

Niveles séricos de magnesio calcio y fósforo en hembras bovinas de carne (*Bos indicus*),
en un establecimiento de San Borja, Beni, Bolivia

Serum levels of magnesium, calcium, and phosphorus in female beef cattle (*Bos indicus*)
at a farm in San Borja, Beni, Bolivia

Condori Ticona Marcelina ^{*}, Aliaga Álvarez Rodrigo Juan , Palma Dávila Carlos Alejandro

Datos del Artículo

Universidad Mayor de San Andrés.
Facultad de Agronomía.
Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Centro Experimental de Cota Cota.
Calle 29, Cota Cota.
Campus Universitario.
Tel. +591- 2612632 – 60676306.
La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

***Dirección de contacto:**

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Medicina Veterinaria y Zootecnia
Centro Experimental de Cota Cota
Servicio de Diagnóstico e Investigación en Laboratorio Veterinario
Calle 29, Cota Cota.
Campus Universitario.
Tel. +591- 2612632 - 60676306
La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

Marcelina Condori Ticona.

E-mail address : perezmarcelina3@gmail.com

Palabras clave:

Rangos de referencia,
hembras bovinas,
calcio,
fósforo,
magnesio,
suero sanguíneo.

J. Selva Andina Anim. Sci.
2025; 12(2):79-90.

ID del artículo: [149/JSAAS/2025.](https://doi.org/10.14483/2311-3766.149)

Historial del artículo

Recibido mayo 2025.
Devuelto agosto 2025.
Aceptado septiembre 2025.
Disponible en línea, octubre 2025.

Editado por:
*Selva Andina
Research Society*

Keywords:

Reference ranges,
female cattle,
calcium,
phosphorus,
magnesium,
blood serum.

Resumen

Los macrominerales son fundamentales para la salud y rendimiento productivo de vacas. Con el objeto de establecer los rangos de referencia de Mg, P y Ca séricos, en hembras bovinas de carne (*Bos indicus*), seleccionadas, en San Borja, Beni, Bolivia, por grupo etario y condición reproductiva, se tomaron 173 muestras de sangre. El análisis en suero de Ca y Mg se determinó por método colorimétrico de punto final, y el P por el método ultravioleta de punto final, se utilizó el analizador químico STAT FAX 1908 PLUS, se aplicó control de calidad de exactitud. El tipo de investigación fue observacional transversal. El análisis estadístico se realizó mediante Microsoft Excel 2010 e InfoStat 2020. Los datos se analizaron con medidas de tendencia central, curtosis y coeficiente de asimetría, campana de Gauss y ANVA con un 95 % de confiabilidad. Los valores de Ca, Mg y P muestran una curva de Gauss casi normal. Para Mg se declara un solo rango de 1.5 a 3.3 mg dL⁻¹ (p>0.05). En P se declara dos valores de rango por grupo etario, (p<0.05), 4.5 a 8.6 mg dL⁻¹ para hembras bovinas de 2 a 4 años y 3.9 a 8.2 mg dL⁻¹ de 5 a 12 años. Para Ca se declara un solo rango (p>0.05) de 7.4 a 12.6 mg dL⁻¹. Estos resultados aportan parámetros locales útiles para la evaluación del estado mineral, diagnosticar deficiencias subclínicas, interpretaciones confiables y el manejo nutricional del ganado bovino en la región.

2025. *Journal of the Selva Andina Animal Science*[®]. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

Macrominerals are essential for the health and productive performance of cows. In order to establish the reference ranges of serum Mg, P and Ca, in selected beef bovine females (*Bos indicus*), in San Borja, Beni, Bolivia, by age group and reproductive condition, 173 blood samples were taken. The serum analysis of Ca and Mg was determined by the end-point colorimetric method, and the P by the end-point ultraviolet method, the chemical analyzer STAT FAX 1908 PLUS was used, accuracy quality control was applied. The type of research was observational cross-sectional. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel 2010 and InfoStat 2020. The data were analyzed with measures of central tendency, kurtosis and asymmetry coefficient, Gaussian bell and ANVA with 95 % reliability. The values of Ca, Mg and P show an almost normal Gauss curve. For Mg, a single range of 1.5 to 3.3 mg dL⁻¹ is declared (p>0.05). In P, two range values are declared per age group, (p<0.05), 4.5 to 8.6 mg dL⁻¹ for bovine females from 2 to 4 years of age and 3.9 to 8.2 mg dL⁻¹ from 5 to 12 years of age. For Ca, a single range (p>0.05) of 7.4 to 12.6 mg dL⁻¹ is declared. These results provide useful local parameters for the evaluation of mineral status, diagnosis of subclinical deficiencies, reliable interpretations and nutritional management of cattle in the region.

2025. *Journal of the Selva Andina Animal Science*[®]. Bolivia. All rights reserved.



Introducción

En Bolivia, el departamento del Beni tiene una población bovina de aproximadamente 3,088,148 de cabezas en diferentes categorías. El sistema extensivo empleado, aún con sus deficiencias, genera carne de buena calidad, comparada con otras regiones del país. La carne que se produce, está en base de pasturas baratas, naturales, de buena palatabilidad, con alto valor nutritivo, sin adición de fertilizantes, empleo de herbicidas o cualquier otro compuesto nocivo de afecte a la salud humana¹.

En vacas de carne del tipo *Bos indicus*, la medición de los niveles séricos de Magnesio (Mg), fósforo (P) y Calcio (Ca) adquieren especial relevancia en llanuras tropicales, donde la calidad mineral de los forrajes puede ser variable y la adaptación metabólica es un factor clave para mantener equilibrio productivo bajo estrés nutricional².

El metabolismo mineral representa un factor importante en la producción y reproducción. El P inorgánico, Ca y Mg son los macroelementos más relevantes, su concentración en suero no solo indica un equilibrio nutricional, sino también la capacidad fisiológica del animal para preservar la homeostasis mineral a pesar de las variadas circunstancias de manejo y estado fisiológico³.

El Ca es el mineral más abundante en el cuerpo, 98 % se encuentra en huesos y dientes⁴. Es de gran importancia en el metabolismo de los bovinos, ya que desempeña funciones regulatorias en la coagulación de la sangre, transmisión nerviosa y contracción muscular, además de su papel estructural en el tejido óseo. En las vacas adultas, su concentración en plasma varía normalmente entre 9 y 10 mg dL⁻¹, siendo algo más alta en los terneros⁵.

El P es el segundo macroelemento más importante para la producción de tejido óseo⁶, tiene un rol esencial en la señalización celular, metabolismo energé-

tico (ATP) y componente de los ácidos nucleicos⁵⁻⁷. Es fundamental, y se estima que es el tercer componente más caro de la dieta de los animales⁷. La falta o deficiencia de P en el ganado vacuno provoca: disminución del apetito, baja tasa de preñez, reducción del ritmo de crecimiento, pérdida de peso, disminución de la producción láctea durante el amamantamiento y un apetito desordenado (pica), que se distingue por la masticación de huesos del campo⁸.

El Mg, un catión intracelular esencial, funciona como cofactor en las reacciones enzimáticas en las principales rutas metabólicas. El magnesio extracelular es esencial para la función muscular, transmisión nerviosa y producción de la matriz ósea; además, interviene en el mantenimiento del equilibrio entre el calcio y fósforo. Su concentración en el plasma bovino tiende a variar entre 1.8 y 2.4 mg dL⁻¹. El mantenimiento de la concentración normal de este mineral en el plasma depende prácticamente por completo de la ingestión de magnesio mediante la alimentación⁵.

Dada la importancia de estos minerales en procesos reproductivos, metabólicos y la salud en general, se ve la necesidad de evaluar los niveles séricos de Mg, P y Ca con el fin de establecer un rango de referencia para los metabolitos analizados en hembras bovinas de carne (*B. indicus*) en condiciones de pastoreo. Los datos obtenidos permitirán generar información para diagnosticar deficiencias subclínicas, interpretaciones confiables, optimizar el manejo nutricional, mejorar la eficiencia reproductiva y generación de datos locales y específicos.

Materiales y métodos

San Borja es una ciudad capital de la provincia del General José Ballivián, ubicada en el departamento

del Beni, se encuentra a una altitud de 197 metros sobre el nivel del mar (msnm), ubicada en la posición geográfica de Sur 14° 15' 15" (latitud) y Oeste 66° 30' 25" (longitud). Con una precipitación anual hasta 830 mm y temperatura promedio anual de 26.2° C⁹.

Se realizó un estudio observacional transversal, por la observación y registro de acontecimientos sin intervenir en el curso natural de estos, la medición en relación al tiempo fue de forma única¹⁰.

Las muestras fueron colectadas los días viernes y sábado en San Borja y procesadas los días lunes de febrero a mayo del 2025, en el Servicio de Diagnóstico e Investigación en Laboratorio de Veterinaria (SEDILAV) dependiente de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia (CMVZ) Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

El trabajo de investigación se dividió en 4 etapas: *Etapa 1.* Selección de animales, requisito indispensable para establecer rangos de referencia, esta selección estuvo a cargo de médicos veterinarios zootecnistas que certificaron -animal aparentemente sano- a través de la evaluación de la historia clínica y condición corporal 3 (bueno)¹¹, todos los que cumplían los requisitos, 173 vacas seleccionadas, ingresaron al estudio. El muestreo fue de forma no probabilística por conveniencia por tener criterios de inclusión, tomando en cuenta el factor de estudio: rango de edad y condición reproductiva (preñada y vacía). *Etapa 2.* Los animales seleccionados, el día del muestreo (de 7 a 9 de la mañana), estaban en ayunas. Para la toma de muestras, se inmovilizó al animal en un brete, se tomaron 5 mL de sangre en jeringas de la vena cocígea ventral, se transportaron las muestras en conservador a 4° C, en la misma estancia de San Borja se procedió a separar el suero sanguíneo en centrifugadora a 2500 rpm durante 15 min, para luego ser congelados y transportados hasta el laboratorio en la ciudad de La Paz. *Etapa 3.* Una vez remitidas, los

sueros al laboratorio SEDILAV, se procedió a verificar los registros con sus muestras respectivas. El análisis de macrominerales en suero, se utilizó el analizador químico STAT FAX 1908 PLUS. Se trabajó con control de calidad de exactitud, controles normal y patológico Human Multisera Normal de Cromatest Lote N°19292 y 19293 respectivamente, los reactivos utilizados fueron de la misma marca. El Ca se determinó por el método colorimétrico de punto final, basado en la unión específica de la cresolftaleina complexona, un indicador metalocrómico, y calcio (suero del paciente) a un pH alcalino, la intensidad del cromóforo formado es proporcional a la concentración del Ca total¹². Fosforo (P) inorgánico se determinó por el método ultravioleta de punto final, el cual reacciona con el molibdato amónico en medio ácido para formar un complejo fosfomolibdico que se mide a 340 nm¹³. Magnesio (Mg), se realizó por el método colorimétrico de punto final basado en la unión específica de la calmagita, indicador metalocrómico, con el magnesio a un pH alcalino¹⁴. *Etapa 4.* Análisis de los datos, se utilizó el paquete estadístico Microsoft Excel 2010 e InfoStat, versión 2020, y los resultados se expresaron en medidas de tendencia central (media, moda y mediana), desviación estándar (DE), coeficiente de asimetría, curtosis, campana de Gauss normal, análisis de varianza (ANVA) y test de Duncan, con un 95 % de confiabilidad.

Resultados

Se procesaron 173 muestras de suero sanguíneo de hembras bovinas de carne (SSHBC), al análisis estadístico, los valores de Ca, Mg y P, los datos de medidas de tendencia central (media, mediana y moda) casi parecidos, la curtosis y el coeficiente de asimetría, es menor a $-/+1$, por lo tanto, tienen una campana de Gauss normal (Tabla 1).

Tabla 1 Estadística descriptiva de magnesio, calcio y fósforo sérico de hembras bovinas de carne (*Bos indicus*) San Borja, Beni - Bolivia

Datos estadísticos	Magnesio (mg dL ⁻¹) (n = 173)	Fósforo (mg dL ⁻¹) (n = 173)	Calcio (mg dL ⁻¹) (n = 173)
Media	2.40	6.20	9.97
Error típico	.04	.08	.10
Mediana	2.33	6.34	10.00
Moda	2.30	6.30	10.30
Desviación estándar	.46	1.02	1.29
Varianza de la muestra	.21	1.05	1.66
Curtosis	-.90	-.58	-.53
Coefficiente de asimetría	.34	-.47	-.09
Mínimo	1.60	3.50	7.20
Máximo	3.40	7.80	12.80
Coefficiente de varianza	19.16	16.51	12.92
Nivel de confianza (95.0 %)	.07	.15	.19

Los datos hallados en la investigación todos ingresan dentro de una curva normal de Gauss

Tabla 2 Estadística descriptiva y ANVA de magnesio (mg dL⁻¹) sérico de hembras bovinas de carne (*Bos indicus*) por rango de edad

Estadística descriptiva	Magnesio (mg dL ⁻¹)		
	Rango de edad 1 2 a 4 años n=52	Rango de edad 2 5 a 7 años n=78	Rango de edad 3 > a 8 años n=43
Media	2.45	2.41	2.31
Mediana	2.35	2.35	2.3
Desviación estándar	.47	.46	.44
Mínimo	1.70	1.60	1.70
Máximo	3.30	3.40	3.20
Coefficiente de variación	19.15	19.21	18.97

ANVA, p>0.05

En cuanto a la concentración de Mg en SSHBC por rango de edad (Tabla 2), al análisis de varianza con un nivel de significancia de 0.05 p es igual a 0.3330 (p>0.05), por lo tanto, no existe diferencia estadística por rango de edad, observando que el rango de edad 1 es el que mayor concentración de magnesio mues

tra (2.45 mg dL⁻¹). Por condición reproductiva tiene mayor concentración de Mg las preñadas (2.42 mg dL⁻¹), al análisis de varianza con un nivel de significancia de 0.05 p es igual a 0.0838 (p>0.05), estadísticamente no existe diferencia significativa por condición reproductiva (Tabla 3).

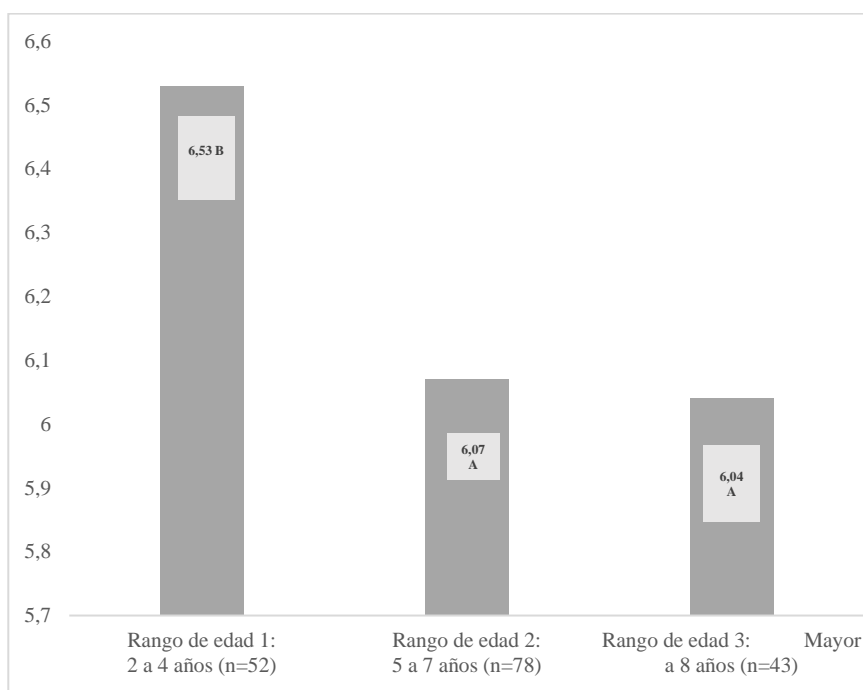
Tabla 3 Estadística descriptiva y ANVA de magnesio (mg dL⁻¹) sérico de hembras bovinas de carne (*Bos indicus*) por condición reproductiva

Estadística descriptiva	Magnesio (mg dL ⁻¹)	
	Condición preñada (n=144)	Condición vacia (n=29)
Media	2.42	2.26
Mediana	2.40	2.3
Desviación estándar	.46	.43
Mínimo	1.60	1.60
Máximo	3.40	3.30
Coefficiente de variación	19.03	18.99

ANVA = p>0.05

Tabla 4 Estadística descriptiva y ANVA de fósforo (mg dL⁻¹) sérico de hembras bovinas de carne (*Bos indicus*) por rango de edad

Datos estadísticos	Fósforo (mg dL ⁻¹)		
	Rango de edad 1 2 a 4 años (n=52)	Rango de edad 2 5 a 7 años (n=78)	Rango de edad 3 > a 8 años (n=43)
Media	6.53	6.07	6.04
Mediana	6.65	5.95	6.3
Desviación estándar	.89	1.02	1.11
Mínimo	3.50	3.50	4.00
Máximo	7.70	7.80	7.70
Coefficiente variación	13.64	16.79	18.37

Figura 1 Comparación de prueba de medias Duncan para la concentración de fósforo en (mg dL⁻¹) sérico de hembras bovinas de carne, según rango de edad

La concentración de P en SSHBC por grupo etario (Tabla 4) al análisis de varianza p es igual a 0.0218 ($p < 0.05$), estadísticamente existe diferencia significativa por rango de edad, por lo mencionado se realizó la prueba de medias Duncan (Figura 1) confirma que el rango de edad 1 (2 a 4 años) el fósforo es más alto (6.53 mg dL⁻¹) en comparación a los otros 2 rangos de edad. Sin embargo, los grupos etarios 2 (5 a 7 años) y 3 (mayor a 8 años) a la comparación de medias, estadísticamente, son iguales. Por condición reproductiva tiene mayor concentración de P las

preñadas (6.25 mg dL⁻¹), al análisis de varianza con un nivel de significancia de 0.05 p es igual a 0.2052 ($p > 0.05$), estadísticamente no existe diferencia significativa por condición reproductiva (Tabla 5).

El Ca, por rango de edad (Tabla 6), al ANVA con un nivel de significancia de 0.05 p es igual a 0.5887 ($p > 0.05$), por lo tanto, no existe diferencia estadística por rango de edad, observando que el rango de edad 1 y 3 la concentración de Ca es 10.08 y 10.03 mg dL⁻¹ respectivamente. Por condición reproductiva la concentración de Ca es igual (9.97 mg dL⁻¹), al ANVA

con un nivel de significancia de 0.05 p es igual a 0.9769 ($p > 0.05$), estadísticamente no existe diferencia significativa por condición reproductiva (Tabla 7).

Tabla 5 Estadística descriptiva y ANVA de fósforo (mg dL⁻¹) sérico de hembras bovinas de carne (*Bos indicus*) por estado fisiológico

Datos estadísticos	Fósforo (mg dL ⁻¹)	
	Condición preñada (n=144)	Condición vacia (n=29)
Media	6.25	5.98
Mediana	6.40	5.8
Desviación estándar	1.04	.92
Mínimo	3.50	4.20
Máximo	7.80	7.70
Coficiente variación	16.64	15.45

ANVA = $p > 0.05$

Tabla 6 Estadística descriptiva y ANVA de calcio (mg dL⁻¹) sérico de hembras bovinas de carne (*Bos indicus*) por rango de edad

Datos estadísticos	Calcio (mg dL ⁻¹)		
	Rango de edad 1 2 a 4 años (n=52)	Rango de edad 2 5 a 7 años (n=78)	Rango de edad 3 > a 8 años (n=43)
Media	10.08	9.86	10.03
Mediana	10.30	9.80	10.00
Desviación estándar	1.33	1.27	1.27
Mínimo	7.20	7.20	7.50
Máximo	12.50	12.80	12.40
Coficiente variación	13.22	12.91	12.7

ANVA = $p > 0.05$ por rango de edad

Tabla 7 Estadística descriptiva y ANVA de calcio (mg dL⁻¹) sérico de hembras bovinas de carnes (*Bos indicus*) por condición reproductiva

Datos estadísticos	Calcio (mg dL ⁻¹)	
	Condición preñada (n=144)	Condición vacia (n=29)
Media	9.97	9.97
Mediana	10.00	10.10
Desviación estándar	1.31	1.20
Mínimo	7.20	7.50
Máximo	12.80	12.10
Coficiente variación	13.13	12.01

ANVA = $p > 0.05$

Tabla 8 Rangos de referencia de magnesio, fósforo y calcio sérico de hembras bovinas de carne (*Bos indicus*) San Borja, Beni Bolivia

	Magnesio (mg dL ⁻¹) $p > 0.05$	Fósforo (mg dL ⁻¹) $p < 0.05$		Calcio (mg dL ⁻¹) $p > 0.05$
		Rango de edad 2 a 4 años	Rango de edad \geq a 5 años	
Media	2.40	6.53	6.06	9.97
D.E.	.46	1.02	1.07	1.29
Media - 2D.E.	1.48	4.49	3.93	7.39
Media + 2D.E.	3.32	8.57	8.19	12.55
Valor de referencia (Rango)	1.5 -3.3	4.5 - 8.6	3.9 - 8.2	7.4 - 12.6

Una vez que se verificó las medidas de tendencia central, curtosis, coeficiente de asimetría y ANVA, de estable los valores de referencia con 2 DE con un porcentaje de confiabilidad del 95 % para Mg se declara un solo rango de 1.5 a 3.3 mg dL⁻¹ valor sin considerar rango de edad ni condición reproductiva ($p>0.05$). En P se declara 2 valores de rango por grupo etario, ($p<0.05$) con la prueba de comparación de medias Duncan el grupo etario 1 es el que mayor concentración del mineral presenta, 4.5 a 8.6 mg dL⁻¹ para hembras bovinas de 2 a 4 años y 3.9 a 8.2 de \geq a 5 años. Para Ca se declara un solo rango ($p>0.05$) de 7.4 a 12.6 mg dL⁻¹ (Tabla 8).

Discusión

Los valores de los macrominerales (Mg, P y Ca), tuvieron una similitud entre las medidas de tendencia central (media, mediana y moda), Estos valores indican que la distribución de los datos fue simétrica y no está sesgada por valores atípicos extremos; se observó que la mayoría de los animales presentaron concentraciones que se agrupan estrechamente alrededor del valor central. La curtosis y coeficiente de asimetría fue menor a ± 1 , cercanos a 0, lo que dio una curva de Gauss casi normal (Tabla 1)¹⁵. Desde una perspectiva del área clínica, permitió establecer valores de referencia (rango normal) confiables para la población, beneficiando principalmente a los productores significativamente, ya que estos datos permitirán optimizar el manejo nutricional, reproductivo y sanitario del hato.

La concentración de Mg en SSHBC por rango de edad (Tabla 2), fueron similares (2.45, 2.41, 2.31 mg dL⁻¹) ($p>0.05$), datos que ingresarían a los rangos de referencia reportados, (1.4 ± 0.44 mmol/L = 3.40 ± 1.07 mg dL⁻¹) para hembras bovinas *B. indicus* en Colombia¹⁶. En un trabajo realizado en vacas

Nelore bolivianas (*B. indicus*) reportaron valores por grupo etario: Mg sérico 2 mg dL⁻¹ para adultas multíparas de 10 a 15 años y 1.9 mg dL⁻¹ para jóvenes primerizas de 3 a 4 años en Santa Cruz Bolivia¹⁷.

Se entiende que el Mg cumple un papel muy importante en la transmisión y actividad neuromuscular, considerado como elemento fundamental para el normal funcionamiento de varios sistemas enzimáticos y crecimiento de la estructura ósea¹⁸. Es así, que los valores de este mineral cubrirían las necesidades para satisfacer las funciones vitales. Los terneros y las vacas paridas pueden ser más susceptibles a la deficiencia de Mg, cuyos requerimientos varían entre terneros (6 mg/día), animales en crecimiento (30 mg/día), vacas gestantes (20 mg/día) y en lactancia (40 mg/día)¹⁹, estos requerimientos serían satisfechos de acuerdo a su manejo nutricional en el establecimiento ganadero y que se reflejó en los resultados.

Sabemos que el Mg se absorbe principalmente en el rumen y es disminuido por el efecto del K y potenciado por el Na. Su requerimiento en vacas paridas y animales en crecimiento, deben ser cubiertos directamente por el Mg presente en las pasturas²⁰, su nivel sérico fue (1.8 a 2.4 mg dL⁻¹)¹⁸. Valores inferiores a 1.0 a 1.2 mg dL⁻¹ expresarían deficiencias, estas se corregirían con suplementos minerales con el 1 al 3 % de Mg²⁰.

La concentración Mg SSHBC por condición reproductiva, manifestó que no existe diferencia estadística ($p>0.05$) los valores en preñadas fue 2.42 mg dL⁻¹ y en vacías 2.26 mg dL⁻¹ (Tabla 3), valores que se asemejan a los reportados por Villa et al.¹⁶. Las vacas preñadas requieren un incremento de Mg, en nuestro estudio, se observó una media de 2.42 mg dL⁻¹, favorable para el crecimiento y desarrollo fetal, por lo que es necesario su control, y evaluación de su concentración sérica, para evitar la hipomagnesemia, que

podría presentarse inclusive con niveles de Mg próximos a la normalidad, y está constantemente asociada con hipocalcemia²⁰.

Dentro las categorías de un plantel bovino, las más afectadas fueron las hembras de primer parto, cuyos requerimientos son mayores, los datos en nuestro trabajo tuvieron, una media de 2.45 mg dL⁻¹ y las menos exigentes fueron las vacas multíparas mayores a 8 años 2.31 mg dL⁻¹. La gestación y/o lactancia aumentan la demanda del mineral, incrementando la susceptibilidad de esta categoría a procesos patológicos post parto²¹.

Las concentraciones de P en SSHBC por rango de edad (Tabla 4), de 2 a 4 años presentaron valores de 6.53 mg dL⁻¹, en el rango de edad 2 y 3, sus valores fueron similares (6.07 y 6.04 mg dL⁻¹). En Santa Cruz, Bolivia, reportaron valores de P igual a 5.7±0.1 mg dL⁻¹ en hembras menores a 4 años, en hembras adultas mayores a 10 años (5.2±0.1 mg dL⁻¹)¹⁷, se observó que animales jóvenes tienen mayor concentración de P sérico, esto se debe a que aun su organismo no experimenta gestaciones continuas que podrían afectar dichas concentraciones. Son considerados valores normales de P de 6 a 8 mg dL⁻¹ en rumiantes jóvenes en crecimiento y de 4.5 a 6 mg dL⁻¹ en rumiantes adultos, valores inferiores a 4.5 mg dL⁻¹ son indicativos de deficiencia de fósforo en vacunos²².

El fósforo es considerado como el mineral más deficiente en bovinos a pastoreo, su deficiencia provocaría una disminución en la ganancia de peso, caída de la producción de leche y baja performance reproductiva que se confunde fácilmente con una subalimentación. En casos severos, además produce alteraciones en la estructura ósea y dientes (raquitismo y osteomalacia)²².

El fósforo, forma parte del 95 % de las reacciones de transferencia y utilización de energía influyendo

principalmente en la ganancia diaria de peso, y está relacionado con el inicio de la pubertad. Asimismo, las gónadas femeninas son exigentes en fósforo, por lo tanto, estados carenciales retrasarían el inicio de la actividad ovárica y casos extremos su deficiencia podría comprometer de forma permanente la funcionalidad de los órganos reproductivos²³.

La concentración fósforo SSHBC por condición reproductiva, los resultados señalan que no existe diferencia estadística ($p>0.05$) con valores, en preñadas es 6.25 mg dL⁻¹ y en vacías es 5.98 mg dL⁻¹ (Tabla 5).

Las concentraciones de fósforo exigidas por las hembras bovinas de carne, varían según la edad y el estado fisiológico, pero en general, los animales en desarrollo y los que se encuentran en lactancia tienen mayores exigencias que las vacas adultas secas. Para ganado de carne en engorde y crecimiento, se sugiere entre 0.12 y 0.18 % de fósforo en la materia seca (MS), mientras que las vacas de cría en lactancia pueden requerir 0.14 y 0.20 % de MS y las vacas preñadas en el último tercio de gestación pueden requerir 0.16 a 0.17 % de MS²².

Las concentraciones de Ca en SSHBC por rango de edad y condición reproductiva (Tabla 6 y 7). Los resultados ingresarían dentro de los valores (10.02±0.84 mg dL⁻¹)¹⁶.

Las concentraciones normales de Ca en vacas aparentemente sanas suelen estar en promedio, 8 a 10.6 mg dL⁻¹, estos rangos pueden variar por el estado fisiológico, la edad no es factor específico que determine la concentración, otros factores como el crecimiento, la preñez, y por último el parto son los que verdaderamente influyen en los niveles de Ca. Las vaquillonas de carne en crecimiento o las vacas adultas necesitan alrededor de 6 a 8 g kg⁻¹ de calcio en su dieta, aunque los valores séricos puedan variar en hembras ya en producción o con alguna necesidad metabólica más altas²⁴.

Es importante mencionar que el sistema óseo constituye la reserva natural de Ca en los organismos vivos, desde estas estructuras es movilizado todo el tiempo, con un valor sérico normal de 10 a 12 mg dL⁻¹, regulado por un sistema endocrino²⁵.

Se determinaron los valores de referencia en SSHBC muestreadas en San Borja Beni Bolivia para los macrominerales con 2 DE: Para Mg se declara un solo rango normal 1.5 a 3.3 mg dL⁻¹, sin considerar grupo etario y condición reproductiva, debido a que estadísticamente no existió diferencia significativa. Para P se declara valores por grupo etario ($p < 0.05$), animales jóvenes (2 a 4 años) 4.5 - 8.6 mg dL⁻¹ y 3.9 - 8.2 mg dL⁻¹ animales adultos de 5 años a 12 años (Tabla 8). Estos valores permitirán diagnosticar deficiencias subclínicas, interpretaciones confiables de los análisis de los macrominerales, nos ayudará a optimizar el manejo nutricional, mejorará la eficiencia reproductiva y generación de datos locales y específicos.

En consecuencia, estos macrominerales Mg, P y Ca, se constituyen en una herramienta más precisa para evaluar el estado metabólico-mineral y prevenir trastornos asociados a alteraciones subclínicas en sistemas de producción tropicales, además que, esta evaluación es un punto de partida que nos permitirá dar pautas al desempeño productivo y reproductivo de *B. indicus*, una especie que en la zona de estudio es la fuente de carne e ingresos para los productores de la zona.

Fuente de financiamiento

Este estudio fue financiado con recursos propios de los investigadores.

Conflictos de intereses

El presente artículo fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaran que no

existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

Agradecimientos

Agradecemos a la asociación de Ganaderos de San Borja y a los propietarios de la estancia “Curiraba”, Beni, Bolivia. Agradecemos al Centro Experimental de Cota Cota y a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Agronomía por apoyarnos con el laboratorio SEDILAV.

Consideraciones éticas

Los animales fueron sometidos a sujeción y la extracción de sangre fue sin causar dolor o sufrimiento, se realizó de acuerdo a las normas vigentes (Ley de protección y bienestar animal, Ley 700 del 2015).

Aporte de los autores en el artículo

Marcelina Condori Ticona, desarrolló el proyecto de investigación, procesamiento analítico de los sueros sanguíneos y control de calidad, toma de las muestras sanguíneas, redacción, revisión y edición e interpretación de los resultados, preparación del borrador original, elaboración del artículo. *Rodrigo Juan Aliaga Álvarez*, desarrolló la selección de los animales aparentemente sanos a través del diagnóstico clínico y procedimientos de auscultación, toma de muestras sanguíneas, redacción, revisión y edición e interpretación de los resultados, preparación del borrador original, elaboración del artículo. *Carlos Alejandro Palma Dávila*, desarrollo la selección de los animales aparentemente sanos a través del diagnóstico clínico y procedimientos de auscultación, toma de muestras sanguíneas, redacción, revisión y edición e interpretación de los resultados, preparación del borrador original, elaboración del artículo.

Limitaciones en la investigación

Los autores señalan que no hubo limitaciones en el presente trabajo de investigación

Acceso a los datos

Los datos e información de esta investigación están presente en el artículo

Consentimiento para la publicación

Los autores, una vez concluida la investigación, hemos decidido en consenso la publicación.

Uso de la inteligencia artificial

Los borradores iniciales de la sección de discusión y artículos bibliográficos, fueron consultados a ChatGPT, y posteriormente revisados y editados por los autores para garantizar la precisión, coherencia y adecuación al contexto de la investigación

Literatura citada

1. Aguilera Guzmán R, Moreno Bazán A. Compendio Ganadero [Internet]. Beni: Federación de Ganaderos del Beni; 2018 [Citado 6 de marzo de 2025]. Recuperado a partir de: <https://fegabeni.com.bo/wp-content/uploads/2022/05/COMPEN-DIO%20GANADERO%20FEGABENI.pdf>
2. Mokolopi BG. Phosphorus, calcium, and magnesium contents of pasture and their effect on body condition scores and body mass of communal cattle depending on natural pasture of Mogosane Village, of the North-West Province, South Africa. *Trop Anim Health Prod* 2019;51(7):2067-71. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01908-z>. PMID: 31165433; PMCID: PMC6695353.
3. Albornoz L, Albornoz JP, Cruz JC, Fidalgo LE, Espino L, Morales M et al. Estudio comparativo de los niveles de Calcio, Fosforo y Magnesio durante el periparto en vacas lecheras en diferentes sistemas de producción en Uruguay y España. *Veterinaria (Montev.)* 2017;53(205):4-12.
4. Bauer D, Rush I, Rasby R. Minerales y vitaminas en bovinos de carne. En: Bavera GA, editor. *Minerales: Fisiología, Suplementación e Intoxicación* [Internet]. Córdoba: Sitio Argentino de Producción Animal; 2018. p. 1-18. Recuperado a partir de: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf
5. National Research Council, Committee on Animal Nutrition & Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. Minerals. In: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, editors. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* [Internet]. Washington DC: National Academies Press; 2001. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK600600/>
6. Djoković R, Cincović M, Kurčubić V, Ilić Z, Petrović MD, Petrović M, et al. Determination of blood serum calcium, inorganic phosphorus and magnesium in different productive stages of Holstein dairy cows. *Vet Glas* 2019;73(1):10-6. DOI: <https://doi.org/10.2298/VETGL180226008D>
7. Manopriya S, Aberathna AAAU, Satharasinghe DA, Jayasooriya LJPAP, Mantilaka MMMGPG, Fernando CAN, et al. Importance of phosphorus in farm animals. *Iran J Appl Anim Sci* 2022;12(2): 203-10.
8. Pittaluga O. Rol de los minerales en la producción de bovinos de carne de Uruguay [Internet]. Tacuarembó: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria; 2009 [citado 05 de enero de 2025]. 12 p. Recuperado a partir de: <https://share.google/123ZXRjTGep7vqJzX>

9. Plan de Desarrollo Municipal de San Borja 2007-2011 [Internet]. Beni: Gobierno Municipal Autónomo de San Borja; 2006 [citado 16 de febrero de 2025]. 102 p. Recuperado a partir de: <https://es.slideshare.net/slideshow/pdm-san-borja/13340601>
10. Manterola C, Otzen T. Estudios observacionales: Los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. *Int J Morphol* 2014;32(2):634-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000200042>
11. Seravalli G, Morales J, Rojas O. Sistema de evaluación para la condición corporal en bovinos de carne de pastoreo tropical y sus implicaciones con fertilidad [Internet]. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería; 1993 [citado 7 de mayo de 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0363.pdf>
12. Calcio OCC [Internet]. Barcelona: Linear Chemicals, S.L.U; 2025 [citado 2 de febrero de 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.linear.es/ficheros/archivos/1115000C%20Rev.%2003.pdf>
13. Fosforo [Internet]. Barcelona: Linear Chemicals, S.L.U; 2025 [citado 2 de febrero de 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.linear.es/wp-content/uploads/2018/03/1149010C-Rev.-02.pdf>
14. Magnesio MR [Internet]. Barcelona: Linear Chemicals, S.L.U; 2025 [citado 2 de febrero de 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.linear.es/wp-content/uploads/2018/03/1144005C-Rev.-02.pdf>
15. Testing normality including skewness and kurtosis [Internet]. University of Cambridge. 2018 [cited February 21, 2025]. Retrieved from: <https://imaging.mrc-cbu.cam.ac.uk/statswiki/FAQ/Simon#:~:text=The%20values%20for%20asymmetry%20and,between%20%20E2%80%907%20to%20+7>
16. Villa NA, Ceballos A, Ceron D, Serna CA. Valores bioquímicos sanguíneos en hembras Brahman bajo condiciones de pastoreo. *Pesq Agropec Bras* 1999;34(12):2339-43. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001200021>
17. Ikeda A, Marini PR. Macromineral in Nelore cows of different ages from the bolivian tropics. *J Biomed Sci Res* 2024;54(3):45874-6. DOI: <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2024.54.008548>
18. Estudios de la Nutrición Mineral de los Bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 2. Magnesio, Potasio y Sodio [Internet]. Chaco: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; 1989 [citado 08 de abril de 2025]. 9 p. Recuperado a partir de: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/193-magnesio_potasio_sodio.pdf
19. Fernández Mayer A. Magnesio: Factores predisponentes, requerimiento, metabolismo, hipomagnesemia [internet]. Buenos Aires: Consultora Internacional de Producción y Nutrición de bovinos de carne y leche; 2023 [citado 7 de mayo de 2025] Recuperado a partir de: <https://nutriciondebovinos.ar/wp-content/uploads/2023/10/Magnesio-requerimientos-metabolismo-e-hipomagnesemia.pdf>
20. Mufarrege D. El magnesio en la alimentación del ganado bovino para carne En: Bavera GA, editor. *Minerales: Fisiología, Suplementación e Intoxicación* [Internet]. Cordoba: Sitio Argentino de Producción Animal; 2018. p. 1-3. Recuperado a partir de: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf
21. Fernández E, Lobo JI. Magnesemia en vacas de cría gestantes recibiendo Magne40 de Casaro [Internet]. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2019 [citado 10 de abril de 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.casaroycia.com.ar/informe-de-inta-magnesemia-en-vacas-de-cria-gestantes-magne40-de-casaro/>

22. Soto C, Reinoso V. Suplementación con fósforo en ganado de carne a pastoreo Rev Electrón Vet [Internet]. 2012 [citado 11 de abril de 2025]. Recuperado a partir de: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/172-fosforo_suplementacion.pdf
23. Miranda López S, González D, Rojas N, Villalobos G. Concentraciones sanguíneas de calcio, fósforo y magnesio en Mautas Mestizas (*Taurus-Indicus*) suplementadas estratégicamente durante el periodo peripuberal. Rev Cient (Maracaibo) 2006; 16(3):264-72.
24. Arechiga-Flores CF, Cortés-Vidaury Z, Hernández-Briano P, Lozano-Domínguez RR, López-Carlos MA, Macías-Cruz U, et al. La hipocalcemia en la vaca lechera. revisión. Rev Mex de Cienc Pecuarias 2022;13(4):1025-154. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.5277>
25. Mufarrege DJ. El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne En: Bavera GA, editor. Minerales: Fisiología, Suplementación e Intoxicación [Internet]. Córdoba: Sitio Argentino de Producción Animal; 2018. p. 1-5. Recuperado a partir de: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAS). Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.