Ciencia y Educación
(L-ISSN: 2790-8402 E-ISSN: 2707-3378)
Ediciòn Especial
2025

EVALUACIÓN DEL ESTATUS MICROMINERAL EN BOVINOS DE ENGORDE CEBUINOS (BOS INDICUS) EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS

EVALUATION OF TRACE ELEMENTS STATUS OF GROWING-FINSHING ZEBU (BOS INDICUS) CATTLE OF SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS

Autores: [1]Diego Fernando Luna Narváez, [2]Yolanda Mercedes Cedeño Procel, [3]Arnulfo Rigoberto Portilla Narváez y [4]Juan Alberto Vargas Tipán.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6429-9107
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8378-3896
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8665-1848
[4]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6327-5875
[1]E-mail de contacto: dluna@uce.edu.ec
[2]E-mail de contacto: ymcedeno@uce.edu.ec
[3]E-mail de contacto: arportilla@uce.edu.ec
[4]E-mail de contacto: javargas@uce.edu.ec
Afiliación:[1]* [2]*[3]*[4]*Universidad Central del Ecuador, (Ecuador).

Articulo recibido: 3 de Abril del 2025
Articulo revisado: 8 de Abril del 2025
Articulo aprobado: 10 de Mayo del 2025

[1]Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia graduado de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Máster Universitario en Investigación en Medicina y Sanidad Veterinarias, graduado en la Universidade de Santiago de Compostela (España). Doctor dentro del Programa de Doctorado en Medicina y Sanidad Veterinaria graduado en la Universidade de Santiago de Compostela (España).
[2]Médico Veterinario y Zootecnista graduada de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Máster Universitario en Investigación en Medicina y Sanidad Veterinarias graduada en la Universidade de Santiago de Compostela (España). Doctor dentro del Programa de Doctorado en Medicina y Sanidad Veterinaria graduado en la Universidade de Santiago de Compostela (España).
[3]Químico de Alimentos graduado en la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Magíster en Ciencia de los Alimentos, graduado en la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador).
[4]Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia graduado de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Magíster en Producción Animal graduado en la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Especialista en Reproducción Bovina graduado de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador).

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar las concentraciones de micro minerales esenciales (Se, Cu, Fe, Mn, Zn, Co y Mo) en suero sanguíneo de toretes cebuinos, engordados a base de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) en la región de Santo Domingo de los Tsáchilas. Se tomaron muestras de la vena caudal en 12 toretes (12% del rebaño) de 20 a 24 meses de edad, seleccionados aleatoriamente; para la determinación de niveles plasmáticos de los microelementos mediante la técnica de espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado (ICP-MS); además se evaluaron las concentraciones de (Fe, Cu, Zn, Mn Se) en muestras de forraje y la determinación de los niveles de (Fe, Mn, Cu y Zn) en suelo mediante la técnica de absorción atómica. Únicamente se encontraron 3 animales con deficiencias marginales de cobre y 6 con exceso de molibdeno, en ninguno de los dos casos llega al 70% de las muestras analizadas por lo que se concluye que no existen deficiencias ni excesos de micro minerales en el rebaño muestreado. Los niveles de Co, Fe, Mn, Se y Zn se encontraron dentro de los valores de referencia.

Palabras clave: Microminerales, Suero, Cebuinos, Espectrometría de masas, Nutrición.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate serum levels of essential microminerals (Se, Cu, Fe, Mn, Zn, Co and Mo) in Zebu beef cattle bulls fed on Saboya grass (*Megathyrsus maximus*) in the region of Santo Domingo de los Tsáchilas. Blood samples were taken from the caudal vein of 12 randomly selected bulls (12% of the herd) aged 20 to 24 months; to determine plasma levels of microelements using Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS); in addition, concentrations of (Fe, Cu, Zn, Mn Se) in fodder samples were evaluated, and levels of (Fe, Mn,

Cu Zn) in soil were determined using the atomic absorption spectrometry technique. Only three (3) animals were found to have marginal copper deficiencies and six (6) with molybdenum excess; in neither case did the amount reach 70% of analyzed samples. Therefore, it is concluded that there were no micromineral deficiencies or excesses in the sampled herd. Levels of Co, Fe, Mn, Se, and Zn were found within reference values.
Keywords: Trace elements, Serum, Zebu, ICP-MS, Nutrition.

Sumário

O objetivo deste estudo foi avaliar as concentrações de microminerais essenciais (Se, Cu, Fe, Mn, Zn, Co e Mo) no soro sanguíneo de touros zebuínos, engordados em capim saboya (Megathyrsus maximus) na região de Santo Domingo de los Tsáchilas. Foram coletadas amostras da veia caudal de 12 touros (12% do rebanho) com idade entre 20 e 24 meses, selecionados aleatoriamente; para a determinação de níveis plasmáticos de microelementos usando a técnica de espectrometria de massa acoplada a plasma (ICP-MS); Além disso, as concentrações de (Fe, Cu, Zn, Mn Se) em amostras de forragem foram avaliadas e os teores de (Fe, Mn, Cu e Zn) no solo foram determinados pela técnica de absorção atômica. Foram encontrados apenas 3 animais com deficiências marginais de cobre e 6 com excesso de molibdênio, não atingindo em nenhum dos casos 70% das amostras analisadas, concluindo-se que não há deficiências ou excessos de microminerais no rebanho amostrado. Os teores de Co, Fe, Mn, Se e Zn foram encontrados dentro dos valores de referência.
Palavras-chave: Microminerais, Soro, Zebu, Espectrometria de massas, Nutrição.

Introducción

La importancia de los micro minerales (Se, Cu, Fe, Mn, Zn, Co y Mo) para las funciones de crecimiento, producción de leche, carne, reproducción y sanidad en los bovinos es muy conocida (Blanco et al., 2009), a pesar de esto, existen muy pocos trabajos en nuestro país que determinen su deficiencia o exceso para cada tipo de ganado y región geográfica. La Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas es una de las zonas del Ecuador con gran número de unidades de producción de carne en el país sin embargo es escasa la información sobre el estatus mineral de estos animales en relación a las concentraciones de elementos traza en el suelo y el forraje que consumen (Amangandi et al., 2023). Sin embargo, no todas las deficiencias de elementos esenciales (Se, Cu, Fe, Mn, Zn, Co y Mo) se manifiestan clínicamente, en la mayoría de casos, estas son subclínicas lo cual dificulta su diagnóstico (Blanco et al., 2009). En orden de importancia nutricional y clínica están: el selenio (Se) que forma parte estructural de la glutatión peroxidasa, enzima muy importante para contrarrestar el estrés oxidativo, esta enzima tiene una función antioxidante por inhibición y destrucción de peróxidos, contribuyendo a la integridad de la membrana celular y protegiendo de daños al ADN, e interviene en la integridad de la respuesta inmune (Wintergerst et al., 2007), cuando existe una deficiencia de selenio pueden presentarse retenciones de placenta, metritis, fallo en la reproducción y retraso en el crecimiento (Surai, 2006).

El cobre (Cu) es componente estructural y cofactor de varias enzimas como la Citocromo C oxidasa la cual participa en la producción de ATP mitocondrial. El superóxido dismutasa que actúa en la defensa inmune e inactivación de especies reactivas del oxígeno. La tirosinasa, responsable de la síntesis de melanina; y lisil oxidasa, muy importante en la formación de tejido conectivo. Además, otras enzimas contienen cobre y promueven funciones vitales en el crecimiento, inmunidad, y un funcionamiento correcto del sistema nervioso (Prohaska et al., 2012). El zinc (Zn) es el elemento traza más abundante a nivel

intracelular, forma parte de muchas enzimas como superóxido dismutasa y actúa como catalizador, por lo que regula varias funciones en el organismo, además es muy importante en la división celular e interpretación del código genético (Prohaska et al., 2012); así las deficiencias de zinc en bovinos se manifiestan con alteraciones dermatológicas como la paraqueratosis cutánea, pérdida del apetito, disminución del crecimiento, caída de la producción láctea, cojeras e inmunosupresión (Miller, 1970).

El manganeso (Mn) es esencial en el grupo de enzimas que están involucradas en la función inmunitaria, nerviosa y en la protección antioxidante como una parte integral de la Mn superóxido dismutasa y en el metabolismo de lípidos y carbohidratos (Horsburgh et al., 2002), cuando existe deficiencia de manganeso en animales domésticos, ésta se manifiesta por la falta de crecimiento por anormalidades óseas, ataxia del recién nacido y disturbios de la función reproductiva (Keen et al., 1994). El cobalto (Co) es componente de la vitamina B12 que es cofactor de las dos principales enzimas en la gluconeogénesis y metabolismo de grasas (Silva et al., 2021), la deficiencia de cobalto se manifiesta como deficiencia de vitamina B12 en los rumiantes, con una disminución del apetito, baja conversión alimenticia, bajo crecimiento, pérdida de peso, lipidosis hepática, anemia, inmunosupresión y fallo de la función reproductiva (Stangl et al., 1999).

El hierro (Fe) es un nutriente esencial que se requiere para una amplia variedad de procesos metabólicos y se encuentra en todas las células del cuerpo. Una gran proporción se encuentra como componente de la hemoglobina y mioglobina (Joerling et al., 2019), su deficiencia es normalmente dividida en tres estados: estado 1 disminución de las reservas de hierro en tejidos; estado 2 caracterizado por la reducción de hierro en el suero y aumento de la capacidad de ligar hierro; y estado 3 caracterizado por anemia (Joerling et al., 2019). El molibdeno (Mo) cumple su función activando enzimas como la xantina deshidrogenasa, sulfato oxidasa y aldehído oxidasa (Kośla et al., 2019), es importante recalcar que, en los rumiantes, se da una interacción de tres vías entre cobre, molibdeno y azufre que determina la susceptibilidad del animal en pastoreo a la hipocuprosis, mediante la formación en el rumen de complejos triples, cobre tiomolibdatos que determinan la tolerancia al exceso de molibdeno (Suttle, 2010). Estos microminerales son muy importantes en la inmunidad mediada por células ya que actúan en la integridad de los epitelios, migración de leucocitos y fagocitosis de bacterias(Palomares et al., 2022).

Por todo lo expuesto es importante conocer el estatus de los elementos traza. Una de las maneras de realizarlo es en el suero sanguíneo debido a la facilidad de la obtención de la muestra, aunque también se pueden analizar en leche y en muestras de órganos como el hígado donde se metabolizan muchos oligoelementos y actúa como un reservorio de cobre y selenio principalmente, siendo una excelente muestra, sin embargo, es más difícil de obtener y se requiere de un mayor equipamiento para su procesamiento. Los desbalances de microminerales constituyen un problema de rebaño que se debe analizar desde el punto de vista nutricional, para esto se debe tomar una muestra homogénea (misma funcionalidad racial, edad y estado fisiológico) y representativa, que se consigue con muestrear del 10 al 15 % de la población en estudio(Guyot et al., 2009; Herdt y Hoff, 2009), para la interpretación de resultados de excesos o deficiencias de los elementos traza, se considera como significativo el resultado cuando más del

70% de las muestras analizadas presentan valores fuera de los rangos normales (Guyot et al., 2009). Para el análisis de la concentración de microminerales actualmente se prefiere la técnica por espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado (ICP-MS) ya que es multielemental y tiene muchas ventajas por su precisión, rapidez y bajo costo en comparación con otras como la de absorción atómica.

Tabla 1. *Resultados obtenidos*

Elemento	Unidad	Método	
		ICP-MS (Herd & Hoff,.2011)	Absorción atómica (Puls R.,1994)
Cobalto	ug/L	0.17-2.0	0.9-15
Cobre	mg/L	0.6-1.1	0.6-1.5
Hierro	mg/L	1.1-2.5	1.3-2.5
Manganeso	ug/L	0.9-6.0	6.0-70
Molibdeno	ug/L	2.0-35	10-100
Selenio	ug/L	65-140	80-300
Zinc	mg/L	0.6-1.9	0.8-1.4

Fuente: elaboración propia

En este estudio se realizó el análisis desde el punto de vista nutricional y por tanto es importante tomar también muestras de pasto para estudiar su aporte para satisfacer las necesidades de los elementos traza, esta muestra debe ser del forraje que consume el animal evitando las raíces (Cseh, 2015), se complementa con el análisis del suelo ya que la composición del pasto varía según el tipo de suelo (Amangandi et al., 2023). Se conoce que existen diferencias en el metabolismo mineral dependiendo de la raza ya que las razas lecheras presentan un estado catabólico aumentado en tanto que en las de carne predomina el estado anabólico(Bellmann et al., 2004). El pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) es el que predomina en la región del trópico en Ecuador a continuación se presenta en la Tabla 2. los valores nutricionales y de concentración de microminerales.

Tabla 2. *Valores nutricionales pasto Saboya (Megathyrsus maximus)*

Nutriente	**Concentración (%) (Derichs et al., 2021)**
Materia seca (%)	13.23 – 20.23
Proteína bruta (%)	5.53 - 8.25
Extracto etéreo (%)	1.98 – 2.70
Fibra bruta (%)	27.52 – 33.28
Cenizas (%)	11.76 – 13.30
Extracto libre de nitrógeno (%)	42.86 – 50.42
Mineral	**Contenido (ppm) (Villalva et al., 2021)**
Calcio	0.77
Fósforo	0.24
Potasio	4.69
Magnesio	0.31
Nitrógeno	2.38
Azufre	0.13
Zinc	28.5
Cobre	11.75
Hierro	173.5
Manganeso	72
Boro	24.75

Fuente: elaboración propia

En un trabajo realizado con ganado Nellore se determinaron los requerimientos para mantenimiento y crecimiento, tomando en cuenta la retención y excreción de los microminerales en los siguientes valores en ug/kg de peso corporal: 163 para el cobre, 2097 para el hierro, 32.3 para el manganeso, 3.72 para el selenio, 669 para el zinc y 18.4 para cobalto (Costa et al., 2004). Tomando en cuenta el requerimiento por kilogramo de materia seca de estos siete elementos traza según el National Academies of Sciences se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. *Requerimientos por Kg/MS*

Micromineral	Recomendación (Kg/MS)
Cobalto	0.10 - 0.15
Cobre	5 - 15
Hierro	50 - 80
Manganeso	30 - 50
Molibdeno	2 - 5
Selenio	0.3
Zinc	30 - 40

Fuente: *(National Academies of Sciences et al., 2016)*

El objetivo del presente estudio fue realizar el análisis del estatus micromineral (Se, Cu, Fe, Mn, Zn, Co y Mo) de toretes mezcla de cebuino en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas y establecer si existen excesos o deficiencias de estos en el suero sanguíneo, además de realizar la determinación de la concentración de algunos elementos en los pastos y en el suelo en una de las zonas principalmente dedicada al engorde de ganado vacuno de carne con este tipo de animales.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Hacienda San Vicente ubicada en el kilómetro 23 de la vía Chone, cercano al recinto Nuevo Israel cantón Santo domingo de los Colorados provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas lat-79.36201104595281, long-0.25011032135997496. Los toretes muestreados corresponden al 12 % de animales de un lote de 100 de acuerdo a lo descrito por Herdt y Hoff (2011) con un rango de edad de 20 a 24 meses, cruces de razas cebuinas; alimentados a pastoreo con pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) a los que se les suplemento sal (cloruro de sodio), fosfato di cálcico y urea diariamente, los mismos que se encontraban vacunados contra fiebre aftosa, pasteurelosis y clostridiosis, además de desparasitaciones trimestrales.

Las muestras de sangre se tomaron de la vena coccígea, se separó el suero por centrifugación, para luego almacenarlo a -20°C hasta la realización de la digestión ácida con ácido nítrico y peróxido de hidrógeno descrita por (Luna et al., 2019), para eliminar toda la materia orgánica. Las muestras digeridas fueron transportadas para su análisis en el en el laboratorio de análisis mineral de la facultad de veterinaria, campus Lugo de la Universidad de Santiago de Compostela en España mediante la técnica de espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado (ICP-MS). También se tomaron varias muestras del pasto para su análisis en los laboratorios de nutrición animal de la facultad de ciencias agrícolas y del área ambiental de la facultad de ciencias químicas de la Universidad Central del Ecuador mediante la técnica de absorción atómica. Finalmente se muestreo el suelo que fue analizado en el laboratorio de suelos de la facultad de ciencias agrícolas de la Universidad Central del Ecuador utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica.

Resultados y Discusión

En la Tabla 4. se describen las concentraciones de los elementos Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se y Zn obtenidos en las muestras analizadas; los valores señalados en rojo corresponden a los animales que se encuentran por debajo del parámetro de referencia descritos por Herdt y Hoff (2011) y en azul aquellos que se encuentran por arriba de estos. Se observa que en ninguno de los casos el número de animales con concentraciones fuera de los rangos descritos supera al 70% de la muestra por lo tanto se puede asumir que el rebaño no presenta exceso o deficiencia nutricional en los elementos analizados.

Tabla 4. *Concentración sérica de microminerales esenciales en toretes de engorde en Santo Domingo de los Tsáchilas*

N° Muestra	Co (µg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (µg/L)	Mo (µg/L)	Se (µg/L)	Zn (µg/L)
Toros-ST 1	0,16	0,564	2,15	5,38	33,1	95,2	0,882
Toros-ST 2	0,125	0,757	1,76	2,8	23,3	94	0,858
Toros-ST 3	0,145	0,698	2,16	3,13	22,2	78,4	0,838
Toros-ST 4	0,1	0,778	1,98	2,74	16,7	80,9	0,757
Toros-ST 5	0,13	0,544	1,56	3,22	14,4	85,1	0,81
Toros-ST 6	0,14	0,638	1,82	3,71	29,1	88,8	0,91
Toros-ST 11	0,135	0,532	1,92	0,94	80	99,9	0,781
Toros-ST 12	0,17	0,685	1,65	2,27	129,6	98,1	0,763
Toros-ST 15	0,125	0,774	1,64	1,98	59,8	86,1	0,786
Toros-ST 17	0,11	0,562	1,56	3,6	102,8	108,9	0,754
Toros-ST 18	0,09	0,702	2,15	2,16	50,6	110,9	0,96
Toros-ST 20	0,16	0,745	2,05	3,19	80,4	98,5	0,923
Promedio	0,132	0,664	1,866	2,92	53,5	93,733	0,835
Referencia	0.17-2	0.6-1.1	1.1-2.5	0.9-6.0	2.0-35	65-140	0.6-1.9

Fuente: elaboración propia

La sangre normalmente es un indicador temprano de la fase de deficiencia ya que el suero/plasma representa la cantidad del mineral disponible para transporte (Miranda y Miranda, 2021). Pueden existir variaciones individuales producidas por estados fisiológicos o patológicos (Soetan et al., 2010), sin embargo, en la presente investigación todos los animales se encontraban sanos y en la misma etapa de vida. La raza también influye en los requerimientos de microminerales los animales muestreados son cruces de cebuino y esto puede ser un factor de variación ya que en la literatura se describe que las razas Simmental y Charolais requieren más cobre que la Angus por ejemplo (Arthington y Ranches, 2021). Con respecto al Cu solo 3 animales presentaron un nivel de deficiencia leve que podría asociarse a diferencias en consumo alimenticio propio de los sistemas de pastoreo (Lahart et al., 2020). Para el caso del molibdeno 6 de los animales presentan un nivel superior a los parámetros establecidos por Herdt y Hoff (2011) pero solo 2 se encuentran por encima de los niveles descritos por (Puls, 1994). El control homeostático del molibdeno es complejo y se da a nivel intestinal y renal Kośla et al. (2019). Los signos clínicos asociados a toxicosis en rumiantes se asemejan a los de deficiencia de Cu en este estudio 2 de los animales con exceso de Mo también presentan niveles bajos de Cu por lo que podría existir una interacción entre estos elementos (Komatsu et al., 2000). Los resultados obtenidos del análisis de pasto se muestran en la Tabla 5. Estos son similares a los descritos en estudios realizados en la zona (Vera et al., 2020), sin embargo, son deficientes en Mn, Se y Zn con respecto a los requerimientos descritos en la Tabla 3. Únicamente hierro y cobre cumplen con los requerimientos sugeridos.

Tabla 5. *Composición mineral de pasto Saboya (Megathyrsus maximus)*

Microelemento	Unidad	Valor
Hierro (Fe)	mg/kg	106,9
Cobre (Cu)	mg/kg	10
Zinc (Zn)	mg/kg	26
Manganeso (Mn)	mg/kg	22

Selenio (Se)	mg/kg	< 0,005

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. *Resultados del análisis del suelo por espectrofotometría de absorción atómica*

Micronutriente	Unidad	Resultado
Hierro (Fe)	mg/kg	180,5 alto
Manganeso (Mn)	mg/kg	2,2 bajo
Cobre (Cu)	mg/kg	2,9 medio
Zinc (Zn)	mg/kg	2,8 medio

Fuente: elaboración propia

Las concentraciones de minerales en los pastos pueden variar por el tipo de suelo y condiciones ambientales como la época del año (Yatoo et al., 2011). Los resultados del análisis de suelo (Tabla 6) muestran niveles medios para Cu y Zn, altos para Fe y bajos para el Mn. Estos resultados se correlacionan con la composición del pasto en el presente trabajo y son de utilidad en la toma de decisiones para el manejo de pasturas, pero no se refleja en los animales de forma significativa. En estudios de correlación entre los niveles minerales y la interacción animal-suelo-planta se describe que pueden existir deficiencias en elementos como Cu, Se y Zn en suelo, que afectan las concentraciones de estos elementos en los pastos (Amangandi et al., 2023), sin embargo, los niveles séricos en animales son adecuados lo que se puede atribuir a que la calidad del pasto varía durante el año. Para que los animales presenten deficiencias deben estar expuestos a una alimentación inadecuada por períodos de tiempo mucho más prolongados. Cuando las ingestas dietéticas no son suficientes, los sitios de almacenamiento de elementos esenciales como el hígado u otros tejidos mantienen la homeostasis y los niveles séricos no sufren variaciones significativas y deben ser agotados antes de que las disfunciones o enfermedades sean evidentes (López, 2012). Lo ideal para el diagnóstico en estos casos sería tomar las muestras de los tejidos como el hígado, pero en la práctica no es fácilmente accesible. Por lo que la evaluación en suero es de utilidad para el monitoreo del estado nutricional del rebaño.

Conclusiones

La evaluación del estatus micro mineral mediante la técnica multielemental por ICP-MS nos permite valorar desde el punto de vista nutricional las concentraciones de Se, Cu, Fe, Mn, Zn, Co y Mo en una sola muestra de suero sanguíneo, a diferencia de otros métodos de análisis como la espectrofotometría de absorción atómica en donde la determinación es realizada individualmente. Luego del análisis de 12 muestras de suero sanguíneo, tomadas al a azar de 100 toretes mestizos cebuinos alimentados con pasto saboya en la región de Santo Domingo de los Tsáchilas se concluye que no se encontraron deficiencias ni excesos en los niveles de microelementos esenciales en suero sanguíneo que alcancen o superen al 70 % de las muestras; a pesar de que fueron alimentados únicamente con pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) que solo cumplía con el requerimiento en la dieta para hierro y cobre. Únicamente se encontraron 3 muestras con deficiencia de Cu y 6 con exceso de molibdeno, el resto de los elementos traza analizados (Se, Fe, Mn, Zn y Co) se encontraron dentro de los valores de referencia.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Central del Ecuador y a la Universidad de Santiago de Compostela España por el soporte brindado para el análisis de muestras en el presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

Amangandi O., Román F., Díaz B., y Ruiz, C. F. (2023). Nutrientes minerales y su relación suelo – planta – animal en praderas de Bolívar-Guaranda – Ecuador. *Tesla Revista Científica, 3(1), e166.*

Arthington, J. y Ranches, J. (2021). Trace mineral nutrition of grazing beef cattle. *Animals, 11(10), 2767.*

Bellmann, O., Wegner, J., Rehfeldt, C., Teuscher, F., Schneider, F., Voigt, J., yKrieter, J. (2004). Beef versus dairy cattle: A comparison of metabolically relevant hormones, enzymes, and metabolites. *Livestock Production Science, 89(1), 41–54.*

Blanco, I., Shore, R., Miranda, M., Benedito, J. L., y López, M. (2009). Factors affecting trace element status in calves in NW Spain. *Livestock Science, 123(2–3), 198–208.*

Costa, L., de Campos, S., Engle, T., Rotta, P., Marcondes, M., Silva, F., et al. (2015). Macrominerals and trace element requirements for beef cattle. *PLoS One, 10(12), e0144464.*

Cseh, S. (2015). Deficiencias minerales en bovinos para carne. Diagnóstico, caracterización y control. *Maskana, 6, 143–148.*

Guyot, H., Saegerman, C., Lebreton, P., Sandersen, C., & Rollin, F. (2009). Epidemiology of trace elements deficiencies in Belgian beef and dairy cattle herds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 23(2), 116–123.*

Guyot, H., Saegerman, C., Lebreton, P., Sandersen, C., y Rollin, F. (2009). Epidemiology of trace elements deficiencies in Belgian beef and dairy cattle herds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 23(2), 116–123.*

Herdt, T., y Hoff, B. (2011). The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. Veterinary Clinics: Food *Animal Practice, 27(2), 255–283.*

Horsburgh, M., Wharton, S., Karavolos, M., y Foster, S. J. (2002). Manganese: Elemental defence for a life with oxygen. *Trends in Microbiology, 10(11), 496–501.*

Joerling, J., & Doll, K. (2019). Monitoring of iron deficiency in calves by determination of serum ferritin in comparison with serum iron: A preliminary study. *Open Veterinary Journal, 9(2), 177–184.*

Keen, C., y Zidenberg, S. (1994). Manganese toxicity in humans and experimental animals. *In Manganese in health and disease 193–205.*

Komatsu, Y., Sadakata, I., Ogra, Y., y Suzuki, K. T. (2000). Excretion of copper complexed with thiomolybdate into the bile and blood in LEC rats. *Chemico-Biological Interactions, 124, 217–231.*

Kośla, T., Skibniewski, M., Skibniewska, E. M., Lasocka, I., y Kołnierzak, M. (2019). Molybdenum, Mo. In Mammals and Birds as Bioindicators of Trace Element Contaminations in Terrestrial Environments *247–279. Springer.*

Lahart, B., Prendiville, R., Buckley, F., Kennedy, E., Conroy, S., Boland, T., et al. (2020). The repeatability of feed intake and feed efficiency in beef cattle offered high-concentrate, grass silage and pasture-based diets. *Animal, 14(11), 2288–2297.*

López, M. (2012). Trace minerals and livestock: Not too much not too little. *International Scholarly Research Notices, 2012, Article ID 817058.*

Luna, D., Miranda, M., Minervino, A., Piñeiro, V., Herrero-Latorre, C., y López, M. (2019). Validation of a simple sample preparation method for multielement analysis of bovine serum. *PLoS One, 14(2), e0211859.*

Miller, W. (1970). Zinc nutrition of cattle: A review. *Journal of Dairy Science, 53(8), 1123–1135.*

Miranda, M., y Rigueira, L. (2021). Deficiencia de microminerales en vacuno de carne: Relación con la fertilidad y la vitalidad del ternero. *Vaca Pinta, 28, 155.*

National Academies of Sciences, Medicine, Engineering, Science, & Cattle Committee on Nutrient Requirements of Beef Cattle. *(2016). Nutrient requirements of beef cattle*.

Palomares, R. (2022). Trace minerals supplementation with great impact on beef cattle immunity and health. *Animals, 12(20), 2839.*

Prohaska, J., Erdman, J., Macdonald, I., y Zeisel, S. (2012). Present knowledge in nutrition. *John Wiley & Sons.*

Puls, R. (1994). Mineral levels in animal health (2nd ed.). Sherpa International.

Silva, W., Guizelini, C., Franco, G., Veiga, R., Arruda, W., Nascimento, V., et al. (2021). Cobalt deficiency in cattle and its impact on production. *Pesquisa Veterinária Brasileira, 40, 837–841.*

Soetan, K., Olaiya, C., y Oyewole, E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science, 4(May), 200–222.*

Stangl, G., Schwarz, F., y Kirchgessner, M. (1999). Moderate long-term cobalt-deficiency affects liver, brain and erythrocyte lipids and lipoproteins of cattle. *Nutrition Research, 19(3), 415–427.*

Surai, P. F. (2006). Selenium in nutrition and health (974). *Nottingham University Press.*

Suttle, N. (2010). Mineral nutrition of livestock. Cabi.

Vera, R., Del Valle, W., Loor, P., Iván, R., Muñoz, D., y Isabel, K. (2020). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. *Revista Sinapsis, 2(21).* https://doi.org/10.37117/s.v2i21.534

Wintergerst, E., Maggini, S., y Hornig, D. (2007). Contribution of selected vitamins and trace elements to immune function. *Annals of Nutrition and Metabolism, 51(4), 301–323.*

Yatoo, M., Devi, S., Kumar, P., Tiwari, R., y Sharma, M. C. (2011). Soil-plant-animal micromineral status and their interrelation in Kashmir valley. *Indian Journal of Animal Sciences, 81(6), 628.*

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Diego Fernando Luna Narváez, Yolanda Mercedes Cedeño Procel, Arnulfo Rigoberto Portilla Narváez y Juan Alberto Vargas Tipán.