) durante ambas épocas. Durante la época

seca, la concentración de P fue más alta ( $P < .05$ ) en la región IV que en la V. Kamprath (14) reportó que cuando los suelos reciben lluvia o son regados ocurre una reducción en el contenido de Ca en el suelo, así como un aumento en Fe y Al activo. Por lo tanto, se facilita el cambio de fosfatos de calcio a fosfatos de hierro en el suelo, lo cual resulta en una reducción del P. Al comparar los niveles de P en las muestras de suelo con el nivel crítico de  $< 17$  ppm (35) el porcentaje de muestras deficientes durante la época lluviosa fluctuó entre 57 y 86 % en las regiones II, III, IV y V; mientras que durante la época seca en las regiones IV y V, el porcentaje de deficiencia fue 48 y 93 %, respectivamente. Estos altos porcentajes de muestras de suelo deficientes en P también han sido reportados en otros estudios en regiones tropicales (16, 27, 32, 36).

**Análisis de forrajes.** La concentración de PC en los forrajes durante la época lluviosa fue, en promedio, más baja ( $P < .05$ ) en la región IV que el de las demás regiones (cuadro 3). También el porcentaje de muestras deficientes fue más alto (29 %) en esta región. Esto pudo ser el resultado de la sequía que hubo en 1991 cuando se recolectaron las muestras y/o al sobrepastoreo observado. En las regiones IV y V, la concentración de PC fue más baja ( $P < .001$ ) durante la época seca que durante la época lluviosa, y el porcentaje de muestras deficientes durante ambas épocas fue de 89 % en la seca y de 12 % en la lluviosa (cuadro 4). Esta baja concentración de PC en las muestras de la época seca pudo ser a causa de la falta

de agua por largo tiempo, ya que su falta reduce tanto el crecimiento como la absorción de N por la planta (22). Los porcentajes de las muestras por debajo del nivel crítico de 7 % (19) durante esta época fueron 98 y 84 % en las regiones IV y V, respectivamente. En 1994, Moore (23) reportó que la concentración de PC en la mayoría de los forrajes analizados por el programa de extensión del estado de Florida se mantuvieron en el rango de 5 a 7 % de PC; a excepción del pasto Bermuda, la mayoría contenía insuficiente PC para proveer un nivel de producción animal sobre el de mantenimiento.

La falta de N en el rumen reduce la cantidad de alimento digerible y la rapidez de la digestión. Esto puede reducir el consumo de alimento y la cantidad de aminoácidos que pasan al intestino, y consecuentemente puede reducir el consumo de energía y la eficiencia en la utilización de la proteína y del alimento (29).

La DIVMO no varió entre regiones durante ambas épocas, pero al comparar ambas épocas en las regiones IV y V, la DIVMO fue más alta ( $P < .01$ ) durante la época lluviosa que durante la seca. En un estudio conducido por Minson (22), se encontró que las diferencias en la digestibilidad de los forrajes tropicales pueden ser a causa de cambios en la disponibilidad del agua, temperatura ambiental, o luz solar. A medida que aumenta la temperatura durante la época seca, la digestibilidad del forraje disminuye, y se ha sugerido que uno de los factores contribuyentes es la alta transpiración en las plantas que ocurre a altas temperaturas ambientales. Las posi-

**Cuadro 3. Concentraciones de proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de materia orgánica, y macrominerales en forrajes de acuerdo a la región y la época (en base seca).**

Elemento	NC <sup>a</sup>		Epoca lluviosa						Epoca seca	
			I n <sup>b</sup> =14	II n=28	III n=14	IV n=42	V n=70	VI n=24	IV n=42	V n=70
PC, %	< 7 <sup>f</sup>	Media <sup>c</sup>	12.2 <sup>i</sup>	11.6 <sup>i</sup>	12.2 <sup>i</sup>	7.9 <sup>j</sup>	11.0 <sup>i</sup>	12.1 <sup>i</sup>	3.3	5.0
		EE <sup>d</sup>	1.86	1.34	1.86	1.07	0.83	1.44	0.64	0.49
		% Def <sup>e</sup>	0.0	4.0	0.0	29.0	1.0	0.0	98.0	84.0
DIVMO, %		Media	46.6	57.3	44.9	49.2	51.1	49.4	37.8	41.4
		EE	6.02	4.34	6.02	3.52	2.70	4.67	1.68	1.30
Ca, %	< 0.3 <sup>f</sup>	Media	0.4 <sup>i</sup>	0.3 <sup>ij</sup>	0.3 <sup>ij</sup>	0.2 <sup>j</sup>	0.3 <sup>j</sup>	0.3 <sup>ij</sup>	0.3	0.3
		EE	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
		% Def	29.0	75.0	71.0	90.0	77.0	63.0	83.0	63.0
K, %	< 0.8 <sup>f</sup>	Media	1.62	1.76	1.94	0.93	1.30	1.42	0.98	0.72
		EE	0.44	0.32	0.44	0.25	0.20	0.34	0.15	0.11
		% Def	0.0	0.0	0.0	50.0	21.0	8.0	26.0	63.0
Mg, %	< 0.2 <sup>f</sup>	Media	0.10 <sup>ij</sup>	0.14 <sup>i</sup>	0.13 <sup>ij</sup>	0.10 <sup>j</sup>	0.13 <sup>ij</sup>	0.10 <sup>j</sup>	0.12	0.13
		EE	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		% Def	100.0	96.0	100.0	100.0	99.0	100.0	88.0	83.0
Na, %	< 0.08 <sup>g</sup>	Media	0.02	0.19	0.09	0.02	0.07	0.02	0.05 <sup>k</sup>	0.03 <sup>l</sup>
		EE	0.08	0.06	0.08	0.04	0.03	0.06	0.01	0.01
		% Def	100.0	61.0	57.0	98.0	70.0	100.0	88.0	100.0
P, %	< 0.25 <sup>f</sup>	Media	0.25	0.31	0.32	0.20	0.21	0.27	0.22	0.15
		EE	0.08	0.06	0.08	0.05	0.04	0.07	0.05	0.04
		% Def	50.0	50.0	0.0	74.0	80.0	38.0	60.0	87.0
K/(Ca+Mg)	> 2.2 <sup>h</sup>	Media	3.7	4.3	4.6	2.8	3.4	3.8	2.8	1.8
		EE	1.07	0.76	1.1	0.62	0.48	0.83	0.37	0.29
		% Def	100.0	96.0	100.0	50.0	77.0	96.0	62.0	36.0

a. Nivel crítico. b. Número de observaciones. c. Media cuadrática. d. Error estándar de la media cuadrática. e. Porcentaje de muestras por debajo del nivel crítico. f. McDowell y Conrad (19). g. NRC (29). h. Vogel *et al.* (50). i, j: Medias con letras distintas en una misma línea, entre regiones durante la época lluviosa, difieren ( $P < .05$ ). k, l. Medias con letras distintas en una misma línea, entre regiones durante la época seca, difieren ( $P < .05$ ).

**Cuadro 4. Efecto de la época sobre proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de materia orgánica, y macro-minerales en forrajes de las regiones IV y V (en base seca).**

Elemento	NC <sup>a</sup>	Epoca lluviosa (1991)			Epoca seca (1992)		
		Media <sup>b</sup>	EE <sup>c</sup>	% Def <sup>d</sup>	Media	EE	%Def
PC, %	< 7 <sup>e</sup>	9.5***	0.45	12	4.1	0.45	89
DIVMO, %	--	50**	1.47	--	40.0	1.47	--
Ca, %	< 0.3 <sup>e</sup>	0.25	0.01	81	0.27	0.01	70
Na, %	< 0.08 <sup>f</sup>	0.046	0.01	80	0.041	0.01	95
K, %	< 0.8 <sup>e</sup>	1.12	0.08	31	0.85	0.08	49
Mg, %	< 0.2 <sup>e</sup>	0.12	0.01	100	0.12	0.01	79
P, %	< 0.25 <sup>e</sup>	0.21	0.02	78	0.19	0.02	77
K/(Ca+Mg)	> 2.2 <sup>g</sup>	3.15*	0.27	67	2.06	0.27	46

a. Nivel crítico. b. Media cuadrática de 112 muestras de las regiones IV y V en cada época. c. Error estándar de la media cuadrática. d. Porcentaje de muestras por debajo del nivel crítico. e. McDowell y Conrad (19). f. NRC (29). g. Vogel et al. (50). \* Epoca lluviosa vs. seca difieren ( $P < .05$ ). \*\* Epoca lluviosa vs. seca difieren ( $P < .01$ ). \*\*\* Epoca vs. lluviosa difieren ( $P < .001$ ).

bles explicaciones del fenómeno de estos cambios en la digestibilidad de los forrajes son: (a) desarrollo de un mayor sistema vascular para transportar las mayores cantidades de agua o (b) marchitamiento cuando el suelo no provee la cantidad de agua suficiente para satisfacer la evapotranspiración de la planta (22). Se ha demostrado que la digestibilidad *in vivo* de materia orgánica está muy relacionada con la DIVMO de los forrajes tropicales y que es una buena manera de estimar la digestibilidad de la materia orgánica (24).

La concentración de Ca en los forrajes fue, en promedio, más alta ( $P < .05$ ) en la región I que en las regiones IV y V durante la época lluviosa, mientras que durante la época seca, el promedio de estas concentraciones no difirió ( $P > .1$ ); asimismo no hubo diferencia entre épocas. El porcentaje

de forrajes deficientes en Ca para el ganado bovino (< 0.3 %) fluctuó entre 29 y 90 % en las seis regiones durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 83% y 63 % en las regiones IV y V, respectivamente. Los porcentajes de muestras deficientes en Ca también fueron similares entre ambas épocas, 81 % en la época lluviosa vs. 70 % en la época seca. Es posible que las diferencias entre regiones en la concentración de Ca en los forrajes sean a causa de variaciones normales entre especies de forrajes, partes de la planta, etapa de crecimiento, fertilidad del suelo, y clima.

La concentración de K en los forrajes no difirió ( $P < .05$ ) entre regiones en ninguna de las dos épocas, pero sí hubo una interacción entre época y región. El análisis de esta interacción demostró que la concentración de K fue más baja ( $P < .01$ )

durante la época seca ( $0.72\% \pm 0.11$ ) que durante la época lluviosa ( $1.3\% \pm 0.11$ ) en la región V, mientras que en la región IV la concentración de K no varió ( $P > 0.1$ ) entre las épocas seca ( $0.98\% \pm 0.14$ ) y lluviosa ( $0.93\% \pm 0.14$ ). De acuerdo al nivel crítico de K de  $< 0.8\%$  (20), el porcentaje de muestras de forrajes deficientes en K fue de 50, 21 y 8.3 % en las regiones IV, V y VI, respectivamente, durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 26 % y 63 % en las regiones IV y V, respectivamente. El porcentaje de las muestras de forrajes deficientes en K fue más bajo en la época lluviosa que en la época seca (31 vs. 49 %). La suplementación de K durante la época seca ha demostrado ser benéfica para contrarrestar los efectos que el estrés por calor puede tener sobre el ganado (2).

La concentración de Mg en los forrajes fue más alta ( $P < .05$ ) en la región II que en las regiones IV y VI durante la época lluviosa. Sin embargo, en las regiones IV y V, la época no afectó ( $P > .1$ ) la concentración de Mg en los forrajes. La evaluación individual de las muestras, en base al nivel crítico de  $< 0.2\%$  (20), mostró niveles deficientes de Mg en casi todas las muestras durante la época lluviosa y un 88 y 83 % de deficiencia en las regiones IV y V, respectivamente, durante la época seca. Los porcentajes de muestras deficientes fueron más altos que los reportados en Venezuela por Rojas *et al.* (36) y en Guatemala por Tejada *et al.* (45). Este estudio muestra muy bajas concentraciones de Mg en los forrajes, lo cual puede causar problemas cuando se suministran

forrajes con altas concentraciones de K, ya que la absorción de Mg por el animal es reducida por las altas concentraciones de K en la dieta (22).

La concentración de Na en los forrajes fue, en promedio, más alta ( $P < .05$ ) en la región IV que en la V durante la época seca. El porcentaje de muestras por debajo del nivel crítico de Na ( $< .08\%$ ), de acuerdo a las recomendaciones del Consejo Nacional de Investigación (29), fluctuó entre 57 y 100 % en las seis regiones durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 88 % y 100 % en las regiones IV y V, respectivamente. Nortor (28) ha indicado que, por lo general, la concentración de Na en los forrajes tropicales son extremadamente bajas, lo cual fue encontrado en nuestra investigación. Debe prestársele atención especial a las concentraciones de Na y K, ya que ambos de estos cationes están asociados con la fiebre de la leche. Beede *et al.* (2) sugirió que el K y el Na son los factores más importantes que influyen en la incidencia de hipocalcemia clínica o subclínica. Datos colectados de muchos experimentos han indicado que el incrementar la concentración de S en la ración reduce la probabilidad de que el animal presente fiebre de la leche; asimismo, al incrementar la concentración de Na y la relación cationes y aniones aumenta la probabilidad de incidencia de fiebre de la leche (30). En una investigación conducida por Goff *et al.* (10) se encontró que al alimentar las vacas gestantes con una ración alta en cationes (Na) se incrementó la incidencia de fiebre de la leche.

La concentración de P en los

forrajes no difirió ( $P > .1$ ) entre regiones o entre épocas. Según el nivel crítico de 0.25 % (20), el porcentaje de muestras de forrajes deficientes en P fluctuó entre 0 y 80 % en las seis regiones durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 60 % y 87 % en las regiones IV y V, respectivamente. Durante ambas épocas, se encontraron porcentajes similares de muestras de forrajes deficientes en P en las regiones IV y V. La concentración de P en los forrajes varía marcadamente entre cultivares, especies, partes de la planta, etapa de crecimiento, fertilidad del suelo, y clima. La suplementación de P en la dieta de ganado alimentado con forrajes con concentraciones de P por debajo del nivel crítico (0.25 %) no siempre es benéfica, debido principalmente a que los requerimientos no toman en consideración la cantidad de fósforo liberada por los huesos durante los periodos de mayor necesidad (22).

La relación  $K/(Ca+Mg)$  no difirió ( $P < .05$ ) durante la época lluviosa, pero sí hubo una interacción significativa entre época y región al comparar la región IV con la V. El análisis de la interacción mostró que la relación fue menor durante la época seca ( $1.8 \pm 0.29$ ) que durante la época lluviosa ( $3.4 \pm 0.29$ ) en la región V. La concentración de K es mayor en forrajes jóvenes, los cuales fueron encontrados durante la época lluviosa. El porcentaje de muestras que excede el nivel de 2.2 sugerido por Vogel *et al.* (50) fluctuó entre 50 y 100% en las seis regiones durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 62 % y 36 % en las regiones IV y V, respectivamente.

Durante la época lluviosa, hubo un porcentaje más alto de muestras que excedió el nivel crítico (67 vs. 46 %). Vogel *et al.* (50) sugirieron que la interacción de Mg, Ca y K es muy importante en casos de hipomagnesemia (tetania de los pastos). Ellos sugirieron usar la relación de cationes K y  $(Ca+Mg)$  para estimar el potencial que tenga un forraje en causar hipomagnesemia. Esta relación debe ser menor de 2.2 en un forraje para no tener el potencial de causar hipomagnesemia en vacas lactantes (17).

La solubilidad de los macrominerales de forrajes en el rumen varía considerablemente. Se ha reportado que el Na y el K son más solubles que el Mg, Ca y P (5). Estas diferencias en solubilidad pueden estar asociadas con la unión física y/o química de estos elementos a la pared celular, el metabolismo de los elementos, o el uso por los microorganismos del rumen.

#### **Análisis de suero sanguíneo.**

La concentración de Ca en el suero sanguíneo, en promedio, no difirió entre regiones durante ambas épocas (cuadro 5). La concentración fue más alta ( $P < .01$ ) en los terneros que en vacas lactantes y novillas durante ambas épocas (cuadro 6). Durante la época seca, las novillas tuvieron una mayor ( $P < .05$ ) concentración de Ca en el suero sanguíneo que las vacas lactantes. Esta tendencia en la concentración de Ca entre clases de animal concuerda con las conclusiones de que la capacidad de los rumiantes en aumentar la absorción de Ca en los intestinos y la reabsorción de Ca de los huesos disminuye con la edad. En el estudio de Goff *et al.* (11), se reportó

Cuadro 5. Concentraciones de macrominerales en suero sanguíneo de acuerdo a la región y la época (mg/dL).

Elemento	NC <sup>a</sup>	Epoca lluviosa						Epoca seca		
		I n <sup>b</sup> =30	II n=60	III n=30	IV n=90	V n=150	VI n=60	IV n=60	V n=150	
Ca	< 8 <sup>f</sup>	8.9	9.0	9.5	9.1	9.5	9.2	8.7	8.8	
	EE <sup>d</sup>	0.36	0.25	0.36	0.21	0.16	0.25	0.15	0.10	
Mg	% Def <sup>e</sup>	7	7	0	2	3	2	22	11	
	Media	2.2 <sup>gh</sup>	2.0 <sup>g</sup>	2.0 <sup>g</sup>	2.1 <sup>g</sup>	2.3 <sup>h</sup>	2.1 <sup>g</sup>	1.9 <sup>j</sup>	2.4 <sup>k</sup>	
P	EE	0.10	0.07	0.10	0.06	0.05	0.07	0.04	0.02	
	% Def	27	55	63	39	15	40	55	17	
	Media	6.2 <sup>gh</sup>	5.4 <sup>g</sup>	8.2 <sup>i</sup>	5.5 <sup>g</sup>	6.3 <sup>gh</sup>	6.8 <sup>ih</sup>	5.6	5.6	
	EE	0.55	0.39	0.55	0.32	0.25	0.39	0.37	0.23	
	% Def	30	27	0	31	20	3	23	30	

a. Nivel crítico. b. Número de muestras. c. Media cuadrática. d. Error estándar de la media cuadrática. e. Porcentaje de muestras por debajo del nivel crítico. f. McDowell (18). g, h, i: Medias con letras distintas en una misma línea, entre regiones durante la época lluviosa, difieren ( $P < .05$ ). j, k. Medias con letras distintas en una misma línea, entre regiones durante la época seca, difieren ( $P < .05$ ).

**Cuadro 6. Concentraciones de macrominerales en suero sanguíneo de acuerdo a la clase de animal y la época (mg/dL).**

Elemento	NC <sup>a</sup>		Epoca lluviosa			Epoca seca		
			L <sup>b</sup> n <sup>e</sup> =140	H <sup>c</sup> n=140	C <sup>d</sup> n=140	L n=70	H n=70	C n=70
Ca	< 8 <sup>i</sup>	Media <sup>f</sup>	3.8	9.1	9.8	8.2	8.6	9.4
		EE <sup>g</sup>	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10
		% Def <sup>h</sup>	6.0	3.0	0.0	31.0	11.0	0.0
Mg	< 2 <sup>i</sup>	Media	2.2	2.2	2.0	2.5	2.2	1.9
		EE	0.04	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07
		% Def	13.0	29.0	59.0	7.0	16.0	60.0
P	< 4.5 <sup>i</sup>	Media	4.8	6.4	8.0	5.0	5.0	6.8
		EE	0.25	0.25	0.25	0.18	0.18	0.18
		% Def	46.0	14.0	1.0	46.0	37.0	3.0

a. Nivel crítico. b. Vacas lactantes. c. Novillas. d. Becerros. e. Número de muestras. f. Media cuadrática. g. Error estándar de la media cuadrática. h. Porcentaje de muestras por debajo del nivel crítico. i. McDowell (18).

que el número de receptores de la hormona 1.25-(OH)<sub>2</sub>D en el intestino disminuye con la edad. Por consiguiente, los tejidos están en menor capacidad de responder a la 1.25-(OH)<sub>2</sub>D. También disminuye con la edad el crecimiento y la reestructuración ósea, que a su vez resulta en una disminución de la superficie ósea para la reabsorción activa del Ca) (31). Contrario a lo encontrado en esta investigación, Tejada *et al.* (45) reportaron que los animales en crecimiento tenían concentraciones más bajas ( $P < .05$ ) de Ca en el suero sanguíneo que las vacas lactantes. El porcentaje de muestras de suero sanguíneo por debajo del nivel crítico de 8 mg/dL (18) fue de 7 % o menos durante la época lluviosa en las seis regiones, y durante la época seca fue de 14 % y 11 % en las regiones IV y V, respectivamente. Niveles bajos de Ca

en el suero sanguíneo sólo pueden detectarse en casos severos de deficiencia, y estos niveles están altamente controlados por hormonas. Por lo tanto, la concentración de Ca en el alimento sería una manera más confiable de determinar el estado de Ca en el ganado bovino (6). La movilización de Ca de los huesos está regulada por las hormonas 1.25-(OH)<sub>2</sub>D y PTH, la cual mantiene un nivel constante de Ca en la sangre.

La concentración de Mg en el suero sanguíneo fue, en promedio, más alta ( $P < .05$ ) en la región V que en cuatro de las otras regiones durante la época lluviosa. Durante la época seca, la concentración de Mg en el suero sanguíneo fue más alta ( $P < .05$ ) en la región V que en la IV. Durante ambas épocas, se encontraron diferencias en la concentración de Mg en el suero sanguíneo entre clases de animal, la

de los terneros siendo más baja ( $P < .01$ ) que la de las novillas y vacas lactantes; y durante la época seca, la de las novillas fue más baja ( $P < .05$ ) que la de las vacas lactantes. Estos resultados no concuerdan con los de Reinhardt *et al.* (34), en cuyo estudio encontraron que los animales jóvenes tienden a regular más eficientemente los niveles de Mg que los animales de mayor edad. Aparentemente, los animales más jóvenes reabsorben el Mg en los huesos más rápido que los animales más viejos, en cuyos huesos la reestructuración ósea ha disminuido. En nuestro estudio, puede que el manejo de las fincas haya contribuido a que los niveles de Mg fueran más bajos en los terneros y las novillas que en las vacas lactantes. Aun cuando los terneros han mostrado tener una absorción de Mg más alta que los animales adultos, se ha observado la hipomagnesemia en terneros alimentados con leche o remplazo de leche (3). El porcentaje de muestras de suero sanguíneo por debajo del nivel crítico de 2 mg/dL (18) fluctuó entre 15 y 63 % en las seis regiones durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 55 % y 17 % en las regiones IV y V, respectivamente. Un mejor indicador del nivel de Mg en los rumiantes es la concentración de Mg en la orina corregida por creatinina (43). La eliminación de Mg por la orina es importante para mantener la homeostasis del Mg. Cuando la concentración de Mg en el plasma es menor de 1,8 mg/dL, casi todo el Mg es reabsorbido por los riñones. Por el contrario, cuando la concentración de Mg en el plasma es mayor de 1.8 mg/dL, una

mayor cantidad de Mg no es reabsorbida; por lo tanto es eliminado por la orina (34). Algunos factores dietéticos que afectan la absorción de Mg son los niveles de K, N, energía, ácidos grasos, o ácido cítrico o transacónico. El efecto del K sobre la absorción de Mg puede estar asociado con el lugar donde el Mg es absorbido en el rumen. La alta concentración de K en la ración puede afectar la pared del rumen, ocasionando cambios en las cargas electroquímicas o la inhibición de la enzima Na,K-ATPase cuya función es transportar el Mg a través de la pared del rumen (21). La concentración del ácido cítrico o transacónico, la cual es alta en forrajes jóvenes, y el consumo de ácidos grasos pueden afectar la absorción de Mg mediante la formación de un complejo insoluble en el primer caso y por segundo mediante la formación de «sustancias jabonosas.»

Durante la época lluviosa, la concentración de P en el suero sanguíneo fue, en promedio, más alta ( $P < .05$ ) en la región III que en las otras regiones, excepto en la región VI, donde el promedio de concentración de P fue más alto ( $P < .05$ ) que en las regiones II y IV. Los rumiantes tienden a mantener en el plasma una reserva constante de 4 a 7 mg/100 mL de P inorgánico (51). Algunos factores que pueden aumentar la concentración de P en el suero sanguíneo son: estrés, ejercicio, temperatura, hemólisis, y tiempo de separación del suero sanguíneo (8). Es muy difícil prevenir la influencia de todos estos factores en estos tipos de estudios. En los rumiantes, la absorción de P está directa-

mente relacionada con su consumo y su concentración en el plasma cuando es suministrado entre niveles normales a altos (34).

Durante la época lluviosa, los terneros tuvieron más alta ( $P < .01$ ) concentración de P en el suero sanguíneo que las novillas y las vacas lactantes, y las novillas tuvieron una más alta ( $P < .01$ ) concentración que las vacas lactantes. Durante la época seca, las vacas lactantes y las novillas también tuvieron concentraciones más bajas ( $P < .01$ ) de P que los terneros. Underwood (48) sugirió que la concentración normal de P en las muestras de sangre difiere de acuerdo al estado fisiológico del animal. El recomendó como concentración normal de P en el suero sanguíneo los valores entre 4 a 6 mg/100 mL para los animales adultos y de 6 a 8 mg/100 mL para los animales en crecimiento. En otro estudio llevado a cabo por Sawadogo *et al.* (41), se encontró que la concentración de Ca y

P en el suero sanguíneo de un grupo de ganado cebuino de diferentes edades ( $< 1$  mes a 3 años de edad) disminuyó a medida que maduraban. Similarmente, Rosero *et al.* (37), en un estudio realizado con corderos, encontraron que los animales jóvenes tienen, en promedio, niveles de P más altos en el suero sanguíneo que cuando ya son adultos.

El porcentaje de muestras de suero sanguíneo con una concentración de P por debajo del nivel crítico de 4.5 mg/dL (18) fluctuó entre 0 y 31 % en las seis regiones durante la época lluviosa, y durante la época seca fue de 26 % y 30 % en las regiones IV y V, respectivamente. En Guatemala (45) y Argentina (1), se han reportado diferencias similares entre animales en crecimiento y animales adultos. En estos dos estudios, los investigadores reportaron porcentajes similares de muestras deficientes en P.

## Literatura citada

1. Balbuena, O., L. R. McDowell, C. A. Luciani, J. H. Conrad, N. S. Wilkinson and F. G. Martin. 1989a. Estudio de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 1. Fósforo y calcio. *Vet. Arg.* 52:111.
2. Beede, D. K., W. K. Sánchez and C. Wang. 1992. Macrominerals. In: H. H. Van Horn and C. J. Wilcox (Eds.) *Large dairy herd management*. pp. 272-286. American Dairy Science Association, Champaign, IL.
3. Blaxter, K. L., and G. A. Sharman. 1955. Hypomagnesemic tetany in beef cattle. *Vet. Rec.* 67:108.
4. Breland, H. L. 1976. Memorandum to Florida extension specialists and county extension directors. IFAS Soil Science Laboratory, Univ. of Florida, Gainesville.
5. Chiy, P. C., and J. C. Phillips. 1993. Sodium fertilizer application to pasture. 4. Effects on mineral uptake and the sodium and potassium status of steers. *Grass and Forages Sci.* 48:260.
6. Committee on Mineral Nutrition (CMN). 1973. Tracing and treating mineral disorders in dairy cattle. Committee on Mineral Nutrition, Center for Agriculture Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands.
7. Cox, F. R. 1973. Potassium. In: P. A. Sánchez (Ed.) *A Review of Soils Research in Tropical Latin America*. pp. 162-178. North Carolina State Univ., Raleigh. Tech. Bul. No. 219.

8. Fick, K. R., L. R. McDowell, P. H. Miles, N. S. Wilkinson, J. D.
- Funk and J. H. Conrad. 1979. Methods of Mineral Analysis for Plant and Animal Tissues (2nd Ed.). Anim. Sci. Dept., Univ. of Florida, Gainesville.
9. Gallagher, R. N., C. O. Weldon and J. G. Futral. 1975. An aluminum block digester for plant and soil analysis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39:803.
10. Goff, J. P., R. L. Horst, F. J. Mueller, J. K. Miller, G. A. Kiess and H. H. Dowlen. 1991a. Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1,25-dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. J. Dairy Sci. 74:3863.
11. Goff, J. P., T. A. Reinhardt and R. L. Horst. 1991b. Enzymes and factors controlling vitamin D metabolism and action in normal and milk fever cows. J. Dairy Sci. 74:4022.
12. Harris, W. P., and P. Popat. 1974. Determination of the phosphorus content of lipids. J. Am. Oil Chem. Soc. 31:124.
13. Jarrel-Ash Division. 1982. Jarrel-Ash ICAP-9000 Plasma Spectrometer Operator's Manual. Jarrel-Ash Division, Fisher Scientific Co., Franklin, MA.
14. Kamprath, E. J. 1972. Soil acidity and liming. In: M. Drosdoff, L. T. Alexander, G. Aubert, L. D. Baver, W. V. Bartholomew, A. H. Bunting, J. K. Coulter, J. D'Hoore, O. P. Engelstad, F. R. Moormann, R. A. Olson and R. Tavernier (Eds.) Soils of the Humid Tropics. pp. 136-149. Committee on Tropical Soils. Agr. Board NRC NAS. Washington, D.C.
15. Kemp, A., W. B. Deijis, O. J. Hemkes and A. J. H. van Es. 1961. Hypomagnesemia in milking cows. Intake and utilization of magnesium from herbage by lactating cows. Netherlands J. Agr. Sci. 9:134.
16. Khalili, M., E. Lindgren and T. Varvikko. 1991. A survey of mineral status of soils, feeds and cattle in the Selale Ethiopian highlands: I. Macro elements. Trop. Anim. Health Prod. 25:165.
17. Mayland, H. F., and D. L. Grunes. 1979. Soil-climate-plant-relationships in the etiology of grass tetany. In: V. V. Rendig and D. L. Grunes (Eds.) Grass tetany. pp. 123-175. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.
18. McDowell, L. R. 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press, NY.
19. McDowell, L. R., and J. H. Conrad. 1977. Trace mineral nutrition in Latin America. World Anim. Rev. 24:24.
20. McDowell, L. R., J. H. Conrad and F. G. Hembry. 1993. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. Univ. of Florida, Gainesville.
21. Meyer, H., and J. Zentek. 1990. Magnesium in animal nutrition. In: H. Sigel and A. Sigel (Eds.) Metal Ions in Biological Systems. Compendium on Magnesium and Its Role in Biology, Nutrition, and Physiology. pp. 57-81. Marcel Dekker Inc., NY.
22. Minson, D. J. 1990. Forages in Ruminant Nutrition. Academic Press, NY.
23. Moore, J. E. 1994. Quality indices. In: Nebraska Center for Continuing Education. Proc. National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization. Lincoln, NB.
24. Moore, J. E., and G. O. Mott. 1974. Recovery of residual organic matter from an *in vitro* digestion in forages. J. Dairy Sci. 57:1258.
25. Moore, J. E., and G. O. Mott. 1973. Structural inhibitors of quality in tropical grasses. In: A. G. Matches (Ed.) Anti-Quality Components of Forages. pp. 53-98. CSSA Special Publication 4. Crop Science Society of America, Madison, WI.
26. Morillo, M. R., and H. W. Fassbender. 1968. Formas y disponibilidad de fosfatos de los suelos de la cuenca baja del rio Cholutec, Honduras. Turrialba 18:26-33.
27. Morillo, D. E., L. R. McDowell, C. F. Chicco, J. T. Perdomo, J. H. Conrad and F. G. Martin. 1989. Nutritional status of beef cattle in specific regions of Venezuela. I. Macrominerals and

- forage organic constituents. *Nutr. Rep. Int.* 39:1247.
28. Norton, B. W. 1982. Differences between species in forage quality. In: J. B. Hacker (Ed.) *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. pp. 90-110. Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal, United Kingdom.
  29. NRC. 1984. *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Beef Cattle (6th Revised Ed.)*. National Academy of Sciences - National Research Council, Washington, DC.
  30. Oetzel, G. R. 1991. Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74:3900.
  31. Parfitt, A. M. 1984. The cellular basis of bone remodeling: the quantum concept reexamined in light of recent advances in the cell biology of bone. *Calcif. Tissue Int.* 36:s37.
  32. Peducassé, A. C., L. R. McDowell, A. Parra L., J. V. Wilkins, F. G. Martin, J. K. Loosli and J. H. Conrad. 1983. Mineral status of grazing beef cattle in the tropics of Bolivia. *Trop. Anim. Prod.* 8:118.
  33. Perkin-Elmer Corp. 1980. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry*. Perkin-Elmer, Norwalk, CT.
  34. Reinhardt, T. A., R. L. Horst and J. P. Goff. 1988. Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. *Vet. Clin. North Am.: Food Anim. Practice* 4:331-350.
  35. Rhue, R. D., and G. Kidder. 1983. Analytical procedures used by the IFAS extension soil laboratory and the interpretation of results. *Soil Sci. Dept., Univ. of Florida, Gainesville*.
  36. Rojas, L. X., L. R. McDowell, F. G. Martin and N. S. Wilkinson. 1993a. Mineral status of soils, forages and beef cattle in southeastern Venezuela. I. Macrominerals and forage organic constituents. *Int. J. Anim. Sci.* 8:175-181.
  37. Rosero, O. R., L. R. McDowell, J. H. Conrad, G. L. Ellis and F. G. Martin. 1984. Nutritional factors affecting mineral status and long-term carry-over effect in sheep. I. Macroelements and animal performance. *Trop. Anim. Prod.* 9:275-284.
  38. Sánchez, P. A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. John Wiley and Sons, NY.
  39. Sánchez, P. A. 1973. Soil management under shifting cultivation. In: P. A. Sánchez (Ed.) *A Review of Soils Research in Tropical Latin America*. pp. 46-67. North Carolina State Univ., Raleigh. *Tech. Bul. No.* 219.
  40. Sánchez, P. A., and R. F. Isbell. 1979. A comparison of the soils of tropical Latin America and tropical Australia. In: P. A. Sánchez and L. E. Tergas (Eds.) *Pasture Production in Acid Soils of the Tropics*. pp. 25-54. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
  41. Sawadogo, G. J., M. Diop and R. Sow. 1991. Influence of age, pregnancy and lactation on serum calcium, inorganic phosphate and alkaline phosphatase in the Gobra zebu. *Dakar Med.* 36:19.
  42. *Statistical Analysis System (SAS) Institute Inc.* 1987. *SAS/STAT Guide for Personal Computers, Version 6 Edition*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
  43. Sutherland, R. J., K. C. Bell, K. D. McSporan and G. W. Carthew. 1986. A comparative study of diagnostic test for the assessment of herd magnesium status in cattle. *New Zealand Vet. J.* 34:133.
  44. Technicon Industrial Systems. 1978. *Individual/Simultaneous Determination of Crude Protein, Phosphorus and/or Calcium in Feeds*. Industrial Method No. 605-77a. Tarrytown, NY.
  45. Tejada, R., L. R. McDowell, F. G. Martin and J. H. Conrad. 1987b. Evaluation of the macromineral and crude protein status of cattle in specific regions in Guatemala. *Nutr. Rep. Int.* 35:989.
  46. Thompson, L. M., and F. R. Troeh. 1978. *Soils and Soil Fertility (4th Ed.)*. McGraw-Hill Book Co., Inc. NY.

47. Tilley, J. M. A., and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grass. Soc.* 18:104.
48. Underwood, E. J. 1981. *The Mineral Nutrition of Livestock* (2nd Ed.). Commonwealth Agricultural Bureau, London.
49. Velásquez P., J. B., L. R. McDowell, J. H. Conrad, N. S. Wilkinson, F. G. Martin. 1997. Mineral status of soils, forages and cattle in Nicaragua. I. Microminerals. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 14: 73-89.
50. Vogel, K. P., B. C. Gabrielsen, J. K. Ward, B. E. Anderson, H. F. Mayland and R. A. Masters. 1993. Forage quality, mineral constituents, and performance of beef yearling grazing two crested wheatgrasses. *Agron. J.* 85:584.
51. Whitten, L. K. 1971. Diseases of domestic animals in New Zealand. pp 341-342. Editorial Services., Wellington, New Zealand.