

Nutrientes minerales y su relación suelo – planta – animal en praderas de Bolívar-Guaranda – Ecuador

Mineral nutrients and their soil - plant - animal relationship in the grasslands of Bolívar- Guaranda - Ecuador

Oswaldo Amangandi Sinchipa ¹[0000-0001-7668-3299], Franklin Román Cárdenas ¹ [0000-0003-4382-5558],
Byron Díaz Monroy ²[0000-0003-3721-7994] Carlos Fabio Ruiz Paspuel ³[0000-0002-4766-2218]

¹Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Laguacoto II Km 1
1/2 Vía a San Simón. CP EC020103. Guaranda. Bolívar. Ecuador

²Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Panamericana Sur Km 1,5. CP EC060104. Riobamba.
Chimborazo. Ecuador

³IMPVET Cia. Ltda. . km 4.5 vía a Daule. CP EC090610. Guayaquil. Guayas. Ecuador

¹oswaldo.amangandi@ueb.edu.ec, ¹froman@ueb.edu.ec,
²bdiaz@esPOCH.edu.ec, ³carlosfruijp@gmail.com

CITA EN APA:

Amangandi Sinchipa, O., Román Cárdenas, F., Díaz Monroy, B., & Ruiz Paspuel, C. F. (2023). Nutrientes minerales y su relación suelo – planta – animal en praderas de Bolívar- Guaranda – Ecuador. *Tesla Revista Científica*, 3(1), e162. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e166>

Recibido: 2023-01-15

Revisado: 2023-01-22 al 2023-02-11

Corregido: 2023-02-20

Aceptado: 2023-02-24

Publicado: 2023-03-10

TESLA

Revista Científica
ISSN: 2796-9320



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

Resumen. Los tejidos animales y vegetales contienen una gran variedad de cantidades y proporciones de elementos minerales indispensables para los procesos biológicos, en la presente investigación se determinaron las concentraciones de: calcio Ca, fósforo P, potasio K, magnesio Mg y hierro Fe en suelo – planta – animal, manganeso Mn, cobre Cu y zinc Zn en suelo – planta, para esto se colectó y analizó muestras de suelo y forraje de 12 unidades pecuarias y 26 muestras de suero sanguíneo procedente de vacas lecheras en primera etapa de lactancia, los resultados se obtuvieron mediante estadística descriptiva y análisis de correlación, en el forraje se determinaron concentraciones bajas de los minerales analizados a excepción del Fe, en suero sanguíneo concentraciones bajas de minerales, se encontró correlación directa para Ca, P y K entre suelo y planta; una correlación lineal entre planta y animal para Mg y Fe; y una correlación no lineal entre planta y animal con una ligera tendencia positiva.

Palabras Clave: Elementos nutricionales, Relación nutricional, perfil nutricional
Abstract: Heart Animal and plant tissues contain a wide variety of amounts and proportions of mineral elements essential for biological processes In the present investigation, the concentrations of: calcium Ca, phosphorus P, potassium K, magnesium Mg and iron Fe were determined, in soil – plant – animal, manganese Mn, copper Cu and zinc Zn in soil – plant, for this, soil and forage samples from 12 livestock units and 26 blood serum samples from dairy cows in the first stage of lactation were collected and analyzed, the results were obtained through descriptive statistics and correlation analysis, low concentrations of the analyzed minerals were determined in the forage, except for Fe, low concentrations of minerals in blood serum, direct correlation was found for Ca, P and K between soil and plant ; a linear correlation between plant and animal for Mg and Fe; and a non-linear correlation between plant and animal with a slight positive trend

Keywords: Nutritional elements, nutritional relationship, nutritional profile

INTRODUCCIÓN

Después de casi un siglo de desarrollo, un número creciente de estudios ha demostrado que la mayoría de las enfermedades crónicas son causadas por deficiencias de uno o varios nutrientes,) o una dieta desequilibrada (1). Con la aplicación de la biología molecular a estudios del metabolismo y la función de los minerales, y los complejos mecanismos por los cuales los minerales son transportado de forma segura

a través de las membranas celulares e incorporados en moléculas intracelulares funcionales comenzaron a aclararse (2). Diferentes genes controlan el transporte, pueden activarse y desactivarse en deficiencias o incrementos de concentraciones, llegando a afectar los procesos biológicos, determinar estos elementos en matrices alimentarias contribuyen a la caracterización de la calidad de los alimentos y a la adecuación de la dieta (3)

Los minerales en los animales y humanos tienen diferentes funciones, tres diferentes se le atribuyen al zinc: funciones catalíticas, estructurales y reguladoras. Muchas enzimas requieren zinc como catalizador, tales como oxidorreductasas, transferasas, hidrolasas, lisasas, isomerasas y ligasas (3), el calcio es vital para la salud de los huesos y dientes, junto con el fósforo aporta rigidez y forma a estas estructuras (5) también juega un papel fundamental en la transferencia de información entre células y en la transmisión de impulsos nerviosos. Las principales funciones del K en el cuerpo humano y animal son: mantener el equilibrio hídrico, mantener la presión osmótica, mantener el equilibrio ácido-base, activar las enzimas, ayudar a metabolizar los carbohidratos y las proteínas, regular la actividad neuromuscular (junto con el Ca), ayudar a regular los latidos del corazón (6). El magnesio (Mg) mejora notablemente la digestibilidad del alimento. En vacas y cerdas ha mejorado la reproducción y acortado el período de servicio. En pollos de engorde aumentó la ganancia de peso y ha aumentado la producción de huevos de las gallinas ponedoras (7) Con el Fe están relacionadas enfermedades, como el cáncer, los trastornos neurodegenerativos, las infecciones y las enfermedades inflamatorias (8-9)

En las plantas los minerales cumplen funciones también variadas así el K es importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, funciones vitales del organismo vegetal, incluida la regulación de la fotosíntesis (10) La regulación osmótica de la actividad de los estomas y la transpiración (11-12) el crecimiento y el desarrollo, el calcio mejora en el crecimiento de raíces, El zinc interviene en la síntesis de ciertas proteínas, en la producción de la hormona del crecimiento y la elongación de los entrenudos (13).

Las vacas lecheras de alta producción tienen mayores requerimientos de energía asociados con la producción de leche (14), los minerales están involucrados en funciones estructurales, fisiológicas, catalíticas y reguladoras en animales, en este sentido es posible que las dietas no contengan cantidades adecuadas de minerales específicos para cumplir con los requisitos de los animales, es posible que los minerales en el alimento no se encuentren en una forma biológicamente disponible, o que los factores antinutricionales pueden reducir la proporción total del nutriente en un alimento que está disponible para su uso en funciones corporales normales. Además, los requisitos de minerales varían a lo largo del ciclo de vida del animal (15)

Al ser los minerales nutrientes necesarios para mantener la vida, la carencia de alguno de ellos debe ser cubierta mediante la provisión de alimentos que lo contenga de manera suficiente y en estado disponible de forma directa o mediante suplementos, es ahí cuando surge la necesidad de realizar la investigación que permita la determinación mediante análisis de laboratorio a través de perfiles metabólicos de minerales para conocer sus concentraciones sanguíneas, mismas que serán instrumentos de ayuda para facilitar la

toma de decisiones en el manejo nutricional y pueda el productor alcanzar niveles de eficiencia en la producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Comunidad Santa Rosa de Quinua Corral del Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, a 2.668 msnm, se recolectaron muestras de suelo y forraje de 12 unidades pecuarias y 26 muestras de suero sanguíneo de vacas lecheras en primera etapa de lactancia. Las muestras de suelo se recolectaron según el protocolo descrito por López - Aguilar (16), el nitrógeno (N), por el método volumétrico, el fósforo mediante colorimetría, el potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y hierro (Fe) por espectrofotometría de absorción atómica.

El valor nutricional primario y la disponibilidad de pasturas existentes en la zona; la cantidad de forraje se estimó mediante la técnica de Haydock y Shaw, (17); para lo que se recolectaron las partes de la planta que el animal consumía durante el pastoreo, estas muestras fueron procesadas según las recomendaciones de Fick et al, (18); para el análisis de los minerales en el forraje, el P se determinó por colorimetría; Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Mn y Fe por espectrofotometría de absorción atómica. Para la determinación del perfil mineral (Ca, P, Mg, Na, K, Cl y Fe) se utilizó suero sanguíneo de vacas en producción, para lo que se colectaron muestras de sangre de vacas en la primera etapa de lactancia de una edad de entre 3 a 5 años, las muestras de sangre se obtuvieron con tubos y agujas vacutainer por punción directa de la vena coccígea, luego fue centrifugada a 3000 rpm y conservada a 4°C hasta su análisis mediante espectrofotometría de absorción atómica en el laboratorio.

RESULTADOS

3.1. Contenido de los principales minerales en el suelo de cultivo de la comunidad Santa Rosa de Quinua Corral del Cantón Guaranda

En la siguiente tabla se dan a conocer los valores obtenidos, porcentajes, concentración de los diferentes elementos (tabla 1)

Tabla 1. Contenido de los principales minerales en el suelo de cultivo de la comunidad Santa Rosa de Quinua Corral del Cantón Guaranda

Características	N	Parámetro						
		Media	EE	Varianza	Rango	Máximo	Mínimo	CV %
Nitrógeno (N), %	36	0,84	0,02	0,01	0,45	1,10	0,65	2,38
Calcio (Ca), ppm	36	5,80	0,46	7,54	11,77	12,56	0,79	7,93
Fosforo (P), mg/kg	36	5,34	0,25	2,27	5,68	8,69	3,01	4,68
Potasio (K), ppm	36	0,14	0,01	0,00	0,25	0,28	0,03	7,14
Magnesio (Mg), ppm	36	1,14	0,07	0,16	1,69	2,09	0,40	6,14
Hierro (Fe), mg/kg	36	51,72	1,30	60,65	33,61	66,36	32,75	2,51
Manganeso (Mn), mg/kg	36	29,13	1,84	121,65	48,33	58,42	10,09	6,32
Cobre (Cu), mg/kg	36	8,40	0,16	0,96	3,89	9,83	5,94	1,90

Zinc (Zn), mg/kg	36	7,21	0,34	4,11	9,11	13,07	3,96	4,72
Materia Orgánica, %	36	16,75	0,33	3,87	8,77	21,84	13,07	1,97
pH	36	5,77	0,03	0,04	0,77	6,18	5,41	0,52

Nota: EE: Error estándar. CV: Coeficiente de variación

3.2. Composición de mezclas forrajeras

Al evaluar la composición botánica de los cultivos forrajeros, se determinó que el 22,08 % de la mezcla forrajera de los pastizales estuvo compuesto por *Bromus inermis*, el 2,50 % por *Poa pratensis*, el 16,25 % de *Holcus lanatus*, mientras que el 38,75 % de la mezcla forrajera tuvo presencia de *Dactylis glomerata*, finalmente el 13,75 y 6,67 % de la mezcla forrajera estuvo representado por *Lolium perenne* y *Trifolium repens*.

Tabla 1. Composición botánica de los cultivos forrajeros

Composición Botánica	Proporción (%)
<i>Bromus inermis</i>	22,08
<i>Poa pratensis</i>	2,50
<i>Holcus lanatus</i>	16,25
<i>Dactylis glomerata</i>	38,75
<i>Lolium perenne</i>	13,75
<i>Trifolium repens</i>	6,67
Total	100,00

3.3. Contenido mineral de mezclas forrajeras

El contenido mineral de las mezclas forrajeras del sector se lo expresa en la tabla 3

Tabla 3. El contenido mineral de las mezclas forrajeras del sector

Características	N	Parámetro						
		Media	EE	Varianza	Rango	Máximo	Mínimo	CV %
Calcio (Ca), %	36	0,32	0,02	0,01	0,54	0,69	0,15	6,23
Fosforo (P), %	36	0,18	0,01	0,00	0,15	0,26	0,11	3,57
Potasio (K), %	36	2,03	0,07	0,20	1,73	2,87	1,14	3,66
Magnesio (Mg), %	36	0,14	0,01	0,00	0,15	0,23	0,08	4,37
Hierro (Fe), mg/kg	36	80,03	6,93	1730,35	166,53	198,72	32,19	8,66
Manganeso (Mn), mg/kg	36	196,77	12,11	5276,69	263,16	336,55	73,39	6,15
Cobre (Cu), mg/kg	36	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
Zinc (Zn), mg/kg	36	0,30	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,00

3.4. Evaluación del perfil mineral en suero de vacas

Los valores obtenidos se detallan en la tabla 4

Tabla 4. Perfil mineral en suero de vacas en producción

Características	n	Parámetro						
		Media	EE	Varianza	Rango	Máximo	Mínimo	CV %

Nitrógeno ureico (N), mg/dl	78	14,14	0,33	8,58	13,11	20,14	7,03	2,34
Calcio (Ca), mg/dl	78	8,12	0,12	1,21	5,76	11,56	5,80	1,54
Fosforo (P), mg/dl	78	8,07	0,27	5,77	11,11	13,10	1,99	3,37
Potasio (K), mmol/l	78	5,26	0,08	0,56	3,46	6,88	3,42	1,61
Magnesio (Mg), mg/dl	78	2,69	0,05	0,17	1,64	3,52	1,88	1,72
Hierro (Fe), ug/dl	78	139,65	5,08	2013,58	251,39	224,91	26,48	3,64
Cloro (Cl), meq/l	78	101,69	0,34	8,95	13,66	108,33	94,67	0,33
Sodio (Na), mmol/l	78	134,38	0,77	45,65	36,52	156,26	119,74	0,57

Nota: EE: Error estándar. CV: Coeficiente de variación

3.5. Análisis de correlación del círculo nutricional mineral, suelo- planta-animal

El contenido de calcio en el círculo nutricional suelo, planta, vaca presentó diferentes niveles de correlación positiva destacando la correlación existente entre el suelo y la planta que fue de 0,324, lo que significa que el contenido de calcio determinado en el suelo y la planta tienen una relación lineal positiva. **El del fósforo** presentó diferentes niveles de correlación positiva sin embargo a pesar de no resultar significativa, se aprecia cierta tendencia positiva de relación en el contenido de fósforo determinado en el suelo y la planta.

Tabla 2. Correlación del círculo nutricional del calcio y fosforo (suelo, planta, animal)

		Matriz de Correlación de contenido de					
		Ca			P		
		Suelo	Vaca	Planta	Suelo	Planta	Vaca
Suelo	Pearson	1	0,258	0,324	1	0,171	0,257
	Sig.		0,129	0,050 *		0,32	0,131
Vaca	Pearson		1	0,101			1
	Sig.			0,56			
Planta	Pearson			1		1	0,203
	Sig.						0,236

Nota: **. Correlación significativa al nivel 0.01

*. Correlación significativa al nivel 0.05

El contenido de potasio en el círculo nutricional presentó diferentes niveles de correlación positiva destacando la correlación existente entre el suelo y la planta que fue de 0,719, lo que significa que el contenido de potasio determinado en el suelo y la planta tienen una relación lineal positiva muy significativa, el magnesio presentó diferentes niveles de correlación positiva destacando la correlación existente entre el suelo y la planta que fue de 0,454, el del hierro presentó diferentes niveles de correlación alcanzando un valor de 0,608, lo que significa una relación lineal positiva altamente significativa.

Tabla 7. Correlación del círculo nutricional del K, Mg, Fe

		Matriz de Correlación de contenido de								
		Mg			K			Fe		
		Suelo	Planta	Vaca	Suelo	Planta	Vaca	Suelo	Planta	Vaca
Suelo	Pearson	1	0,454 **	0,633 **	1	0,719 **	0,124	1	0,277	0,608 **

	Sig.	0,005	0	0	0,469	0,102	0
Planta	Pearson	1	0,391*	1	0,276	1	-0,261
	Sig.		0,018		0,103		0,123
Vaca	Pearson		1		1		1
	Sig.						

Nota: **. Correlación significativa al nivel 0.01

*. Correlación significativa al nivel 0.05

Discusión

Minerales en el suelo

En nuestro estudio el contenido de nitrógeno, registró una media de $0,84+0,02$ %, alcanzando un valor máximo de 1,10 % y un mínimo de 0,65 %, la investigación de Balarezo, L. (19), sobre contenido mineral del suelo y pastos de la región andina de Ecuador, determinó un contenido máximo de nitrógeno de 60% e indica que el tipo de suelo es alto en Nitrógeno. Con relación al contenido de calcio, el estudio determinó una media de $5,80+0,46$ ppm, alcanzando un valor máximo de 12,56 ppm y un mínimo de 0,79 ppm, **el contenido de fósforo**, presentó una media de $5,34\pm 0,25$ mg/Kg, alcanzando un valor máximo de 8,69 mg/Kg y un mínimo de 3,01 mg/Kg, **Barrios, M.** (20), en su investigación sobre el efecto de una suplementación mineral en vacunos doble propósito de fincas deficientes en fósforo edáfico, determinando que un contenido mínimo de fósforo de 0,91 e indica que el tipo de suelo es bajo en fosforo.

El contenido de potasio, alcanzó una media de $0,14\pm 0,01$ ppm, determinándose un valor máximo de 0,28 ppm y un mínimo de 0,03 ppm, IPNI (21), investigando refiere que el nivel mínimo absoluto de K es de alrededor de 0.10 ppm pero puede variar de 0.07 a 0.20 ppm dependiendo de la clase de suelos y plantas, **el contenido de magnesio**, registró una media de $1,14+0,07$ ppm, determinándose un valor máximo de 2,09 ppm y un mínimo de 0,40 ppm, Cabrera E (22), en su investigación encontró niveles bajos en los forrajes, la insuficiencia de este mineral propicia la hipomagnesemia en ganado en pastoreo. **El contenido de hierro** mostró una media de $51,72+1,30$ mg/Kg, presentándose un valor máximo de 66,36 mg/Kg y un mínimo de 32,75 mg/Kg, Reinoso A. (23), en un estudio en Cayambe y Pedro Moncayo, determinó un contenido alto de hierro

El contenido de manganeso, registró una media de $29,13+1,84$ mg/Kg, determinándose un valor máximo de 58,42 mg/Kg y un mínimo de 10,09 mg/Kg. (Roca & Mabel, (24), en su investigación sobre disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del no argentino; encontró mínimos de manganeso en suelos con niveles de Mn altos de 20 mg/kg. (Roca & Mabel, (24). **El contenido de cobre**, presentó una media de $8,40\pm 0,16$ mg/Kg, alcanzándose un valor máximo de 9,83 mg/Kg y un mínimo de 5,94 mg/Kg, Graña, M. (25), en su investigación concluye que la concentración media de cobre en la corteza terrestre se encuentra en un rango de variación comprendido entre los 24-55 mg/kg, y que la cantidad media de Cu total en los suelos oscila entre 20-30 mg/kg.

Con relación al contenido de zinc, presentó una media de $7,21+0,34$ mg/Kg, presentándose un valor máximo de 13,07 mg/Kg y un mínimo de 3,96 mg/Kg, Schachtschabel, Blume, Brummer, & Hartge, (26) encontraron que el intervalo de Zn es de 10-80 mg/kg dependiendo del tipo de suelo ya que matizan que en los suelos arenosos el Zn total se encuentra entre 10-32 mg/kg

Minerales en la mezcla forrajera

El contenido de calcio en la mezcla forrajera registró una media de $0,32+0,02\%$, determinándose un valor máximo de 0,69% y un mínimo de 0,15%, Se considera que un forraje es deficiente en Ca cuando presenta una concentración menor al 0.24% y que el contenido es alto cuando es superior al 0.77% (Bernal J. E., (27)). **El contenido de fósforo** reportó una media de $0,18+0,01\%$, alcanzándose un valor máximo de 0,26% y un mínimo de 0,11%, se considera que un forraje es deficiente cuando el contenido es inferior al 0.21% y alto cuando es superior al 0.44%. (Bernal J. E., (27)). **El contenido de potasio** mostró una media de $2,03+0,07\%$, determinándose un valor máximo de 2,87% y un mínimo de 1,14%, para la mayoría de los forrajes, se considera que una planta es deficiente cuando el contenido es inferior al 1.96% y alto cuando es superior al 3.08%. (Bernal J. E., (27)). El contenido de magnesio reportó una media de $0,14+0,01\%$, presentándose un valor máximo de 0,23% y un mínimo de 0,08%, con este resultado podemos señalar que los niveles de Mg están por debajo del límite crítico (Balarezo, (19))

El contenido de hierro mostró una media de $80,03+6,93$ mg/Kg determinándose un valor máximo de 198,72 mg/Kg y un mínimo de 32,19 mg/Kg, Depablos (28) señala que los valores de Fe en el forraje fueron superiores al valor considerado limitante e inferiores a los reportados por Balarezo (19) y Morales (29), quién además manifiesta en su investigación que el contenido de Fe en el forraje fue alto en las cuatro localidades y en ambas épocas; el Fe en exceso reduce la absorción de Cu y Zn, inclusive es tóxico (NRC, (30)). El contenido de manganeso, alcanzó una media de $196,77+12,11$ mg/Kg registrándose un valor máximo de 336,55 mg/Kg y un mínimo de 73,39 mg/Kg para la concentración de Mn en el forraje se consideran altas tal como lo citado por (Bernal, (27)), quién manifiesta que, en el forraje, se considera bajo un contenido de Mn en la materia seca inferior a 48 ppm y alto cuando se encuentra en cantidades superiores a 290 ppm.

El contenido de cobre mostró una media de $0,50+0,0$ mg/Kg determinándose un valor máximo de 0,50 mg/Kg y un mínimo de 0,50 mg/Kg, se considera que el forraje es deficiente en Cu cuando las concentraciones en la materia seca son inferiores a 10 ppm y alto cuando esta cantidad es superior a 31 ppm (27). El contenido de zinc obtenido mostró una media de $0,30+0,0$ mg/Kg determinándose un valor máximo de 0,30 mg/Kg y un mínimo de 0,30 mg/Kg, con los valores obtenidos de Zn en el forraje podemos manifestar que están ligeramente por encima de los límites críticos tal como lo señalado por (Bernal, (27)) y ligeramente por encima de los datos obtenidos por Balarezo (19) durante la época seca que fue de $22,11 \pm 2,80$.

El contenido de nitrógeno, reportó una media de $14,14+0,33$ mg/dl determinándose un valor máximo de 20,14 mg/Kg y un mínimo de 7,03 mg/dl, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango

de los valores normales para las vacas lecheras tal como los datos obtenidos por (Quinteros, (31), en vacas y novillos sanos, las concentraciones de nitrógeno ureico por debajo de 7 mg/dl indican deficiencias de proteína (nitrógeno) en la dieta con relación al consumo de energía digestible. En el ganado vacuno de rápido crecimiento o las vacas lecheras de alta producción, las concentraciones de nitrógeno ureico menores de 15 mg/ dl señalan una deficiencia relativa de proteína en la dieta. Las concentraciones de nitrógeno ureico mayores de 19 a 20 mg/dl, se han asociado con una reducción de las tasas de concepción y preñez en vacas lecheras. (Hammond, (32)

Contenido de minerales en el suero sanguíneo

El contenido de calcio obtenido reportó una media de $8,12 \pm 0,12$ mg/dl registrándose un valor máximo de 11,56 mg/Kg y un mínimo de 5,80 mg/dl, los valores promedio obtenidos se encuentran dentro de los valores referenciales para vacas lecheras (NRC, (30), este promedio se encuentra dentro de lo normal según (Barros & Sinchi (33) quienes mencionan que los niveles deben oscilar entre 6.19 -7.53 mg/dl. El contenido de fósforo, mostró una media de $8,07 \pm 0,27$ mg/dl determinándose un valor máximo de 13,10 mg/Kg y un mínimo de 1,99 mg/dl., los valores obtenidos se encuentran entre los valores referenciales para vacas lecheras de 5.58 – 6.5 mg/dl (NRC, (30) estos datos están por encima de los obtenidos en vacas lactantes con valores de 5.30 ± 0.09 mg/dl en el estudio comparativo de los niveles de P durante el parto en vacas

El contenido de potasio indicó una media de $5,26 \pm 0,08$ mg/dl registrándose un valor máximo de 6,88 mg/Kg y un mínimo de 3,42 mg/dl., los valores obtenidos se encuentran entre los valores referenciales para vacas lecheras 3.90-5.80 mmol/l (NRC, (30). El contenido de magnesio obtenido registró una media de $2,69 \pm 0,05$ mg/dl determinándose un valor máximo de 3,52 mg/Kg y un mínimo de 1,88 mg/dl, los resultados obtenidos para la concentración sérica de Mg se encuentran por encima de los valores referenciales para vacas lecheras 1.8-2.31 mg/dl (NRC, (30); esto difiere con los valores encontrados por Luna, L. (34), quién manifiesta que el valor más bajo de Mg durante la lactación, respecto a la transición, podría deberse a que la investigación se realizó durante el verano, época de calor, con la consiguiente pérdida del mineral por sudoración (35)

El contenido de hierro alcanzó una media de $139,65 \pm 5,08$ mg/dl mostrándose un valor máximo de 224,91 mg/dl y un mínimo de 26,48 mg/dl, los valores de Fe en suero permanecieron por debajo del rango de referencia dato que esta corroborado por (Luna, L. (34) que fueron de 42 ug/dl; esto debido a la elevada demanda del mineral durante la secreción de leche. (Underwood, (36). El contenido de cloro mostró una media de $101,69 \pm 0,34$ mg/dl determinándose un valor máximo de 108,33 mg/Kg y un mínimo de 94,67 mg/dl, los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores referenciales para vacas lecheras 97-111 mmol/l (NRC (30) esto corroborado con los estudios realizados por Quinteros J. B., (31) quién señala que el Cl tiene un alto nivel en sangre antes del parto para luego caer al valor mínimo a partir del parto.

El contenido de sodio, indicó una media de 134,38+0,77 mg/dl determinándose un valor máximo de 156,26 mg/Kg y un mínimo de 119,74 mg/dl, los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores referenciales para vacas lecheras 132-142 mmol/l (NRC, (30)

CONCLUSIONES

En los suelos estudiados se determinó un contenido alto en N, Ca y Fe, mientras que para los minerales P, K y Mg los niveles fueron catalogados bajos, los minerales del suelo generalmente se reducen con los cultivos, siendo necesario agregar abono y materia orgánica para evitar que la fertilidad del suelo disminuya.

Los niveles de Ca, P y Mg de la mezcla forrajera están por debajo o cercanos a los límites críticos debido a una insuficiente cantidad de estos minerales en el suelo y que se relacionan directamente con las cantidades absorbidas por las plantas

Los minerales presentes en las mezclas forrajeras no cubren las necesidades para la alimentación del ganado bovino lechero, ya que existen deficiencias de calcio, fósforo y magnesio, dejándolo predispuesto a la presentación de anomalías asociadas a la deficiencia de estos elementos.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://credit.niso.org/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

Participar activamente en:	Bustos, D. E., Jiménez, M. J., Matute, D. M., & Parra, M. I.	
Conceptualización	X	X
Análisis formal	X	
Adquisición de fondos		X
Investigación	X	X
Metodología	X	X
Administración del proyecto	X	X
Recursos		X
Redacción –borrador original	X	X
Redacción –revisión y edición	X	X
La discusión de los resultados	X	X
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.	X	X

REFERENCIAS

1. Reedy, J.; Krebs-Smith, S.M.; Miller, P.E.; Liese, A.D.; Kahle, L.L.; Park, Y.; Subar, A.F. Higher Diet Quality Is Associated with Decreased Risk of All-Cause, Cardiovascular Disease, and Cancer Mortality among Older Adults. *J. Nutr.* 2014, 144, 881–889

2. O'Dell, B.L. and Sunde, R.A. (Eds.) (1997) Handbook of nutritionally essential mineral elements. Marcel Dekker Inc., New York.
3. Manzi P, Di Costanzo MG, Ritota M. Content and Nutritional Evaluation of Zinc in PDO and Traditional Italian Cheeses. *Molecules*. 2021 Oct 18;26(20):6300. doi: 10.3390/molecules26206300. PMID: 34684881; PMCID: PMC8540438.
4. Hotz, C.; Brown, K. Overview of Zinc Nutrition. *Food Nutr. Bull.* **2004**, *25*, S99–S129.
5. Galvao, J., et.al (2011) Hypercalcaemia: diagnosis and treatment options in the dog and cat. *Veterinary Focus* 21 (1): 27-34.
6. Better Crops (1998) Potassium in Animal Nutrition Vol. 82 No. 3
7. Gaál KK, Sáfár O, Gulyás L, Stadler P. Magnesium in animal nutrition. *J Am Coll Nutr.* 2004 Dec;23(6):754S-7S. doi: 10.1080/07315724.2004.10719423. PMID: 15637229.
8. Xie Y, Hou W, Song X, et al. Ferroptosis: process and function. *Cell Death Differ.* 2016;23(3):369–379
9. Stockwell BR, Friedmann Angeli JP, Bayir H, et al. Ferroptosis: a regulated cell death nexus linking metabolism, redox biology, and disease. *Cell.* 2017;171(2):273–285
10. Wang M., Zheng Q., Shen Q., Guo S. The Critical Role of K in Plant Stress Response. *Int. J. Mol. Sci.* 2013;14:7370–7390. doi: 10.3390/ijms14047370.
11. Talbot L.D., Zeiger E. Central Roles for K and Sucrose in Guard-Cell Osmoregulation. *Plant Physiol.* 1996;111:1051–1057. doi: 10.1104/pp.111.4.1051
12. Cochrane T.T., Cochrane T.A. The vital role of K in the osmotic mechanism of stomata aperture modulation and its links with K deficiency. *Plant Signal. Behav.* 2009;4:240–243. doi: 10.4161/psb.4.3.7955
13. Amir Tajer What's the Function of Zinc (Zn) in Plants? 2018
14. Pacífico C, Hartinger T, Stauder A, Schwartz-Zimmermann HE, Reisinger N, Faas J, Zebeli Q. Supplementing a Clay Mineral-Based Feed Additive Modulated Fecal Microbiota Composition, Liver Health, and Lipid Serum Metabolome in Dairy Cows Fed Starch-Rich Diets. *Front Vet Sci.* 2021 Oct 13;8:714545. doi: 10.3389/fvets.2021.714545. PMID: 34722695; PMCID: PMC8548638.
15. Byrne L, Murphy RA. Relative Bioavailability of Trace Minerals in Production Animal Nutrition: A Review. *Animals (Basel).* 2022 Aug 4;12(15):1981. doi: 10.3390/ani12151981. PMID: 35953970; PMCID: PMC9367456.
16. López-Aguilar R., Murillo-Amador., Benson-Valle-Meza G. 2002. Manual de Análisis Químico de Suelos. Editorial. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, B. C. S. México.
17. Haydock, K.P y Shaw, N.H. 1975. A comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 15 (75):663-670.
18. Fick, K., McDowell, L., Miles, P., Wilkinson, N., Funk, J. y Conrad, J., 1979, “Manual de Métodos de Análisis de Minerales para tejidos de planta y animales”, 2da Edición, Departamento de Ciencia Animal, Florida, EE.UU, pp. 301-304.
19. Balarezo, L. (2017). Contenido mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región andina de Ecuador. *Centro Agrícola*, 56-64.
20. Barrios, M. (2013). Efecto de una suplementación mineral sobre fósforo sérico, parámetros productivos y reproductivos en vacunos doble propósito de fincas deficientes en fósforo edáfico. Venezuela: CIAE Yaracuy.
21. IPNI. (2018). International Plant Nutrition Institut. [http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/5F7C43DE5DD504BC85257CD30055A8C4/\\$FILE/NutriFacts-NA-1.pdf](http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/5F7C43DE5DD504BC85257CD30055A8C4/$FILE/NutriFacts-NA-1.pdf).

22. Cabrera, T. E. J.; Sosa, R. E. E.; Castellanos, R. A. F.; Gutiérrez, B. A. O. y Ramírez, S. J. H. 2009. Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del Estado de Quintana Roo, México. *Veterinaria México*. (40):167-179
23. Reinoso, A. (2014). Evaluación de quelatos de hierro en el fertirriego del cultivo establecido de rosas rosa sp.) variedad freedom en los cantones cayambe y pedro Moncayo.
24. Roca, N., & Mabel, J. (2007). Disponibilidad De Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc. Barcelona (España):. Facultad De Agronomía, Universidad Nacional Del Centro De La Provincia De Buenos Aires, Cc 47, 7300 Azul (Argentina).
25. Graña, M., Barral, M., & Guitián, F. E.-4. (1991). Formas de cobre, níquel y zinc en horizontes superficiales de suelos. *Suelo y planta*, 467-482.
26. Schachtschabel, P., Blume, P., Brummer, G., & Hartge, H. (1992). *Lehrbuch der bodenkunde*. Enke (Ed., 491.
27. Bernal, J. (2003). *Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos*. Bogotá: IPNI.
28. Depablos, L. (2009). Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. *Zootecnia Tropical*,. 25-37.
29. Morales, E. (2007). Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Técnica Pecuaria en México*, 329-344.
30. NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington: 7th rev. ed. Overton, T. (2004). *Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health*. *Journal dairy Science*, 105-119.
31. Quinteros, J. (2017). Macrominerales en Sangre en Cuatro Genotipos Bovinos en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 802-811.
32. Hammond, A. (1998). Uso de niveles de nitrógeno uréico en sangre (BUN) y leche (MUN) como guía para la suplementación protéica y energética en bovinos. *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 44-48.
33. Barros, G., & Sinchi, M. (s.f.). Determinación de las concentraciones de Ca, P, Mg, proteínas totales, urea y glucosa en suero sanguíneo de vacas lecheras holstein mestizas en producción aparentemente sanas, en el cantón Cuenca. 2012.
34. Luna, L. (2011). Caracterización del Perfil Mineral de Bovinos Lecheros en Establecimientos del Departamento Las Colonias Región Centro de Santa Fé. Santa Fé: UNL.
35. Buffarini, M. (2008). Variaciones estacionales de minerales en sangre en dos rodeos de cria en pastoreo en General Villegas. 88-92.
36. Underwood, J. (199). *Mineral nutrition of livestock*. Edinburgh (UK): CAB Internationa.

Bustos, D. E.,
Jiménez, M. J.,
Matute, D. M.,
& Parra, M. I.

Participar activamente en:		
Conceptualización	X	X
Análisis formal	X	
Adquisición de fondos		X
Investigación	X	X
Metodología	X	X
Administración del proyecto	X	X
Recursos		X
Redacción –borrador original	X	X
Redacción –revisión y edición	X	X
La discusión de los resultados	X	X
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.	X	X