

## Macrominerales en Sangre en Cuatro Genotipos Bovinos en la Amazonía Ecuatoriana

### MICROMINERALS IN BLOOD IN FOUR BOVINE GENOTYPES IN THE ECUADORIAN AMAZONIA

Roberto Quinteros<sup>1,4,5</sup>, Ivana Barbona<sup>2,4</sup>, Julio César Vargas<sup>1,4</sup>,  
Juan Carlos Moyano<sup>1,4</sup>, Pablo Roberto Marini<sup>3,4</sup>

#### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración de macrominerales en sangre de vacas lecheras de cuatro genotipos bajo condiciones de pastoreo libre en la provincia de Napo, Ecuador. Se evaluaron 36 vacas de primer parto, cruzas de *Bos indicus* con Gir, Brown Swiss, Jersey y Sahiwal. Se tomaron muestras de sangre los días 60 y 21 antes del parto, en el parto y a los 30, 60 y 90 días del parto y se determinaron los valores en plasma de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio ( $\text{K}^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) y cloro (Cl). Ninguna de los valores plasmáticos presentó diferencias significativas entre grupos raciales y los valores obtenidos se encontraron entre los valores referenciales para vacas lecheras.

**Palabras clave:** genotipos; macrominerales; sistema a pastoreo

#### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the concentration of macro-minerals in blood of dairy cows of four dairy genotypes under free grazing conditions in the province of Napo, Ecuador. Thirty-six first-calving *Bos indicus* crosses were evaluated. Crosses were with Gyr, Brown Swiss, Jersey and Sahiwal. Blood samples were taken on days 60 and 21 before calving, at calving, and at 30, 60 and 90 days post-calving. Plasma values

<sup>1</sup> Centro de Investigación, Postgrado y Conservación Amazónica – CIPCA, Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, <sup>3</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina

<sup>4</sup> Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras – CLEPL, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina

<sup>5</sup> E-mail: oquinteros@uea.edu.ec

Recibido: 6 de febrero de 2017

Aceptado para publicación: 26 de julio de 2017

of calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), phosphorus (P), magnesium (Mg) potassium ( $\text{K}^+$ ), sodium ( $\text{Na}^+$ ) and chlorine (Cl) were determined. None of the mineral concentration values showed significant differences between crosses and the values were among the reference values for dairy cows.

**Key words:** genotypes; macro-minerals; grazing system

## INTRODUCCIÓN

Los pastos naturales de la amazonia ecuatoriana, al igual que en otras regiones tropicales, son usualmente deficientes en macrominerales, lo cual afecta el rendimiento productivo del ganado bovino. Este rendimiento deficiente de los animales en el trópico se le ha asociado con un bajo consumo de materia seca, así como por el déficit de energía y proteína en la materia seca (Abate, 1988). El ganado necesita niveles balanceados y adecuados de todos los nutrientes que se requieren para el desarrollo y la salud (Barakat *et al.*, 2013).

En los sistemas a pastoreo no se hace mucho énfasis en el efecto que tienen los minerales esenciales sobre la producción lechera, principalmente debido a que bajo condiciones experimentales son usualmente controlados mediante suplementos minerales. Sin embargo, las pasturas de la amazonia ecuatoriana son deficientes de estos minerales, con consecuencias negativas sobre la ganancia de peso, producción de leche y comportamiento reproductivo del ganado (Quinteros y Marini, 2016).

Los requerimientos de minerales son difíciles de establecer y la mayoría de las estimaciones se basan en «el nivel mínimo necesario para superar la deficiencia o un síntoma», y no necesariamente en la promoción de la productividad (López-Alonso *et al.*, 2011; López-Alonso, 2012). Los requerimientos de minerales para los bovinos dependen de la raza, el tipo y nivel de producción, la

edad de los animales, el nivel y forma química del mineral ofrecido y de la posible interrelación que exista con otros minerales presentes (Salamanca, 2010).

Gowda *et al.* (2004) sugiere que el forraje verde podría cumplir con los requerimientos de la mayoría de los minerales traza en vacas de mediano a bajo potencial de producción de leche, como podría ser en este estudio, aunque para Ca y Mg deberían completarse con otras fuentes, especialmente durante el pico de producción. Sánchez y Saborío-Montero (2014) no encontraron diferencias entre vacas de razas Holstein, Jersey y Guernsey en Ca sanguíneo, aunque Goff *et al.* (1995) encontraron que las vacas Jersey tienden a tener valores menores de Ca, especialmente al aumentar el número de partos.

Que el elemento mineral esté presente en la cantidad requerida en la dieta no garantiza su disponibilidad total, debido a diversos factores que influyen en su absorción y utilización. Esta biodisponibilidad puede estar influenciada, a su vez, por la especie animal, la función fisiológica, la magnitud de la ingesta previa del nutriente y las interacciones entre los nutrientes de la dieta (Ramos *et al.*, 2007; Postma *et al.*, 2010). El plasma sanguíneo es un excelente indicador de los minerales presentes en animales (Akhtar *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración de macrominerales en sangre de vacas de primera lactancia de cuatro genotipos bovinos, en condiciones de pastoreo libre en la provincia de Napo, Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del Estudio

El estudio se realizó con el rodeo lechero del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA), de la Universidad Estatal Amazónica, provincia de Napo, Ecuador. El centro dispone de una superficie de 42 ha de pastos destinada a la lechería y está ubicado en el cantón Arosemena Tola de la provincia de Napo. El ambiente es tropical, presenta una precipitación pluvial de 4000 mm/año, humedad relativa promedio de 80% y temperaturas que varían entre 15 y 25 °C. Su topografía se caracteriza por relieves ligeramente ondulados sin pendientes pronunciadas, distribuidos en mesetas naturales de gran extensión. La altitud varía entre los 580 y 990 m. Los suelos presentan una composición heterogénea, pero la mayoría se origina en sedimentos fluviales procedentes de la región andina del país.

### Animales y Manejo

Se trabajó durante los años 2014-2015 con 36 vacas cruzadas de primer parto. Los grupos raciales fueron Brahman x Gir, Brahman x Brown Swiss (BS), Brahman x Jersey (J) y Brahman x Sahiwal (S). Las vacas tenían un peso corporal promedio de  $315 \pm 37$  kg y fueron criadas bajo las mismas condiciones ambientales, nutricionales y de manejo.

Se tomaron muestras de sangre (20 ml) de la vena coccígea los días 60 y 21 antes del parto, en el día del parto y a los 30, 60 y 90 días después del parto. La sangre fue centrifugada a 1058 g durante 15-30 min (Gemmy PLC-01) y el plasma resultante fue almacenado a -20 °C.

Se hicieron determinaciones de fósforo (P) y magnesio (Mg) mediante espectrofotometría molecular (espectrofotómetro Thermo Scientific, Serie Genesis 10 UV) y

de los electrolitos potasio ( $K^+$ ), sodio ( $Na^+$ ), cloro (Cl) y calcio ( $Ca^{2+}$ ) con un analizador electrolítico (AUDICOM, AC 9801).

La alimentación del hato bovino en estudio fue de pastoreo libre, con pastizales con mezcla de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium* y *Stylosanthes guianensis*. El sistema de pastoreo involucraba, además, especies arbóreas locales para generar sombra, pero que se puede considerar como un monocultivo. La composición bioquímica de los pastos se muestra en el Cuadro 1. Los animales recibían, además, un suplemento mineral (Pecutrin®), a razón de 50 g por animal/día.

### Análisis de Datos

Se realizó un análisis exploratorio de los datos estimando promedios y errores estándar para las variables medidas. Además, se realizaron gráficos de perfiles promedios para ajustes LOESS (*Locally weighted scatter plot smooth*) para estimar la trayectoria de las variables en el tiempo. Luego, se ajustaron modelos lineales mixtos considerando como variables independientes el genotipo y el tiempo. Se determinaron posibles diferencias estadísticas entre genotipos. Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa JMP v. 5.0 para Windows.

## RESULTADOS

La variable  $K^+$  no presentó diferencias significativas entre razas ni en el tiempo (Cuadro 2). Los valores obtenidos se encuentran entre los valores referenciales para vacas lecheras (3.90-5.80 mmol/l) (NRC, 2001). Solo los grupos raciales J y S presentaron valores promedio menores a 3.90 mmol/l en el día 21 pre-parto y las vacas J en el día 30 posparto.

La variable  $Na^+$  no presentó diferencias significativas entre razas, pero existió un aumento significativo ( $p < 0.001$ ) a través del

Cuadro 1. Composición bioquímica de los pastos de la zona del estudio<sup>1</sup>

Pastura	Materia seca/ha/año (kg)	Proteína (%)	Fósforo (%)	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)
<i>Brachiaria decumbens</i>	17,585	10.6	0.18	44.4
<i>Brachiaria brizantha</i>	26,970	10.1	0.18	44.1
<i>Arachis pintoi</i>	6,212	19.4	0.21	59.2
<i>Desmodium ovalifolium</i>	5,890	16.3	0.18	39.6
<i>Stylosanthes guianensis</i>	15,237	21.4	0.40	48.7

<sup>1</sup> Fuente propiaCuadro 2. Concentración plasmática (medias  $\pm$  error estándar) de potasio ( $K^+$ , mmol/l) por grupo racial en relación al día del parto

Cruce <sup>1</sup>	Días desde el parto						Total
	-60	-21	0	30	60	90	
BS	3.88 $\pm$ 0.1	4.66 $\pm$ 2.0	4.13 $\pm$ 0.2	4.01 $\pm$ 0.2	4.13 $\pm$ 0.1	4.24 $\pm$ 0.2	4.17 $\pm$ 0.8
Gir	3.96 $\pm$ 0.3	3.87 $\pm$ 0.2	4.09 $\pm$ 0.1	4.08 $\pm$ 0.1	4.06 $\pm$ 0.1	4.07 $\pm$ 0.1	4.02 $\pm$ 0.2
J	4.35 $\pm$ 0.5	3.70 $\pm$ 1.1	4.08 $\pm$ 0.1	3.75 $\pm$ 0.1	4.05 $\pm$ 0.2	4.06 $\pm$ 0.1	4.00 $\pm$ 0.5
S	3.97 $\pm$ 0.1	3.58 $\pm$ 0.3	4.06 $\pm$ 0.1	4.13 $\pm$ 0.5	4.13 $\pm$ 0.1	4.07 $\pm$ 0.1	3.99 $\pm$ 0.3
Total	4.05 $\pm$ 0.4	3.98 $\pm$ 1.3	4.09 $\pm$ 0.1	3.98 $\pm$ 0.4	4.10 $\pm$ 0.1	4.13 $\pm$ 0.2	4.05 $\pm$ 0.6

<sup>1</sup> Gir: Brahman x Gir; BS: Brahman x Brown Swiss; J: Brahman x Jersey; S: Brahman x SahiwalCuadro 3. Concentración plasmática (medias  $\pm$  error estándar) de sodio ( $Na^+$ , mmol/l) por grupo racial en relación al día del parto

Cruce <sup>1</sup>	Días desde el parto						Total
	-60	-21	0	30	60	90	
BS	145 $\pm$ 5.2	149 $\pm$ 10.5	162 $\pm$ 3.5	154 $\pm$ 10.0	167 $\pm$ 0.4	158 $\pm$ 8.9	157 $\pm$ 10.5
Gir	139 $\pm$ 8.6	147 $\pm$ 9.5	163 $\pm$ 0.1	164 $\pm$ 0.4	153 $\pm$ 13.8	168 $\pm$ 0.1	155 $\pm$ 12.9
J	146 $\pm$ 5.7	142 $\pm$ 10.2	163 $\pm$ 0.6	153 $\pm$ 11.5	166 $\pm$ 0.8	168 $\pm$ 0.2	157 $\pm$ 11.9
S	141 $\pm$ 10.2	140 $\pm$ 5.3	163 $\pm$ 0.3	152 $\pm$ 9.3	167 $\pm$ 0.3	168 $\pm$ 0.2	154 $\pm$ 13.0
Total	143 $\pm$ 8.0	144 $\pm$ 9.9	163 $\pm$ 2.1	155 $\pm$ 10.4	165 $\pm$ 7.5	164 $\pm$ 7.1	156 $\pm$ 11.9

<sup>1</sup> Gir: Brahman x Gir; BS: Brahman x Brown Swiss; J: Brahman x Jersey; S: Brahman x Sahiwal

Cuadro 4. Concentración plasmática (medias  $\pm$  error estándar) de cloro (Cl, mmol/l) por grupo racial en relación al día del parto

Cruce <sup>1</sup>	Días desde el parto						Total
	-60	-21	0	30	60	90	
BS	148 $\pm$ 16.6	132 $\pm$ 25.1	85 $\pm$ 9.5	123 $\pm$ 34.7	83 $\pm$ 0.3	113 $\pm$ 27.7	111 $\pm$ 32.2
Gir	129 $\pm$ 24.9	124 $\pm$ 20.1	82 $\pm$ 0.2	82 $\pm$ 0.4	109 $\pm$ 30.1	82 $\pm$ 0.1	102 $\pm$ 27.0
J	147 $\pm$ 3.9	139 $\pm$ 11.7	82 $\pm$ 0.1	125 $\pm$ 36.3	88 $\pm$ 14.3	82 $\pm$ 0.2	109 $\pm$ 31.9
S	130 $\pm$ 20.2	135 $\pm$ 18.6	82 $\pm$ 0.1	131 $\pm$ 29.8	83 $\pm$ 0.1	82 $\pm$ 0.1	108 $\pm$ 30.1
Total	139 $\pm$ 19.4	133 $\pm$ 20.2	83 $\pm$ 5.7	119 $\pm$ 35.2	88 $\pm$ 17	93 $\pm$ 22.1	108 $\pm$ 31.0

<sup>1</sup> Gir: Brahman x Gir; BS: Brahman x Brown Swiss; J: Brahman x Jersey; S: Brahman x Sahiwal

Cuadro 5. Concentración plasmática (medias  $\pm$  error estándar) de calcio (Ca<sup>+</sup>, mmol/l) por grupo racial en relación al día del parto

Cruce <sup>1</sup>	Días desde el parto						Total
	-60	-21	0	30	60	90	
BS	3.2 $\pm$ 0.2	3.7 $\pm$ 1.6	2.7 $\pm$ 0.2	2.9 $\pm$ 0.4	2.6 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.3	2.9 $\pm$ 0.7
Gir	3.5 $\pm$ 0.6	3.2 $\pm$ 0.5	2.5 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.4	2.6 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.5
J	3.4 $\pm$ 0.4	3.2 $\pm$ 0.5	2.5 $\pm$ 0.1	2.7 $\pm$ 0.3	2.6 $\pm$ 0.2	2.6 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.4
S	3.1 $\pm$ 0.4	3.0 $\pm$ 0.4	2.5 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.2	2.5 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.3
Total	3.3 $\pm$ 0.4	3.3 $\pm$ 0.9	2.6 $\pm$ 0.2	2.8 $\pm$ 0.3	2.6 $\pm$ 0.2	2.7 $\pm$ 0.2	2.9 $\pm$ 0.6

<sup>1</sup> Gir: Brahman x Gir; BS: Brahman x Brown Swiss; J: Brahman x Jersey; S: Brahman x Sahiwal

Cuadro 6. Concentración plasmática (medias  $\pm$  error estándar) de fósforo (P, mmol/l) por grupo racial en relación al día del parto

Cruce <sup>1</sup>	Días desde el parto						Total
	-60	-21	0	30	60	90	
BS	1.3 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 0.4	1.4 $\pm$ 1.1	1.3 $\pm$ 0.6	1.4 $\pm$ 0.6	1.3 $\pm$ 0.4	1.3 $\pm$ 0.7
Gir	1.4 $\pm$ 0.4	1.3 $\pm$ 0.9	0.8 $\pm$ 0.4	1.8 $\pm$ 0.6	1.5 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.6
J	1.7 $\pm$ 0.9	1.5 $\pm$ 0.6	1.8 $\pm$ 1.6	1.8 $\pm$ 0.80	1.6 $\pm$ 0.6	1.5 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.9
S	1.8 $\pm$ 0.5	0.9 $\pm$ 0.2	0.9 $\pm$ 0.4	1.6 $\pm$ 0.3	1.9 $\pm$ 0.4	1.7 $\pm$ 0.5	1.5 $\pm$ 0.6
Total	1.5 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.6	1.3 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.6	1.4 $\pm$ 0.5	1.4 $\pm$ 0.8

<sup>1</sup> Gir: Brahman x Gir; BS: Brahman x Brown Swiss; J: Brahman x Jersey; S: Brahman x Sahiwal

Cuadro 7. Concentración plasmática (medias  $\pm$  error estándar) de magnesio (Mg, mmol/l) por grupo racial en relación al día del parto

Cruce <sup>1</sup>	Días desde el parto						Total
	-60	-21	0	30	60	90	
BS	0.95 $\pm$ 0.2	0.95 $\pm$ 0.2	0.96 $\pm$ 0.3	0.96 $\pm$ 0.2	0.99 $\pm$ 0.3	0.86 $\pm$ 0.2	0.94 $\pm$ 0.2
Gir	0.96 $\pm$ 0.2	1.23 $\pm$ 0.1	1.01 $\pm$ 0.2	1.18 $\pm$ 0.2	1.04 $\pm$ 0.3	0.97 $\pm$ 0.2	1.07 $\pm$ 0.3
J	0.91 $\pm$ 0.2	1.05 $\pm$ 0.3	1.13 $\pm$ 0.4	1.02 $\pm$ 0.3	1.07 $\pm$ 0.2	0.99 $\pm$ 0.4	1.03 $\pm$ 0.3
S	1.06 $\pm$ 0.2	1.19 $\pm$ 0.2	1.06 $\pm$ 0.2	1.21 $\pm$ 0.3	0.89 $\pm$ 0.2	0.76 $\pm$ 0.2	1.04 $\pm$ 0.3
Total	0.97 $\pm$ 0.2	1.09 $\pm$ 0.2	1.04 $\pm$ 0.3	1.07 $\pm$ 0.3	1.00 $\pm$ 0.2	0.90 $\pm$ 0.3	1.01 $\pm$ 0.3

<sup>1</sup> Gir: Brahman x Gir; BS: Brahman x Brown Swiss; J: Brahman x Jersey; S: Brahman x Sahiwal

tiempo (Cuadro 3). Los valores obtenidos se encuentran por encima de los valores referenciales para vacas lecheras (132-142 mmol/l) (NRC, 2001) en todos los grupos raciales y en todos los muestreos.

La variable Cl no presentó diferencias significativas entre razas, pero existió una reducción significativa ( $p < 0.001$ ) a través del tiempo (Cuadro 4). Además, el comportamiento en el pre- y posparto fue diferente ( $p < 0.001$ ). El ajuste LOESS con parámetros de suavizado igual a 0.8 muestra que la trayectoria de la variable Cl en el tiempo cambia a partir del parto. Por lo tanto, se consideró un nodo en este tiempo al ajustar un modelo mixto, permitiendo de esta forma modelar linealmente la trayectoria de la variable Cl, pero considerando distintas pendientes antes y después del parto. Los valores obtenidos se encuentran por encima de los valores referenciales para vacas lecheras (97-111 mmol/l) (NRC, 2001) en los días 60 y 21 antes del parto para todos los grupos raciales.

Para la variable calcio se ajustó un modelo mixto considerando un nodo en tiempo igual a 30 días posparto (Cuadro 5). Esta variable no presentó diferencias significativas entre razas, pero se observaron cambios significativos a través del tiempo ( $p < 0.001$ ), y diferente antes y después de los 30 días posparto. Los valores obtenidos se encuen-

tran dentro de los valores referenciales para vacas lecheras (2.43-3.10 mmol/l) (NRC, 2001) para todos los grupos raciales.

La variable P no presentó diferencias significativas entre razas ni en el tiempo (Cuadro 6). Los valores obtenidos se encuentran entre los valores referenciales para vacas lecheras (1.8-2.10 mmol/l) (NRC, 2001). Solo las vacas BS y S presentaron valores promedio menores a los esperados en el día 21 preparto, y Gir y S en el día del parto.

Para la variable Mg se ajustó un modelo mixto considerando un nodo en tiempo igual al día del parto (Cuadro 7). No se encontró diferencia significativa entre razas, pero se observaron cambios significativos a través del tiempo ( $p < 0.001$ ), incluyendo pendientes antes y después del parto. Los valores obtenidos se encuentran por encima de los valores referenciales para vacas lecheras (0.74-0.95 mmol/l) (NRC, 2001) para todas las razas.

## DISCUSIÓN

La inadecuada alimentación y suplementación mineral en los bovinos constituye una de las principales limitantes para la ganadería en las regiones tropicales y amazónica (Depablos *et al.*, 2009), donde el forraje de baja calidad se convierte en la

principal y, en muchos casos, única fuente de alimentación (Sánchez, 2007). Los requerimientos de macrominerales para los rumiantes dependen del sistema de producción, edad y raza de los animales y la interrelación con otros minerales (Salamanca, 2010), de allí que muestras de sangre entera y de suero sanguíneo son ampliamente utilizados para estudios de nutrición mineral, muchas veces por sobre el análisis de forrajes y suelos, porque reflejan una mejor contribución de la dieta total (McDowell *et al.*, 1984).

Los minerales son nutrientes esenciales para las vacas lecheras y sus concentraciones en sangre deben oscilar dentro de intervalos reducidos, a fin de mantener el adecuado estado sanitario y de bienestar de los animales. Esto posibilita que se lleven adelante las funciones propias del organismo, entre las cuales, las más importantes son las estructurales, fisiológicas, catalíticas y reguladoras (NRC 2001, Suttle, 2010). Además, el estatus mineral influye en el bienestar y comportamiento de los animales y cualquier variación en los valores puede alterar los rendimientos productivos, reproductivos y sanitarios (Ciria *et al.*, 2005). Los macroelementos son los minerales que las vacas requieren en cantidades diarias (g/día) o como porcentaje de materia seca (MS) consumida en la ración diaria. Estos minerales (calcio, magnesio, fósforo, sodio, potasio y cloro) se distribuyen en mayor proporción en los tejidos de sostén y contribuyen al mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas del ambiente ruminal (capacidad buffer, presión osmótica y tasa de dilución) y, además se encuentran como componentes celulares y activadores enzimáticos, imprescindibles para mantener las funciones vitales (Andrews, 2005).

Los valores promedios para los macrominerales séricos del presente estudio están de acuerdo con valores referenciales para bovinos reportados en la literatura (Roldán *et al.*, 2006; Zambrano y Márquez, 2009; Betancur Hurtado *et al.*, 2012). Además, coinciden con los resultados encontra-

dos por Betancur Hurtado *et al.* (2012) en vacas doble propósito de diferente composición racial (Holstein, Pardo Suizo y Brahman) en Córdoba, Colombia, y con el trabajo de Roldán *et al.* (2006) en vacas Holstein de la provincia de Santa Fe, Argentina.

Los forrajes tropicales, por lo general, no satisfacen las necesidades de muchos minerales que requieren las vacas lecheras. Así mismo, los niveles de potasio, por lo general, son elevados y pueden interferir con la utilización del magnesio, causando desórdenes metabólicos durante el parto (NRC 2001; Sánchez y Goff, 2006). Los resultados de este trabajo no parecen coincidir, ya que no existió tal interferencia en la relación  $K^+ : Mg$ , donde este último tuvo valores por encima del rango máximo normal (0.95 mmol/l). El  $K^+$  es el catión predominante en el líquido intracelular, y es fundamental para mantener el balance ácido-básico, lo mismo que para permitir la transmisión de los impulsos nerviosos a las fibras musculares (McCutcheon y Elimelech, 2007). Los forrajes generalmente son una excelente fuente de  $K^+$ , y esto último queda demostrado en los valores encontrados en este trabajo (NRC, 2001).

Las concentraciones de sodio y potasio coinciden con Bajksy *et al.* (1999), quienes establecieron que las concentraciones plasmáticas de estos minerales no varían según la época del año. Sin embargo, difieren de los reportados por López *et al.* (2008) y De La Vega (2009), quienes encontraron mayores concentraciones de sodio y potasio en la época de lluvias. De acuerdo a lo encontrado en este estudio, se puede afirmar, que bajo las condiciones de pastoreo libre, no hay riesgo de ocurrencia de desbalance en la relación  $Na^+ : K^+$ , ya que no hay variaciones entre épocas.

El  $Na^+$  es el electrolito más abundante en el líquido extracelular. Su homeostasia es controlada por la hormona aldosterona (Barret *et al.*, 2010). Los resultados muestran que se supera al límite máximo desde el parto, debido al suplemento que reciben y que

contiene sal blanca, ya que se conoce que los forrajes tropicales se caracterizan por ser deficientes en cloro y especialmente en sodio. Sin embargo, el Cl<sup>-</sup> se comporta distinto, teniendo alta presencia en sangre antes del parto para luego caer al valor mínimo a partir del parto.

La normocalcemia detectada en gestación y al inicio de la lactación para las cuatro cruza, debería relacionarse con el adecuado ingreso del catión y el buen funcionamiento del mecanismo homeostático. Seguramente, al aumentar la exigencia fisiológica, ocurrió deficiencia de Ca<sup>2+</sup> durante la lactación. La concentración normal de Ca<sup>2+</sup> en bovinos es de 2.4-3.1 mmol/l. Estos valores permanecen constantes y guardan una íntima relación con la concentración de P sanguíneo que es de 1.8-2.1 mmol/l (Wittwer *et al.*, 1993). La proporción entre Ca<sup>2+</sup> y P debería estar entre 1:1 y 2:1 (McDowell *et al.*, 1997) y en este trabajo fue de 1.8:1. La disminución de Ca y Mg no se dieron al mismo momento en todas las cruza, y la disminución tardía del Ca podría deberse a la poca producción de leche. Por otro lado, los niveles altos de potasio en los pastos y, fundamentalmente utilizando *Brachiaria* sp pueden interferir con la absorción del magnesio y causar una deficiencia metabólica o secundaria de este mineral, la cual a su vez interfiere con el metabolismo del calcio, provocando hipocalcemia subclínica (Wagemann *et al.*, 2014); sin embargo, en este caso la relación magnesio:potasio se mantuvo entre los niveles esperados.

Una de las razones de investigar si existen diferencias en la concentración sanguínea de macrominerales entre biotipos fue porque no existen muchos datos de estudios similares en la literatura científica sobre la variación racial de estos elementos (Mancuso, 2017). Esta falta de información se profundiza aún más en la Amazonía, ya que esta región geográfica posee características que no la hacen comparable con otros ambientes (Vargas-Burgos *et al.*, 2015).

Mancuso (2017) encontró que las vacas Holstein x Jersey tendieron a tener mayores niveles de Ca y Mg y menores de fósforo que las vacas Montbéliard, mientras que las vacas Pardo Suizo y Guernsey estuvieron en una posición intermedia. Asimismo, diversos reportes señalan una mayor predisposición en vacas Jersey y Guernsey a desarrollar hipocalcemia en relación con vacas Holstein, lo cual se debería a una menor cantidad de receptores de 1,25 dihidroxivitamina D en aquellas razas (Goff *et al.*, 1995; Sánchez y Saborío-Montero, 2014).

Estudios en Santa Fe, Argentina con vacas cruza Holstein x Jersey mostraron, en relación a vacas Holstein, valores más elevados de Ca y Mg, así como menores concentraciones de fósforo en las cruza en relación a las puras durante la lactancia (Luna, 2011). Estos resultados coinciden con el estudio de Campos *et al.* (2007) que menciona menores contenidos relativos de Ca, Mg y Na en sangre de Holstein puros de alta producción de leche con respecto a vacas cruza Holstein x Jersey y Jersey puras. No obstante, los niveles de macrominerales en los animales de este estudio se mantuvieron dentro de los rangos fisiológicos o por encima de los mismos, pudiéndose concluir que no se encontraron diferencias en la concentración de los macrominerales entre los cuatro genotipos lecheros en estudio.

#### LITERATURA CITADA

1. **Abate A. 1988.** Effect of pasture mineral levels on extensive cattle production in Kenya. En: Dzewela BH (eds). African Forage Plant Genetic Resources. Evaluation of Forage Germplasm and Extensive Livestock Production Systems. In: Proc III PANESA Workshop. Addis Ababa, Ethiopia.
2. **Akhtar T, Li J, Olden T, Wallace KN. 2009.** Use of phospholipase A(2) for antigen retrieval in Zebrafish whole-

- mount immunohistochemistry. *Zebrafish* 6: 223-227. doi: 10.1089/zeb.2009.0588
3. **Andrews AH. 2005.** Sanidad del ganado vacuno lechero. Zaragoza: Acribia. 412 p.
  4. **Bajksy CA, Reiczigel J, Szenci O. 1999.** Cicardian changes in blood ionized calcium, sodium, potassium, and chloride concentrations and pH in cattle. *Am J Vet Res* 60: 945-948.
  5. **Barakat NA, Laudadio V, Cazzato E, Tufarelli V. 2013.** Potential contribution of *Retama raetam* (Forssk.) Webb & Berthel as a forage shrub in Sinai, Egypt. *Arid Land Res Manag* 27: 257-271. doi: 10.1080/15324982.2012.756561
  6. **Barret K, Barman S, Boitano S, Brooks H. 2010.** Ganong, Fisiología médica. 23<sup>a</sup> ed. México: McGrawHill. 714 p.
  7. **Betancur Hurtado C, Martínez Y, Vergara Garay O. 2012.** Concentración de macrominerales séricos y hematocrito en bovinos durante dos épocas del año en Montería, Colombia. *REDVET* 13(8). [Internet]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/636/63624429003.pdf>
  8. **Campos R, Cubillos C, Rodas ÁG. 2007.** Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agron* 56: 85-92.
  9. **Ciria Ciria J, Villanueva Mari R, Ciria García de la Torre J. 2005.** Avances en nutrición mineral en ganado bovino. En: IX Seminario de Pastos y Forrajes. España: FEDNA.
  10. **De La Vega JA. 2009.** Perfil mineral en un hato de vacas en ordeña, en los periodos de seca y lluvia: relación con variables hemáticas. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. 59 p.
  11. **Depablos L, Godoy S, Chicco C, Ordoñez J. 2009.** Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. *Zootec Trop* 27: 25-37.
  12. **Goff JP, Reinhardt TA, Beitz DC, Horst RL. 1995.** Breed effects tissue-vitamin D receptor concentration in periparturient dairy cows: a milk fever risk factor? *J Dairy Sci* 78: 184 (Abstr).
  13. **Gowda NKS, Prasad CS, Ashok LB, Ramana JV. 2004.** Utilization of dietary nutrients, retention and plasma level of certain minerals in crossbred dairy cows as influenced by source of mineral supplementation. *Asian Australas J Anim Sci* 17: 221-227. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.221>
  14. **López-Alonso, M. 2012.** Trace minerals and livestock: not too much not too little. *ISRN Vet Sci* ID 704825. doi: 10.5402/2012/704825
  15. **López-Alonso M, Miranda M, Blanco Penedo I. 2011.** Potentials and limitations of husbandry practice in sustainable systems to secure animals' mineral nutrition. In: Hendriks B (ed). *Agricultural research updates*. Vol 2. USA: Nova Science Pub. p 289-308.
  16. **López M, Godoy S, Alfaro C, Chicco C. 2008.** Evaluación de la nutrición mineral en sabanas bien drenadas al sur del estado Monagas, Venezuela. *Rev Cient (Maracaibo)* 18: 197-206.
  17. **Luna ML. 2011.** Caracterización del perfil mineral de bovinos lecheros en establecimientos del Departamento Las Colonias - Región Centro de Santa Fe. Tesis de Magíster. Argentina: Universidad Nacional del Litoral. 188 p.
  18. **Mancuso WA. 2017.** Evaluación y comparación de grupos genéticos lecheros en un sistema a pastoreo en la comarca lechera de Entre Ríos, Argentina. Tesis de Doctorado. España: Universidade de Santiago de Compostela. 227 p.
  19. **McCutcheon JR, Elimelech M. 2007.** Modeling water flux in forward osmosis: implications for improved membrane design. *AIChE J* 53: 1736-1744. doi: 10.1002/aic.11197
  20. **McDowell L, Velásquez-Pereira J, Valle G. 1997.** Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Gainesville, EEUU: Universidad de Florida. 92 p.

21. **McDowell LR, Conrad J, Ellis G, Loosli J. 1984.** Minerales para rumiantes a pastoreo en regiones tropicales. Gainesville, EEUU: Universidad de Florida. 90 p.
22. **[NRC] National Research Council. 2001.** Nutrient requirements of dairy cattle Washington DC, USA: NRC. 360 p.
23. **Postma GC, Minatel L, Carfagnini JC. 2010.** Deficiencia de cobre en bovinos en pastoreo de la Argentina. *Rev Arg Prod Anim* 30: 189-198.
24. **Quinteros R, Marini PR. 2016.** Indicators of efficiency in four milky genotypes in outdoor pasture conditions in the Ecuadorian Amazonia. *Sust Agric Res* 5: 19-23. doi: 10.5539/sar.v5n4p19
25. **Ramos A, Cabrera MC, Astigarraga L, Saadoun A. 2007.** Variaciones estacionales del contenido de Ca, P, Mg, S, Fe, Zn y Cu de alfalfa, trébol rojo y lotus y de su bioaccesibilidad por un método rápido *in vitro*. En: XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Cusco, Perú: ALPA.
26. **Roldán PV, Gápel C, Baravalle A, Campagnoli D, Beldoménico H. 2006.** Estudio del perfil mineral en bovinos lecheros de la provincia de Santa Fe, en distintos estados fisiológicos. *REDVET* 7(12). [Internet]. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121206/120620.pdf>
27. **Salamanca A. 2010.** Suplementación de minerales en la producción bovina. 2010. *REDVET* 11(9). [Internet]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/636/63615732008.pdf>
28. **Sánchez JM. 2007.** Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. En: XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela.
29. **Sánchez JM, Goff JP. 2006.** Strategies for controlling hypocalcemia in dairy cows in confinement and pastures. In: Joshi N, Herdt TH (eds). *Production diseases in farm animals*. The Netherlands: Wageningen Academic Publ. p 182-187.
30. **Sánchez JM, Saborío-Montero A. 2014.** Hipocalcemia e hipomagnesiamia en un hato de vacas Holstein, Jersey y Guernesey en pastoreo. *Agron Costarric* 38: 55-65.
31. **Suttle NF. 2010.** Mineral nutrition of livestock. 4<sup>th</sup> ed. Midlothian, UK: CABI. 608 p.
32. **Vargas-Burgos JC, Quinteros-Pozo OR, Marini PR. 2015.** ¿Por qué necesitamos evaluar los genotipos ganaderos que mejor se adaptan a la Amazonía? *El Agro* 228: 30-31.
33. **Wagemann C, Wittwer F, Chihuailaf R, Noro M. 2014.** Estudio retrospectivo de la prevalencia de desbalances minerales en grupos de vacas lecheras en el sur de Chile. *Arch Med Vet* 46: 363-373. doi: 10.4067/S0301-732X2014000-300004
34. **Wittwer F, Heuer G, Contreras PA, Böhmwald TM. 1993.** Valores bioquímicos clínicos sanguíneos de vacas cursando con decúbito en el sur de Chile. *Arch Med Vet* 25: 83-88.
35. **Zambrano W, Marques A. 2009.** Perfil metabólico de vacas mestiças leiteiras do pré-parto ao quinto mês da lactação. *Zootec Trop* 27: 475-488.