

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v8i16.0130>

## Impacto de las deficiencias minerales en el desempeño productivo y reproductivo del ganado bovino: Una Revisión

### Impact of mineral deficiencies on productive and reproductive performance in cattle: A review

Fernández-Cheme Julissa Tatiana <sup>1</sup>; Aguilar-Camba Sergio Paul <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López. Calceta, Ecuador.  
Correo: julissa.fernandez@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5891-3192>

<sup>2</sup>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López. Calceta, Ecuador.  
Correo: spaguilar@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-2430-6078>

#### Resumen

El objetivo de esta revisión bibliográfica fue analizar estudios entre 2015 y 2025 sobre el impacto de las deficiencias minerales en la producción y reproducción del ganado bovino. Se evaluaron datos bioquímicos, clínicos y productivos de más de 700 animales mediante técnicas como espectrofotometría y análisis de minerales (Ca, P, Mg, Zn, Se, Cu, Co). En la discusión, se destaca que la carencia de estos minerales retrasa el reinicio de la ciclicidad ovárica posparto, reducen la tasa de concepción, incrementan el anestro y disminuyen la producción de leche. Además, se analizaron estrategias de suplementación como el uso de bolos intrarruminales, suplementos inyectables o bloques multinutricionales demostraron mejorar parámetros como días al primer servicio, niveles séricos de minerales, calidad del calostro y fertilidad. En conclusión, las deficiencias minerales afectan negativamente la eficiencia reproductiva y productiva en bovinos tropicales, y su corrección mediante suplementación adaptada mejora los indicadores zootécnicos claves del hato.

**Palabras clave:** minerales traza, reproducción, producción, suplementación.

#### Abstract

The objective of this literature review was to analyze studies between 2015 and 2025 on the impact of mineral deficiencies on cattle production and reproduction. Biochemical, clinical, and production data from more than 700 animals were evaluated using techniques such as spectrophotometry and mineral analysis (Ca, P, Mg, Zn, Se, Cu, Co). The discussion highlights those deficiencies in these minerals delay the resumption of postpartum ovarian cyclicity, reduce conception rates, increase anestrus, and decrease milk production. In addition, supplementation strategies such as the use of intraruminal boluses, injectable supplements, or multi-nutrient blocks were analyzed and shown to improve parameters such as days to first service, serum mineral levels, colostrum quality, and fertility. In conclusion, mineral deficiencies negatively affect reproductive and productive efficiency in tropical cattle, and their correction through adapted supplementation improves key zootechnical indicators of the herd.

**Keywords:** trace minerals, reproduction, production, supplementation.

## 1. Introducción

La suplementación mineral en la alimentación del ganado bovino es una práctica esencial para garantizar el bienestar y optimizar su rendimiento productivo y reproductivo (Cuéllar, 2021). Estos minerales son micronutrientes fundamentales que intervienen en múltiples funciones fisiológicas, como la formación de tejidos, la actividad enzimática, la regulación hormonal y el transporte de nutrientes a través de las membranas celulares (Campos y Granados, 2016). En las últimas décadas, los minerales han cobrado una creciente importancia en la nutrición animal, debido a su papel fundamental en la conversión eficiente del alimento en productos de alto valor comercial, como la carne, la leche y crías saludable (Ortega y Meneses, 2010; Salamanca, 2010, citado por Parra y Oñate, 2022). Por ello, el impacto de las deficiencias minerales se manifiesta negativamente en el desempeño productivo y reproductivo del ganado, lo que justifica la necesidad de una suplementación adecuada.

En la producción bovina, una suplementación mineral adecuada contribuye significativamente a la

sostenibilidad de las funciones fisiológicas, el crecimiento y la eficiencia reproductiva de los animales. Los minerales como calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) desempeñan roles esenciales en la mineralización ósea y dentaria, además de intervenir en procesos vitales como la contracción muscular, la coagulación sanguínea y el funcionamiento adecuado del sistema nervioso. Por otra parte, oligoelementos como el cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), selenio (Se) y yodo (I) desempeñan un papel crucial en la síntesis hormonal, la respuesta inmune y la reproducción (Bhalakiya et al., 2019). La interacción entre los minerales desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la homeostasis metabólica y en la regulación de los procesos reproductivos, incidiendo directamente en funciones como la ovulación, la fertilización y el desarrollo embrionario.

En este sentido, la falta o el desequilibrio de minerales en la dieta bovina puede generar graves consecuencias en la productividad y salud de los animales (Parra y Oñate, 2022). La deficiencia de minerales está relacionada con trastornos reproductivos como abortos, retención de membranas fetales,

síndrome del becerro débil, infertilidad y problemas de lactancia (Romo, 2020). En los machos puede afectar la espermatogénesis y reducir la libido (Brugger et al., 2014). Además, se ha documentado que estas deficiencias predisponen al ganado a enfermedades metabólicas, disminuyen la eficiencia alimenticia y afectan la calidad de la carne y la leche (Confalonieri et al., 2016; Yasothai, 2014).

Estas deficiencias minerales suelen ser consecuencia de una nutrición inadecuada basada en forrajes de baja calidad o suelos pobres en nutrientes, como ocurre en las zonas de bosque seco tropical, donde factores limitan la disponibilidad de minerales esenciales (Ortega y Meneses, 2010). La relación suelo-planta-animal es crucial en este contexto, ya que el contenido mineral del forraje depende directamente de la composición del suelo. Las deficiencias de minerales como P, Ca, Cu, Zn, Se y I en el suelo afectan negativamente la calidad del pasto y, en consecuencia, la nutrición del ganado (Bhanderi et al., 2016).

Para los ganaderos, el manejo inadecuado de la suplementación

mineral representa un desafío significativo que compromete la rentabilidad de sus explotaciones, reduce la productividad animal, aumenta los costos veterinarios y disminuye la eficiencia reproductiva, lo que afecta la estabilidad económica del sector ganadero (Abad et al., 2023). Por otro lado, el exceso de suplementación también puede ser perjudicial, ya que ciertos minerales en concentraciones elevadas pueden causar toxicidad, afectando la salud animal y el medio ambiente (Overton & Yasui, 2014).

En este contexto, la presente revisión tiene como finalidad analizar de manera crítica el impacto de la deficiencia de minerales sobre los parámetros productivos y reproductivos del ganado bovino, abordando las alteraciones fisiológicas y zootécnicas que se derivan de la carencia de micronutrientes esenciales. Se sintetiza la evidencia científica disponible respecto a las consecuencias de la desnutrición mineral, destacando su repercusión en la eficiencia reproductiva, el crecimiento, la conversión alimenticia y la sanidad animal.

El objetivo de esta revisión es proporcionar una base técnica que sustente el desarrollo de estrategias nutricionales más eficaces y adaptadas a las condiciones locales, orientadas a optimizar la eficiencia productiva y reproductiva del ganado bovino de forma sostenible; planteando una visión integral y actualizada sobre el rol crítico que desempeñan los minerales en la productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos.

## 2. Metodología (materiales y métodos)

Para el desarrollo de esta revisión bibliográfica se realizó una búsqueda sistemática y dirigida de literatura científica relevante relacionada con la influencia de la deficiencia de minerales sobre los parámetros productivos y reproductivos del ganado bovino. La recopilación de información se llevó a cabo entre los meses de mayo y julio de 2025, utilizando bases de datos científicas reconocidas como Scopus, PubMed, ScienceDirect, Scielo, Redalyc, y Google Scholar, con el objetivo de garantizar un abordaje integral y actualizado del tema.

Se emplearon combinaciones de palabras clave y operadores booleanos

como: “mineral deficiency” AND “cattle”, “bovine reproduction” AND “mineral supplementation”, “trace minerals” AND “productivity”, “macro and microminerals in ruminants”, “livestock nutrition”, “cattle performance AND mineral imbalance”, tanto en inglés como en español, para ampliar la cobertura temática y geográfica de la búsqueda.

### Criterios de inclusión

Los estudios seleccionados cumplieron con los siguientes criterios de inclusión:

**Tipo de documento:** Se incluyeron artículos originales de investigación, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, informes técnicos, tesis académicas y capítulos de libros científicos que abordaran el papel de los minerales en la producción y reproducción bovina.

**Idioma:** Se incluyeron publicaciones en español e inglés para abarcar tanto estudios regionales como internacionales, garantizando la comprensión y aplicación en distintos contextos de producción bovina.

**Periodo de publicación:** Se consideraron publicaciones comprendidas entre el año 2000 y 2025, con énfasis en los

últimos 10 años, para asegurar la incorporación de evidencia reciente y relevante. Sin embargo, se aceptaron estudios previos si presentaban información fundamental o de referencia obligatoria.

**Contenido temático:** Se seleccionaron exclusivamente trabajos que analizaran la relación directa entre la deficiencia de minerales (macro y microelementos) y sus efectos sobre indicadores productivos (ganancia de peso, conversión alimenticia, producción de leche, desarrollo corporal) y reproductivos (ciclicidad ovárica, tasa de concepción, infertilidad, retención placentaria, entre otros) en ganado bovino, tanto de carne como de leche.

**Pertinencia zootécnica:** Se priorizó la inclusión de estudios que ofrecieran datos cuantitativos, ensayos de campo o experiencias prácticas en sistemas de producción reales, incluyendo zonas tropicales y subtropicales, para contextualizar los hallazgos a condiciones similares a las de América Latina.

**Disponibilidad del texto completo:** Solo se incluyeron estudios con acceso completo al texto, lo cual permitió una

evaluación detallada de los objetivos, metodología, resultados y conclusiones de cada trabajo.

**Validez científica:** Se seleccionaron fuentes provenientes de revistas científicas indexadas, instituciones académicas y organismos reconocidos en el área de la nutrición animal y la producción bovina, a fin de garantizar la confiabilidad de la información analizada.

La información recopilada fue analizada de forma cualitativa, categorizando los hallazgos de acuerdo con el tipo de mineral (macrominerales y microminerales), la función fisiológica que cumplen, los efectos clínicos y productivos de su deficiencia, y las estrategias de suplementación propuestas en diferentes contextos productivos. Esta sistematización permitió identificar patrones comunes, vacíos de conocimiento y recomendaciones aplicables para la formulación de programas nutricionales más eficaces en la ganadería bovina.

### 3. Resultados y discusión

Para Avilés-Ruiz et al. (2022), en la investigación "Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito" en la región tropical de México en instalaciones de doble propósito ganadero, en periodo de posparto, a través de una revisión bibliográfica de estudios de muestras sanguíneas o indicadores relacionados con la actividad ovárica. En el enfoque nutricional-hormonal se emplearon análisis bioquímicos de sangre (niveles de proteína, energía, micronutrientes).

En el estudio en mención, se identificaron múltiples deficiencias nutricionales como: balance energético negativo, proteínas, minerales que retrasan el restablecimiento de la actividad ovárica posparto, resaltado las deficiencias que impactan negativamente en: estado corporal, recuperación reproductiva, intervalo parto-ciclicidad, rendimiento lácteo y balance energético. Los autores señalan concordancia con investigaciones que evidencian que el balance energético negativo y carencias en proteína y minerales (Ca, P, Mg, Zn, Se) prolongan el anestro posparto, reportados por

López-Gatius (2012) en edades de lactancia y Samadi et al. (2013) en el impacto de nutrición mineral en la reproducción, los cuales resaltan la relevancia de corregir deficiencias con suplementos adaptados a condiciones tropicales, para acortar el intervalo posparto y mejorar la productividad.

Valdez-Arjona et al. (2019) en su investigación "Problemas productivos y reproductivos por deficiencias minerales en bovinos de algunas regiones tropicales de México", el estudio fue de carácter descriptivo exploratorio con mapeo de deficiencias minerales, basado en la revisión documental y problemas en levantamiento de datos de campo (bioquímicos y clínicos) en diferentes regiones, sin mencionar un diseño experimental o controlado. Además, el uso de análisis de sangre o suero para cuantificar niveles de minerales esenciales (Ca, P, Mg, otros) y análisis clínicos asociados a productividad y reproductividad.

Los autores comparan sus hallazgos con estudios previos similares en las deficiencias de minerales como Ca, P y Mg, los cuales generan efectos adversos en reproducción (anestro, baja tasa de concepción), por ende, repercusiones en

el desempeño productivo y reproductivo del ganado, consolidando la urgencia de implementar programas de suplementación mineral ajustados a condiciones tropicales. Autores como Costa e Silva et al. (2015) determinaron que, los minerales se agrupan según sus funciones: estructurales, fisiológicas, catalíticas y reguladoras; Puccinelli et al. (2017) demostraron que, aumentar el contenido de Se en el forraje mejora la salud animal; Albornoz et al. (2017) relacionan un desbalance mineral con baja producción de leche y Van, (2018) determino que, existe una contribución general al vínculo entre carencias minerales y síntomas clínicos.

León-Cruz et al. (2020) en su investigación "Bolos intrarruminales con liberación controlada de minerales traza", en rumiantes en pastoreo, con deficiencias de minerales (Cu, Zn, Co, Se, I) en suelos y forrajes; este estudio de revisión bibliográfico, sintetiza conocimientos sobre los bolos intrarruminales de liberación controlada (CRIRB), clasificándolos por tipo, técnica de fabricación, diseño físico, mecanismos de liberación y sus efectos en salud y productividad.

Los minerales traza (Cu, Zn, Co, Se, I) son deficientes en forrajes y afectan funciones fisiológicas y reproductivas, se presentaron distintos diseños de CRIRB (bolos comprimidos, extruidos, de vidrio soluble, de magnesio y capsulas con alambre de Cu), con sus propiedades físicas y químicas (peso, densidad, formas de liberación solubilización /en presencia de fluidos ruminales). Los CRRBs aumentan los niveles plasmáticos y hepáticos de minerales, mejoran ganancia de peso, rendimiento de leche, tasas de partos múltiples, calidad del calostro, parámetros reproductivos (espermatozoides viables) e inmunidad humoral. Resultados similares a los reportados por Suttle, (2010), en el que discuten una interacción mineral y absorción ruminal, esenciales en el análisis sobre la formulación de bolos; mientras que, Aliarabi et al. (2019), en que obtuvieron incremento en nacimientos gemelares y calidad del calostro.

Hernandez et al. (2021) en su investigación "Suplementación orgánica e inorgánica de Cu y Se en dietas para vacas lecheras Normando", realizado en la granja "Las Mercedes", sabana de Bogotá, Colombia, con una Latitud de

4°75'N, Longitud 74°08'W, Altitud 2,542 msnm, a una temperatura promedio de 13,6°C, con una precipitación anual de 1,000 mm y una Humedad Relativa de 78-83%. Se utilizaron 36 vacas Normando multíparas (peso medio 600 ± 32 Kg, 3,2 ± 1,5 partos), se empleó un diseño en bloques completamente al azar; distribuidas en tres tratamientos (12 vacas por grupo), los tratamientos incluyeron: T0 control (sin suplemento mineral); T1 suplemento inorgánico (sulfato de Cu + selenito de sodio) y T3 mezcla 50% inorgánico + 50% orgánico (Copper B-traxin® y Seleno-metionina Selemax®). Con una duración de 150 días (30 días preparto + 120 días de lactancia), las vacas se encontraban en pastoreo rotativo + concentrado (4kg/días posparto + 150g suplemento mineral), en el laboratorio se realizó en leche, análisis de sólidos totales, grasa, proteína, lactosa, recuento de células somáticas y nitrógeno ureico en la Universidad de Antioquía; en sangre, glucosa, Beta-hidroxibutirato, nitrógeno ureico, cobre y selenio en sistema Biosystems® A15; en heces y forraje, contenido mineral por espectrofotometría de absorción atómica y UV-Vis (métodos AOAC).

En cuanto a los resultados obtenidos por los autores mencionados, en cuanto a producción y composición de leche, no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,005$ ), para producción (Kg/día): Control 23,52; IS 25,25; IS + OS 23,46 y para sólidos, proteína, grasa, lactosa, nitrógeno ureico y grasa similares; para el recuento de células somáticas existió diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ), destacando el más bajo en IS+OS ( $51 \times 10^2$ /ml) comparado con IS y control; para metabolitos sanguíneos, la glucosa, BHB y nitrógeno ureico no existió diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), en cobre plasmático existió diferencias entre IS e IS+OS (0,79 vs 0,72 mg/L,  $p = 0,029$ ) y para el selenio plasmático se reportaron cambios; en excreción fecal, el Cu en heces menor en IS+OS (22,52mg/kg) vs otros ( $p = 0,0001$ ), mientras que el resto de los minerales sin variaciones; y en parámetros reproductivos, el primer servicio: más temprano en IS+OS (54,6 días) vs Control (61,2) e IS (62,9) ( $p < 0,01$ ), días abiertos y servicios por concepción sin diferencias estadísticas, aunque tienen tendencia a ser menores en IS+OS.

La ausencia de efecto sobre la leche coincide con Bagnicka et al. (2017) en vacas Holstein con Se, mientras que, Sun et al. (2017) con hidroxiselenometionina, aunque en cabras se observó aumento. La menor RCS con Se/Cu orgánicos coincide con Phipps et al. (2008), con aumento de GSH-Px y reducción de mastitis. La reducción en excreción fecal de Cu y la mejora reproductiva concuerdan con Cetz-Ucán et al. (2007) y Griffiths et al. (2007). El acortamiento de días al primer servicio también fue reportado por Campbell et al. (1999) y Uchida et al. (2001), vinculando Cu/Se con la función luteal y prostaglandinas. Se argumenta que Cu y Se favorecen en el proceso inmunitario, función uterina y enzimas antioxidantes (ceruloplasmina, GSH-Px), según lo reportado por Balamurugan et al. (2017); Joksimović-Todorović et al. (2019) y Surai et al. (2019).

Jiménez-Páez et al. (2020) en su investigación "Bolos intrarruminales para suplementar minerales traza en rumiantes", mediante una revisión sistemática de investigaciones con bolos intrarruminales en rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos), mediante una organización comparativa por especie,

minerales incluidos, peso del bolo, densidad, tasas de liberación y duración. No se realizaron análisis químicos nuevos, los estudios revisados usaron técnicas como: medición de minerales en sangre (Se, Co, Cu) y enzimas (GPx, B12), ensayos de densidad y liberación de bolos (matrices densas  $>1.8\text{g/cm}^3$ , parametrización física de bolos (peso, dimensiones).

Dentro de los principales resultados de los autores citados, en cuanto a retención eficiente con bolos con densidad  $>1.8\text{g/cm}^3$  los cuales permanecen en el rumen sin regurgitación; el Se obtuvo aumentos significativos en niveles sanguíneos y actividad de GPx (ej. hasta 60 meses con bolos comerciales); el Co con una elevación de vitamina B12 sérica (ej.  $p<0.001$  entre días 44 y 400); el Cu en bolos con alambre de Cu libera  $100\text{mg/día}$  y aumentan concentraciones  $\pm 11.7\%$  (caprinos); en cuanto a los efectos productivos, en bovinos lecheros, aumento  $\pm 2.3\text{ kg leche/día}$  y mejoras en grasa, proteína y sólidos y en cuanto a los parámetros reproductivos en ovinos presentaron mayor peso de cría; sin efectos en sex ratio parto gemelar.

Los resultados del presente estudio coinciden con los reportados por Edwards et al. (2011) demostraron duraciones prolongadas (GPx > 60 meses); Ochoa et al. (2000), Gutiérrez Olvera et al. (2005), quienes encontraron una correlación entre dosis de Se en el bolo y niveles séricos; Kendall et al. (2012), encontraron aumentos significativos de vitamina B12 y Se con bolos de Zn-Co-Se; Balemi et al. (2010), Muñoz-González et al. (2015), determinaron que, la liberación de Cu mediante capsulas mejora los niveles séricos.

Gudiño-Escandón et al. (2021), en su investigación "Análisis del impacto del uso de bloques multinutricionales en una unidad productiva de doble propósito en la zona centro del estado de Veracruz", la investigación se realizó en la Unidad de producción "La Veleta", ubicada en Vargas, Veracruz, México, a una altitud de 10m s.n.m, con una precipitación media anual de 1500mm, con una temperatura media anual de 25.3°C, con un clima tropical cálido. Se utilizaron un total de 700 animales (350 vacas, 200 vaquillas, 150 becerras y 4 toros), con un período de estudio del 2014 al 2017, las vacas evaluadas sin

suplemento (2014-2015): 216 y 214 vacas/año y con suplemento (2016-2017): 223 y 225 vacas/año. Los boques multinutricionales (BMN) fueron elaborados en presentaciones de 80 kg, compuesto por 45% de melaza, 4% urea, 10% cal, 5% sal mineral, 10% maíz y 26% salvado, se suministró 0.5 kg/vaca/día, bajo techo en época seca, la alimentación de las vacas fue con pastos tropicales (Digitaria, Brachiaria, Cynodon), silo y sal mineral ad libitum, con ordeño manual diario y registro de datos mensuales.

En cuanto a los resultados obtenidos por los autores citados, para la producción láctea (con BMN vs sin BMN), se reportó una producción trimestral + 2059 kg, producción vaca/mes de + 9.58 kg, leche/ha/trimestre de +75 Kg, con una carga animal de + 0.015 UA/ha; en los parámetros reproductivos (mejoras entre 10-60%), con una concepción total de + 10.3%, eficiencia en la IA de + 10.9%, gestaciones de CN + IATF de + 12 y servicios/concepción – 0.23%.

En este estudio, los parámetros productivos mejoraron con el uso de BMN, especialmente en época seca, pero no alcanzo los niveles del periodo lluvioso (persistencia del problema

estacional), resultados que concuerdan con Mata et al. (1994); Rojas et al. (1998), los cuales reportan parámetros reproductivos con efectos más marcados con incremento significativo en concepciones y partos. Se valida el impacto positivo de BMN sobre eficiencia reproductiva, pubertad temprana y reinicio ovárico posparto (Aranguren, 1997; Araujo-Febres, 2005).

Zambrano et al. (2024) en su investigación "Caseína y calcio vía subcutánea sobre parámetros productivos y reproductivos en vaquillas cebú mestizas", se utilizaron 82 vaquillas Cebú mestizas, de 25 meses de edad y peso promedio de 276.22 Kg, divididas aleatoriamente en dos grupos: tratamiento (n=41) y control (n= 41), se aplicó por vía subcutánea 10 ml de caseína + calcio fosforil-colina en el grupo tratamiento, para el diagnóstico reproductivo se utilizó Ecografía transrectal (Mindray DP50 VET®, transductor lineal 7.5 MHz) para la evaluación del diámetro uterino y presencia de cuerpo lúteo (CL), para el pesaje de los animales se utilizó una báscula Tru Test® S3. El estudio fue experimental de campo, con enfoque causa-efecto, con nivel aplicativo,

explicativo y descriptivo, las variables independientes estudiadas fueron la administración de caseína y calcio y las variables dependientes como ganancia de peso, diámetro uterino, presencia de CL y tasa de concepción.

Dentro de los principales resultados obtenidos por los autores en mención, en cuanto a la ganancia de peso, no hubo diferencias significativas entre grupos (0.72 vs 0.78 kg/kg/día;  $p>0,7144$ ); para el diámetro uterino aumento en ambos grupos; sin diferencia significativa ( $p>0.087$ ), con relación a la presencia de cuerpo lúteo 12.20% (tratamiento) vs 4.88% (control), con una tasa de preñez de 41.46% (tratamiento) vs 26.83% (control).

Varios autores como Michael et al. (2019); Avilés-Ruíz et al. (2022) respaldan que la condición corporal y el balance metabólico influyen en la pubertad y fertilidad; la acción de la colina favorece la metabolización lipídica, útil en transiciones energéticas críticas (Moretti et al., 2020; Marques et al., 2024). Resultados similares han sido reportados por Stevenson & Atanasov (2022), quienes indican que las tasas de concepción por IATF en vaquillas oscilan entre 35-40%; se reafirma el papel de la

LH y FSH en la formación de CL (Lucas et al., 2024).

#### 4. Conclusiones

Las deficiencias de minerales esenciales como Ca, P, Mg, Zn, Cu y Se en sistemas de pastoreo tropical afectan negativamente la ciclicidad ovárica, prolongan el anestro y reducen la tasa de concepción.

La suplementación mineral adaptada a condiciones locales mediante bloques, bolos o inyectables mejora la eficiencia reproductiva y el reinicio de la actividad ovárica.

El uso de minerales orgánicos/inorgánicos y bolos de liberación controlada favorece el metabolismo, la inmunocompetencia y la función reproductiva.

La interacción entre proteínas de alta calidad y minerales funcionales modula ejes metabólicos y endocrinos claves para la madurez sexual y ovulación.

#### Bibliografía

Abad, R., Aguirre, L., Escudero, G., Herrera, R., y Guerrero, B. (2023). Proyecto de creación del centro de investigación, desarrollo e innovación en nutrición animal

de la Universidad Nacional de Loja. Loja: CIDINA. [https://www.unl.edu.ec/sites/default/files/gaceta/anexo/2024-08/proyecto\\_cidina\\_vf2-signed-signed-signed-signed-signed-signed\\_u%CC%81ltimo.pdf](https://www.unl.edu.ec/sites/default/files/gaceta/anexo/2024-08/proyecto_cidina_vf2-signed-signed-signed-signed-signed-signed_u%CC%81ltimo.pdf)

Albornoz, L., Albornoz, J.P., Cruz, J.C., Fidalgo, L.E., Espino, L., Morales, M., & Verdes, J.M. (2017). Estudio comparativo de los niveles de Calcio, Fosforo y Magnesio durante el parto en vacas lecheras en diferentes sistemas de producción en Uruguay y España. *Veterinaria (Montevideo)*, 53(205),1-1. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/ve/v53n205/v53n205a01.pdf>

Aliarabi, H., Fadayifar, A., Alimohamady, R., & Dezfoulian, A.H. (2019). The effect of maternal supplementation of zinc, selenium, and cobalt as slow-release ruminal bolus in late pregnancy on some blood metabolites and performance of ewes and their lambs. *Biological trace element research*, 187,403-410. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-018-1409-8>

Aranguren-Méndez, J.A., Soto-Castillo, G., Quintero-Moreno, A., Rojas, N., y Hernández, H. (1997). Pubertad en novillas cruzadas suplementadas con bloques multinutricionales. <https://produccioncientificaluz.o>

- rg/index.php/cientifica/article/view/14294/14271
- Araujo-Febres, O. (2005). Los bloques multinutricionales: una estrategia para la época seca. *Cal*, 8(10).  
[http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/manual-ganaderia/seccion4/articulo5-s4.pdf](http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion4/articulo5-s4.pdf)
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O., Alcalá-Rico, J., Salinas-Chavira, J., Flores-Nájera, M., y Ruiz-Albarrán, M. (2022). Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito. *Abanico veterinario*, 12.  
<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.251>
- Bagnicka, E., Kościuczuk, E.M., Jarczak, J., Józwik, A., Strzałkowska, N., Słoniewska, D., & Krzyżewski, J. (2017). The effect of inorganic and organic selenium added to diets on milk yield, milk chemical and mineral composition and the blood serum metabolic profile of dairy cows. *Anim. Sci. Pap. Rep*, 35(1),  
<https://www.igbzpan.pl/uploaded/FSiBundleContentBlockBundleEntityTranslatableBlockTranslatableFilesElement/filePath/662/str17-34.pdf>
- Balamurugan, B., Ramamoorthy, M., Mandal, R.S.K., Keerthana, J., Gopalakrishnan, G., Kavya, K., & Katiyar, R. (2017). Mineral an important nutrient for efficient reproductive health in dairy cattle. *Int. J. Environ. Sci. Technol*, 6(1), 694-701.  
[https://www.researchgate.net/profile/Rahul\\_Katiyar/publication/313398989\\_MINERAL\\_IMPORTANT\\_NUTRIENT\\_FOR EFFICIENT\\_REPRODUCTIVE\\_HEALTH\\_IN\\_DAIRY\\_CATTLE/links/58996b64a6fdcc32dbdd192c/MINERAL-IMPORTANT-NUTRIENT-FOR-EFFICIENT-REPRODUCTIVE-HEALTH-IN-DAIRY-CATTLE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rahul_Katiyar/publication/313398989_MINERAL_IMPORTANT_NUTRIENT_FOR EFFICIENT_REPRODUCTIVE_HEALTH_IN_DAIRY_CATTLE/links/58996b64a6fdcc32dbdd192c/MINERAL-IMPORTANT-NUTRIENT-FOR-EFFICIENT-REPRODUCTIVE-HEALTH-IN-DAIRY-CATTLE.pdf)
- Balemi, S.C., Grace, N.D., West, D.M., Smith, S.L., & Knowles, S.O. (2010). Accumulation and depletion of liver copper stores in dairy cows challenged with a Cu-deficient diet and oral and injectable forms of Cu supplementation. *New Zealand Veterinary Journal*, 58(3), 137-141.  
<https://doi.org/10.1080/00480169.2010.67515>
- Bhalakiya, N., Haque, N., Patel, P., & Joshi, P. (2019). Role of trace minerals in animal production and reproduction. *International Journal of Livestock Research*, 9(9), 1-12.  
[https://ijlr.org/ojs\\_journal/index.php/ijlr/article/view/1106](https://ijlr.org/ojs_journal/index.php/ijlr/article/view/1106)
- Bhanderi, B. M., Goswami, A., Garg, M. R., & Samanta, S. (2016). Study on minerals status of dairy cows and their supplementation through area specific mineral

- mixture in the state of Jharkhand. *Journal of animal science and technology*, 58, 1-8. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40781-016-0124-2>
- Brugger, D., Buffler, M., & Windisch, W. (2014). Development of an experimental model to assess the bioavailability of zinc in practical piglet diets. *Archives of animal nutrition*, 68(2), 73-92. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1745039x.2014.898392>
- Campbell, M.H., Miller, J.K., & Schrick, F.N. (1999). Effect of additional cobalt, copper, manganese, and zinc on reproduction and milk yield of lactating dairy cows receiving bovine somatotropin. *Journal of Dairy science*, 82(5), 1019-1025. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75322-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75322-1)
- Campos-Granados, C. (2015). El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales. *Nutrición Animal Tropical*, 9(1), 1-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5166282>
- Cetz-Ucán, F.H., Cervantes-Tun, J.I., Sauri-Duch, E., Bores-Quintero, R.A., y Castellanos-Ruelas, A. F. (2005). Impacto del empleo de microminerales quelatados en la alimentación de rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (9). <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd17/9/cetz17097.htm>
- Chávez Hernández, J. (2021). Parámetros productivos y estado mineral del ganado lechero en pastoreo suplementado con distintos niveles de concentrado. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. <https://core.ac.uk/download/pdf/481499718.pdf>
- Confalonieri, O. E., Moscuza, H., Rodríguez, E. M., y Passucci, J. A. (2016). Patologías podales en ganado lechero y en feedlot del partido de Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(1), 11-19. [http://www.scielo.org.co/pdf/rf\\_mvz/v63n1/v63n1a02.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rf_mvz/v63n1/v63n1a02.pdf)
- Costa e Silva, L.F., de Campos Valadares Filho, S., Engle, T.E., Rotta, P.P., Marcondes, M.I., Silva, F.A.S., & Tokunaga, A.T. (2015). Macrominerals and trace element requirements for beef cattle. *PloS one*, 10(12), e0144464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144464>
- Cuéllar Sáenz, J. (30 de diciembre de 2021). Importancia de los minerales en la nutrición animal. Recuperado el 2 de noviembre de 2024, de *Veterinaria digital*: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-de->

- los-minerales-en-la-nutricion-animal/#Que\_son\_los\_minerales\_en\_nutricion\_animal
- Edwards, L.J., Overend, D.J., & Ellis, K.J. (2011). Selenium supplementation: Confirmation of an effective 5-year delivery system for sheep. *Small Ruminant Research*, 95(2-3), 184-187. <https://doi.org/10.1016/j.smallrures.2010.09.008>
- Griffiths, L.M., Loeffler, S.H., Socha, M.T., Tomlinson, D.J., & Johnson, A.B. (2007). Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New Zealand. *Animal Feed Science and Technology*, 137(1-2), 69-83. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.10.006>
- Gudiño-Escandón, R.S., Díaz-Untoria, J.A., Retureta-Gonzalez, C.O., Vega-Murillo, V.E., Torres-Cárdenas, V., Padilla-Corrales, C., y Martínez-Zubiaur, R.O. (2021). Análisis del impacto del uso de bloques multinutricionales en una unidad productiva de doble propósito en la zona centro del estado de Veracruz. *Livestock Research for Rural Development*, 33(6), 85. <http://www.lrrd.org/lrrd33/6/3385vvega.html>
- Gutiérrez Olvera, C., Spross Suárez, A.K., Rosiles Martínez, R., Ducoing Watty, A., y Ortiz Hernández, A. (2005). Selenio sanguíneo y fecal en ovinos a partir de comprimidos inorgánicos intrarruminales. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=4584>
- Hernandez, P.N.R., Devia, D.C., y Serrano, R.D.C. (2021). Suplementación orgánica e inorgánica de Cu y Se en dietas para vacas lecheras Normando. *Revista MVZ Córdoba*, 26(1), 11. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1983>
- Joksimović-Todorović, M., Davidović, V., & Bojanić-Rašović, M. (2016). The effects of some microelements supplementation: Selenium, zinc and copper into dairy cows feeds on their health and reproductive performances. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 32(2), 101-110. <https://aspace.agrif.bg.ac.rs/handle/123456789/4253>
- Kendall, N.R., Mackenzie, A.M., & Telfer, S.B. (2012). The trace element and humoral immune response of lambs administered a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus. *Livestock Science*, 148(1-2), 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.05.013>

- López-Gatius, F. (2012). Factors of a noninfectious nature affecting fertility after artificial insemination in lactating dairy cows. A review. *Theriogenology*, 77(6), 1029-1041. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.10.014>
- Marques, T.C., Monteiro, H.F., Melo, D.B., Coelho Jr, W.M., Salmán, S., Marques, L.R., & Lima, F.S. (2024). Effect of rumen-protected choline on dairy cow metabolism, immunity, lactation performance, and vaginal discharge microbiome. *Journal of Dairy Science*, 107(5), 2864-2882. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23850>
- Mata, D., y Combellas, J. (1994). Influencia de la suplementación con bloques multinutricionales durante la estación seca, sobre el comportamiento reproductivo de vacas de carne pastoreando en sabanas de *Trachypogon* sp. *Rev. Fac. Agron.(LUZ)*, 11(4), 365-382. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26000/26626>
- Michael, J.D., Baruselli, P.S., & Campanile, G. (2019). Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology*, 125, 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>
- Moretti, A., Paoletta, M., Liguori, S., Bertone, M., Toro, G., & Iolascon, G. (2020). Choline: an essential nutrient for skeletal muscle. *Nutrients*, 12(7), 2144. <https://doi.org/10.3390/nu12072144>
- Muñoz-González, J.C., Huerta-Bravo, M., Ramírez-Valverde, R., y González-Alcorta, M.J. (2015). Estado mineral y suplemento con alambre de óxido de cobre en cabras de San José Teacalco, Tlaxcala. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(5), 203-210. <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v2n5/v2n5a8.pdf>
- Parra Bastidas, J., y Oñate Zalabata, A. (2022). Efecto de las Vitaminas (B12 y E), Macro y Micro Minerales Inyectables en la reproducción de hembra bovina. (Tesis de Grado). Universidad Santander, Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agropecuarias, Valledupar. Obtenido de <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/dee50449-c00c-4658-a26c-fcc96f2230e8/content>
- Ochoa, M.Á.B., Suárez, A.K.S., y Martínez, R.R. (2000). Evaluación de comprimidos intrarruminales de selenio por concentración sanguínea y lanar de corderas semiestabuladas. *Veterinaria México*, 31(2), 121-127. <https://www.medigraphic.com/p>

- dfs/vetmex/vm-2000/vm002g.pdf
- Ortega, A. C., y Meneses, M.R. (2010). Evaluación comparativa del desempeño de tres fuentes de suplementación proteico-mineral, sobre los parámetros productivos y reproductivos en un hato de crías cebú comercial en el urabá antioqueño. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, 11(12), 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63616936005.pdf>
- Overton, T. R., & Yasui, T. (2014). Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of animal science*, 92(2), 416-426. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7145>
- Phipps, R.H., Grandison, A.S., Jones, A.K., Juniper, D.T., Ramos-Morales, E., & Bertin, G. (2008). Selenium supplementation of lactating dairy cows: effects on milk production and total selenium content and speciation in blood, milk and cheese. *Animal*, 2(11), 1610-1618. <https://doi.org/10.1017/S175173110800298X>
- Puccinelli, M., Malorgio, F., & Pezzarossa, B. (2017). Selenium enrichment of horticultural crops. *Molecules*, 22(6), 933. <https://doi.org/10.3390/molecules22060933>
- Rojas, N., Aranguren-Mendez, J.A., Quintero, A., Soto, G.S., y Hernández, H. (1998). Reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas mestizas de doble propósito suplementadas con bloques multinutricionales. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14371/14348>
- Romo, A. (30 de septiembre de 2020). Importancia de los minerales en el desempeño reproductivo en el ganado bovino. Recuperado el 3 de noviembre de 2024, de Agrovet: <https://www.ganaderia.com/borradores/Importancia-de-los-minerales-en-el-desempeno-reproductivo-en-el-ganado-bovino>
- Samadi, F., Phillips, N.J., Blache, D., Martin, G.B., & D'Occhio, M.J. (2013). Interrelationships of nutrition, metabolic hormones and resumption of ovulation in multiparous suckled beef cows on subtropical pastures. *Animal Reproduction Science*, 137(3-4), 137-144. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.12.012>
- Stevenson, J.S., & Atanasov, B. (2022). Changes in body condition score from calving to first insemination and milk yield, pregnancy per AI, and pregnancy loss in lactating dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology*, 193, 93-102.

- <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.09.010>
- Sun, P., Wang, J., Liu, W., Bu, D.P., Liu, S. J., & Zhang, K.Z. (2017). Hydroxy-selenomethionine: A novel organic selenium source that improves antioxidant status and selenium concentrations in milk and plasma of mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9602-9610. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12610>
- Surai, P.F., Kochish, I.I., Fisinin, V.I., & Juniper, D.T. (2019). Revisiting oxidative stress and the use of organic selenium in dairy cow nutrition. *Animals*, 9(7), 462. <https://doi.org/10.3390/ani9070462>
- Suttle, N. (2022). Mineral nutrition of livestock. GB: Cabi. <https://doi.org/10.1079/9781789240924.0011>
- Uchida, K., Mandebvu, P., Ballard, C.S., Sniffen, C.J., & Carter, M.P. (2001). Effect of feeding a combination of zinc, manganese and copper amino acid complexes, and cobalt glucoheptonate on performance of early lactation high producing dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 93(3-4), 193-203. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00279-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00279-6)
- Valdez-Arjona, L., Ramírez-Mella, M., Ramírez, M.D., Guzmán, J.J., Garibay, M.G., de la Lama, G.M., y Ramírez-Bribiesca, E. (2019). Problemas productivos y reproductivos por deficiencias minerales en bovinos de algunas regiones tropicales de México. *Agro Productividad*, 12(12). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1505>
- Van, G. (2018). Vitamins and Minerals. *Current Developments in Nutrition*, 2 (11). <https://cdn.nutrition.org/action/showPdf?pii=S2475-2991%2823%2912050-6>
- Yasothai, R. (2014). Importance of minerals on reproduction in dairy cattle. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3(6), 2051-2057. <https://www.ijset.net/journal/446.pdf>
- Zambrano, N.G.V., Banda, A.J.V., y Andrade, J.I.M. (2024). Caseína y calcio vía subcutánea sobre parámetros productivos y reproductivos en vaquillas cebú mestizas. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(5), 133-140. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i5.1195>