



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al **H. Consejo Directivo de la Facultad**, como requisito previo
para la obtención de título de:

MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

TEMA:

Importancia de los minerales en la producción bovina lechera

AUTORA:

Odalys de Jesús Freire Aguirre

TUTOR:

Mvz. Juan Carlos Gómez Villalva, Msc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2021

RESUMEN

Los minerales son nutrientes esenciales que representan el 5% del peso vivo del bovino. Aunque se requieren en cuantías mínimas, sus deficiencias y desequilibrios afectan la producción, reproducción y salud animal. Para analizar la importancia de los minerales en la producción bovina lechera; el presente trabajo se basó en la revisión de fuentes bibliográficas. En este sentido, los minerales tienen mayor potencial y menor costo para incrementar los rendimientos productivos y reproductivos en ganaderías lecheras. Empero, se demostró que las alteraciones por deficiencia mineral de mayor impacto económico son la hipocalcemia y tetania hipomagnésica con $p < 0,05$ para ambas; la anemia por ferropenia, hipocuprosis o deficiencia de selenio, es una de las consecuencias productivas más graves debido a bajos rendimientos. La importancia reproductiva de estas enfermedades radica, en que pueden provocar fallas reproductivas (anestro, animales acíclicos, abortos, etc.). Los requerimientos de minerales pueden figurar en Ca 0,40 a 0,80 %; P 0,20 a 0,40%; Mg 0,25 a 0,30%; Cu 10 a 15 mg/kg en etapa de transición de vaca seca a lactante; mientras que para Fe hasta 100 mg/kg MS y Se hasta 0,30 mg/kg MS en distintos períodos fisiológicos. Se espera que los resultados obtenidos brinden utilidad a los profesionales y productores.

Palabras claves: nutrientes, alteraciones, deficiencia, requerimientos.

SUMMARY

Minerals are essential nutrients that represent 5% of the live weight of the bovine. Although they are required in minimal amounts, their deficiencies and imbalances affect animal production, reproduction and health. To analyze the importance of minerals in bovine dairy production; the present work was based on the review of bibliographic sources. In this sense, minerals have greater potential and lower cost to increase productive and reproductive yields in dairy farms. However, it was shown that the mineral deficiency disorders with the greatest economic impact are hypocalcemia and hypomagnesemic tetany with $p < 0.05$ for both; anemia due to iron deficiency, hypocuprosis or selenium deficiency is one of the most serious productive consequences due to low yields. The reproductive importance of these diseases lies in the fact that they can cause reproductive failure (anestrus, acyclic animals, abortions, etc.). Mineral requirements can range from Ca 0.40 to 0.80%; P 0.20 to 0.40%; Mg 0.25 to 0.30%; Cu 10 to 15 mg/kg in transition stage from dry cow to suckling; while for Fe up to 100 mg/kg DM and Se up to 0.3 mg/kg DM in different physiological periods. The results obtained are expected to be useful to professionals and producers.

Key words: nutrients, alterations, deficiency, requirements.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Fundamentación teórica	4
1.5.2. Funciones de los minerales	4
1.5.3. Clasificación de los minerales	5
1.5.4. Interacción entre los minerales	8
1.5.5. Requerimientos minerales para el ganado lechero	8
1.5.6. Principales alteraciones ocasionadas por los minerales	10
1.5.6.1. Hipocalcemia	10
1.5.6.2. Tetania Hipomagnésica	13
1.5.6.3. Anemia	15
1.6. Hipótesis	16
1.7. Metodología de la Investigación	16
CAPITULO II	17
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1. Desarrollo del caso	17
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)	17
2.3. Soluciones planteadas	20
2.4. Conclusiones	20
2.5. Recomendaciones	21
BIBLIOGRAFÍA	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de minerales para bovinos de leche.	5
Tabla 2. Funciones, y síntomas de deficiencia y toxicidad de minerales en el ganado.	6
Tabla 3. Requerimientos de minerales de vacas lecheras lactantes raza Holstein y Jersey. ..	9
Tabla 4. Desbalances nutricionales preparto (deficiencia o exceso) y su asociación con desordenes metabólicos y reproductivos postparto.	12
Tabla 5. Necesidades minerales con base en el estado productivo y máximas concentraciones tolerables en vacas de leche.	18
Tabla 6. Requerimiento Mineral en bovinos de leche en distintos períodos fisiológicos	18
Tabla 7. Causas nutricionales en la reproducción.	19
Tabla 8. Principales alteraciones ocasionadas por deficiencia de minerales.	19
Tabla 9. Requerimientos nutricionales y condición corporal (CC) sugerida de vaca lecheras, según producción, período de lactancia y preñez.	30

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Problemas derivados de la hipocalcemia subclínica.	11
Ilustración 2. Distribución geográfica de los minerales en América Latina.	31
Ilustración 3. Distribución geográfica de minerales en Ecuador.	32

INTRODUCCIÓN

El éxito de toda producción lechera depende de la interacción de 4 factores: manejo, sanidad, genética y nutrición (Albújar 2019, p. 9), siendo el manejo nutricional la clave para garantizar una elevada respuesta productiva (Perdigués 2016, p. 5). En este sentido, la energía y la proteína son los factores primarios a tener en cuenta en la alimentación animal, pero su aporte se hace inefectivo si no se tiene en consideración la interacción con los minerales (macrominerales y microminerales), como nutrientes esenciales (Repetto *et al.* 2004, p. 6).

Los minerales son micronutrientes inorgánicos esenciales que el cuerpo necesita en cantidades o dosis muy pequeñas, para realizar funciones estructurales y reguladoras en procesos corporales (Carbajal 2017, p 1). Sin embargo, en la formulación de dietas para ganado vacuno, se les ha prestado poco interés, pero en efecto es una cuestión que incluye 21 elementos esenciales, o posiblemente esenciales, que tienen todas las propiedades de ser un principio inmediato como los demás (Ciria *et al.* 2005, p. 50).

Las actuales tendencias en la nutrición mineral bovina, demuestran que los minerales constituyen entre el 4-5% del peso vivo del animal (Ciria *et al.* 2005, p. 50) y por lo general se adquieren del aporte que realizan los alimentos y el agua de bebida (Coria 2020, p 2). En ese marco, para que un animal se halle en balance mineral el consumo debe cumplir con el requerimiento de cada elemento, para prevenir desequilibrios u alteraciones por deficiencias o toxicidad (Beede *et al.* 2017).

Por lo antes mencionado, el presente trabajo procura analizar la importancia de la inclusión mineral en la dieta de producción bovina lechera; así como también establecer los requerimientos minerales diarios y determinar las principales alteraciones asociadas a deficiencias en bovinas lecheras.

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

La presente tesina, componente práctico del examen de grado de carácter complejo; trata sobre la importancia de los minerales en la producción bovina lechera.

1.2. Planteamiento del problema

El inadecuado suministro de macro y micro minerales afecta los rendimientos productivos (García Díaz *et al.* 2018; Rivera *et al.* 2016) y reproductivos (Balamurugan *et al.* 2017; Pino *et al.* 2018) en las ganaderías de leche. En ese aspecto, los índices reproductivos en las hembras lecheras se ven alterados por una deficiencia en el suministro de minerales (Calderón *et al.* 2017, p. 2).

En los diversos sistemas de producción se pone especial interés en la cantidad de alimento que consumen los bovinos en términos de materia seca, energía y proteína, pero no se pone atención en los minerales que está consumiendo el animal (Jiménez *et al.* 2014 p. 1).

1.3. Justificación

El propósito de la investigación se justifica en la importancia de la nutrición mineral en bovinos lecheros. En ese marco, los minerales son de consideración especial porque constituyen el tercer grupo limitante en la dieta del animal (Cseh 2015, p. 143) siendo a su

vez, el que tiene mayor potencial y menor costo para incrementar la producción lechera e índices reproductivos del ganado (Nunes 2017).

La importancia de los minerales en la dieta, radica en que son necesarios para la vida y el desarrollo óptimo, puesto que tienen actividades muy relevantes en diferentes órganos, tejidos y sistemas de los animales (Jiménez *et al.* 2014, p. 8). Por consiguiente, se considera fundamental el aporte mineral en las granjas ganaderas para evitar posibles alteraciones por deficiencia o toxicidad, que puedan causar una pérdida de rentabilidad significativamente alta.


El presente trabajo bibliográfico es de gran transcendencia, ya que el estudio prudente y organizado del problema servirá de referencia en futuras investigaciones.


1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la importancia de la inclusión mineral en la dieta de producción bovina lechera.

1.4.2. Objetivos Específicos

-  Establecer los requerimientos minerales diarios en la alimentación bovina lechera.

-  Determinar las principales alteraciones asociadas a deficiencia mineral en vacas destinadas a producción de leche.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Minerales

Los minerales como micronutrientes inorgánicos esenciales que el cuerpo necesita en cantidades o dosis muy pequeñas, para realizar funciones estructurales y reguladoras en procesos corporales (Carbajal 2017, p.1). Los minerales constituyen entre el 4-5% del peso vivo del animal (Ciria *et al.* 2005, p. 50).

1.5.2. Funciones de los minerales

Underwood y Suttle (1999) citados por Limón Hernández (2016) determinaron que, los minerales cumplen con cuatro funciones importantes en el organismo: estructurales, fisiológicas, catalíticas y regulatorias. Cabe mencionar que, dichas funciones no son exclusivas de todos los minerales y varían de acuerdo al tipo de mineral y animal (p. 10).

- ✚ **Estructural:** Algunos minerales forman parte de estructura de órganos y tejidos corporales, como es el caso del calcio, fósforo, magnesio, flúor y silicio que forman la mayor parte de la estructura ósea (Underwood y Suttle 1999).
- ✚ **Fisiológica:** Ciertos minerales se presentan en forma de electrolitos en tejidos y fluidos corporales, estos intervienen en el mantenimiento de la presión osmótica, del equilibrio ácido-base, de la permeabilidad de las membranas, el sodio y el potasio son ejemplo de este caso (McDowell y Arthington 2005).
- ✚ **Catalítica:** Actúan como catalizadores de enzimas y ciertas hormonas, como componentes estructurales de metaloenzimas, el cobre es un ejemplo de estas funciones.
- ✚ **Reguladora:** Se ha demostrado que los minerales participan en la regulación de la replicación y diferenciación celular, un ejemplo de ellos es el calcio que actúa en

señales de transducción y el cinc interviene en la transcripción (Underwood y Suttle 1999).

1.5.3. Clasificación de los minerales

Generalmente a los minerales se les suele clasificar en 2 grupos: macrominerales y Microminerales (Páez *et al.* 2012).

Los macrominerales se encuentran en concentraciones altas en el organismo (más de 100 mg/Kg de peso vivo y se expresan en porcentaje % de la ración), y están implicados básicamente en la formación de tejidos: calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cloro (Cl), azufre (S), magnesio (Mg) y potasio (K) se ubican en esta categoría. Los microelementos o también llamados elementos traza se hayan en el organismo en concentraciones bajas (menos de 100 mg/Kg de peso vivo y se expresan en ppm, partes por millón o mg/Kg). En este grupo se encuentra al cobre (Cu), cobalto (Co), manganeso (Mn), cinc (Zn), iodo (I), hierro (Fe), selenio (Se), molibdeno (Mo), flúor (F), cromo (Cr), níquel (Ni) y silicio (Si), que están involucrados en funciones regulatorias, como cofactores de enzimas (Coria 2020, p. 3). El ganado comúnmente adquiere los minerales necesarios del suelo, del agua y de la ración de alimento que se le suministra diariamente (Limón Hernández 2016, p. 21)

Tabla 1. Fuentes de minerales para bovinos de leche.

FUENTE		MINERALES
Agua		Na, Cl, Ca, Mg, I, Cu, S.
Suelo		Co, Se, Mb, I.
Alimentos	Vegetales -Cereales	Son deficientes en Ca, K, Na, Cu, Mn t Zn
	Pastas de oleaginosas	Son más ricas en minerales que en los cereales
	Melaza	Alta en Mn, K, S, y baja en P y Zn.
	Pajas	Son deficientes en minerales excepto el K y Fe.
	Subproductos animales	Son fuentes de minerales excepto el Mg.
Excretas		Son buenas fuentes de minerales, pero contienen demasiado Ca con respecto al P, exceso de Fe y Cu.

Fuente: INTATEC- Instituto Nacional Tecnológico (2016).

Se ha demostrado que al menos 16 son requeridos por el ganado lechero (Gutiérrez 2015, p. 1). Por otra parte, Noguera y Posada (2016) exponen que son 17 los minerales esenciales requeridos (p.12).

Tabla 2. Funciones, y síntomas de deficiencia y toxicidad de minerales en el ganado.

MINERAL	FUNCIONES	DEFICIENCIAS	TOXICIDAD
MACROMINERALES			
Ca	<ul style="list-style-type: none"> - Constituyente de huesos y dientes. - Transmisión de impulsos nerviosos. - Coagulación de sangre. - Mensajero químico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hipocalcemia - Distocias - Retención placentaria - Raquitismo y Osteomalacia 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcificación - Tumores en la tiroides - Cálculos urinarios
P	<ul style="list-style-type: none"> - Constituyente de huesos y dientes. - Metabolismo energético. - Regulador sanguíneo. - Componente de ácidos nucleicos y fosfolípidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Problema de mineralización de huesos. - Osteomalacia. - ↓ Apetito, pica. - ↓ Producción y Reproducción 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas con metabolismo de Ca. - Fiebre de leche - Laminitis - Cálculos renales y urinarios.
K	<ul style="list-style-type: none"> - Osmoregulación y balance ácido-base. - Excitación nerviosa/ muscular. - Metabolismo de carbohidratos. - Electrolito intracelular. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hipocalemia. - ↓ Consumo de alimento y agua. - ↓ Rendimiento en leche. - ↓ Peso vivo - Pica 	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ Absorción de Mg. - Paro cardíaco, muerte.
Na y Cl	<ul style="list-style-type: none"> - Osmoregulación y balance ácido-base. - Transmisión de impulsos nerviosos. - Electrolitos extracelular. - Absorción de azúcares y Aminoácidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Deshidratación - Temblores, debilidad - ↓ Apetito, pica - ↓ Consumo de alimento. - ↓ Rendimiento en leche 	<ul style="list-style-type: none"> - Anorexia - Anhidremia - ↓ Peso vivo - ↓ Rendimiento en Leche - Edema mamario
S	<ul style="list-style-type: none"> - Metabolismo proteínas, lípidos y carbohidratos. - Regulación de equilibrio ácido-base 	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ Fermentación ruminal - ↓ Peso vivo - ↓ Producción láctea 	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ Absorción de selenio y cobre. - Poliencefalomalacia
Mg	<ul style="list-style-type: none"> - Constituyente de huesos. - Conducción nerviosa - Cofactor de enzimas en 	<ul style="list-style-type: none"> - Tetania hipomagnésica - Retención placentaria 	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ Consumo de Alimento - Diarrea

	el m. de carbohidratos y lípidos.		
MICROMINERALES			
Cr	- Involucrado en el sistema inmune - Metabolismo energético	- Anestro - Desórdenes neurológicos - ↓ R. inmunológica - Anemia	- Neoplasias
Co	- Metabolismo propiónico, energético y proteico	- ↓ Parámetros reproductivos - Degeneración hepática	- Policitemia
Cu	- Activador de enzimas. - Componente de enzimas - Pigmentación del pelo y lana. - Reproducción. - Desarrollo de huesos y tejido conectivo - Crecimiento	- Descoloración de pelo. - Diarrea - Retención de placenta - Anemia - ↓ Crecimiento - Lesiones en el tronco encefálico y medula espinal.	- Crisis hemolítica - Ictericia - Necrosis de células del hígado. - Muerte por coma hepático.
Fe	- Activador de enzimas - Componente de hemoglobina/mioglobina. - Cofactor de enzimas en la cadena de transporte de electrones.	- Anemia microcítica hipocrómica en becerros.	- Estrés oxidativo - ↓ Crecimiento - Diarrea - ↓ Absorción de Cu, P y Zn.
I	- Metabolismo de hormonas	- Bocio - ↓ Tasa de concepción - Ceguera en neonatos - Anestro - Retención placentaria	- Abortos - Hipotiroidismo - ↓ Hemoglobina sanguínea
Mn	- Activador de enzimas como la glicosiltransferasa (formación de huesos).	- Hipocalcemia. - ↓ Consumo de alimento y agua. - ↓ Rendimiento/ leche. - ↓ Peso vivo - Pica	- ↓ Crecimiento - Deformación de huesos - ↓ Reproducción - Ataxia en recién nacidos
Se	- Funciones corporales (crecimiento, reproducción inmunidad) - Protección de los tejidos	- E. musculo blanco. - ↓ Crecimiento - Mastitis - Metritis - Retención placentaria	- Necrosis de pezuña - Muerte
Mo	- Componente de enzimas. - Limita la absorción de Cu y P	- Sin detectar	- Deficiencia de Cu
Zn	- Componente y activador de enzimas. - Replicación y diferenciación celular.	- ↓ Consumo de alimento - ↓ Crecimiento - ↓ Reproducción	- ↓ Consumo de alimento - ↓ Absorción de Cu

Fuente: McDonald *et al.* (2011); NRC (2001); Underwood y Suttle (1999); Minson (1990); McDowell y Arthington (2005); Gómez *et al.* (2019).

Generalmente las deficiencias minerales se clasifican en primaria y secundaria. La deficiencia primaria ocurre cuando no es suficiente la cantidad de minerales en la dieta; la deficiencia secundaria sucede cuando existe deficiencia por interacción de otros elementos (Luna y Roldan 2013, p. 48).

En cuanto a la toxicidad De la Guardia y Garrigues (2015) exponen que, el organismo tiene la capacidad de reconocer un nutriente mineral y lidiar con la dicotomía entre su esencialidad y su toxicidad regulando la absorción y excreción de estos nutrientes esenciales como una forma de regular el mantenimiento de niveles compatibles con la vida, mientras que al mismo tiempo se minimiza la probabilidad de que estos elementos minerales participen en reacciones tóxicas (López 2018, p. 19).

1.5.4. Interacción entre los minerales

De manera general, las interacciones más comunes según Garmendia (2007) citado por Álvarez (2019) son:

- ✚ El exceso de azufre provoca deficiencia de cobre, zinc y selenio.
- ✚ El exceso de calcio provoca deficiencia de cobre y zinc.
- ✚ El exceso de cobre provoca deficiencia de hierro y zinc.
- ✚ El exceso de hierro provoca deficiencia de cobre y hierro.
- ✚ El exceso de aluminio provoca deficiencia de fósforo.

1.5.5. Requerimientos minerales para el ganado lechero

Los requerimientos de minerales en hembras lecheras en de acuerdo a Overton y Yasui (2014) se dividen en: mantenimiento, crecimiento, preñez y lactancia (Álvarez 2019, p. 15).

- ✚ **Mantenimiento:** Para determinar el requerimiento mineral en esta etapa, se calculan los minerales presentes en pérdidas endógenas e insensibles, como heces y orina (NRC 2001).
- ✚ **Crecimiento:** NRC (2001), los requerimientos de minerales en crecimiento se expresan como la cantidad de mineral retenido por kg (ganancia de peso diaria).
- ✚ **Preñez:** El requerimiento de minerales aumenta significativamente al final de los 2 últimos meses de gestación (Beede *et al.* 2017). Por su parte, Majano y Recasens (2018), manifestaron que una inadecuada nutrición mineral en las hembras nos va a producir trastornos en los terneros al nacimiento (malformación).
- ✚ **Lactancia:** Los requerimientos en lactancia están condicionados por la composición mineral que contenga la leche y se miden por kg de leche producido (Beede *et al.* 2017).

Tabla 3. Requerimientos de minerales de vacas lecheras lactantes raza Holstein y Jersey.

	Holstein: 680 kg PV, Grasa en leche: 3.5%, Proteína verdadera en leche: 3.0%, Lactosa en leche: 4.8%		Jersey: 454 kg PV, Grasa en leche: 4.2%, Proteína verdadera en leche: 3.6%, Lactosa en leche: 4.8%	
Producción de leche (kg)	25	35	25	35
Ca absorbible, g/kg	32,1	65,0	50,7	65,2
Ca dietético, %	0,62	0,61	0,57	0,57
P absorbible, g/kg	44,2	56,5	41,4	54,1
P dietético, %	0,32	0,35	0,33	0,37
Mg, %	0,18	0,19	0,18	0,19
Cl, %	0,24	0,26	0,24	0,26
K, %	1,00	1,04	1,02	1,03
Na, %	0,22	0,23	0,20	0,20
S, %	0,20	0,20	0,20	0,20
Co, mg/kg	0,11	0,11	0,11	0,11
Cu, mg/kg	11	11	10	10
I, mg/kg	0,60	0,50	0,44	0,40
Fe, mg/kg	12,3	15	14	16
Mn, mg/kg	14	14	12	12
Se, mg/kg	0,30	0,30	0,30	0,30
Zn, mg/kg	43	48	45	49

Fuente: Adaptado de NRC (2001).

1.5.6. Principales alteraciones ocasionadas por los minerales

1.5.6.1. Hipocalcemia

La definición clásica de hipocalcemia (fiebre de la leche o paresia puerperal), expone que es una falla del sistema endocrino para mantener los niveles adecuados de calcio en sangre, probablemente se considera que bloquea la transmisión neuromuscular y lo que conlleva a la parálisis (Fatro 2018). La hipocalcemia consiste en la disminución de calcio sérico menor a 2mmol/lt (Keanthao *et al.* 2019, p. 191), considerando que este cambio de niveles de calcio muy bajos se presenta entre las 12 a 24 horas después del parto (Neves *et al.* 2017, p. 3976).

Existen dos tipos de hipocalcemia clínica y subclínica. La hipocalcemia clínica se asocia a valores de hipocalcemia severa, inferiores a 5,5 mg/dl, en tanto que la forma subclínica se asocia a valores de hipocalcemia moderada, de entre 5,5 a 8,0 mg/dl (Martínez 2018, p. 34). Varios autores en el trabajo realizado por Muiño *et al.* (2018) , exponen que la hipocalcemia clínica tiene una incidencia de 5 y 10% (Oetzel 1988) y la forma subclínica su incidencia puede presentar una incidencia entre el 65% (Martínez *et al.* 2012) y el 78% (Rodríguez *et al.* 2017), pero no se puede detectar con facilidad (p. 260) .

Entre los factores predisponentes de la hipocalcemia, encontramos:

- ✚ **Factores individuales:** De acuerdo a Albornoz *et al.* (2016)
 - Raza: Channel Island, Sueco Rojo o Blanco y sus cruces
 - Edad: Mayor edad, a partir de 2-3 partos.
 - Dieta: Vacas alimentadas con bajos niveles de calcio donde no se presenta un balance apropiado entre Calcio y fosforo.
 - Condición corporal: Animales con un estado corporal mayor de 4 (ratio 4.3.)
 - Producción de leche: La incidencia de la Hipocalcemia está asociada positivamente con la producción de leche (p. 32-33).

✚ **Factores ambientales:** Como la reducción de horas de luz (fotoperíodo), que supone inferior formación de vitamina D (Özçelik *et al.* 2017), y por consiguiente, disminución de la absorción intestinal de calcio.

Trabajos recientes han probado que la fiebre de la leche está asociada con incrementos espectaculares en la incidencia de mastitis, cetosis, distocias, metritis, desplazamiento abomasal y retención de placenta (*véase Ilustración 1.*), tanto la hipocalcemia subclínica como la clínica, inician el principal complejo patológico asociado con el parto (Mayanga 2018, p. 16; Iñiguez 2019); llevando como consecuencia una baja de la producción del hato y pérdidas de animales de alta producción (Ortega-Vaca 2021, p. 2).

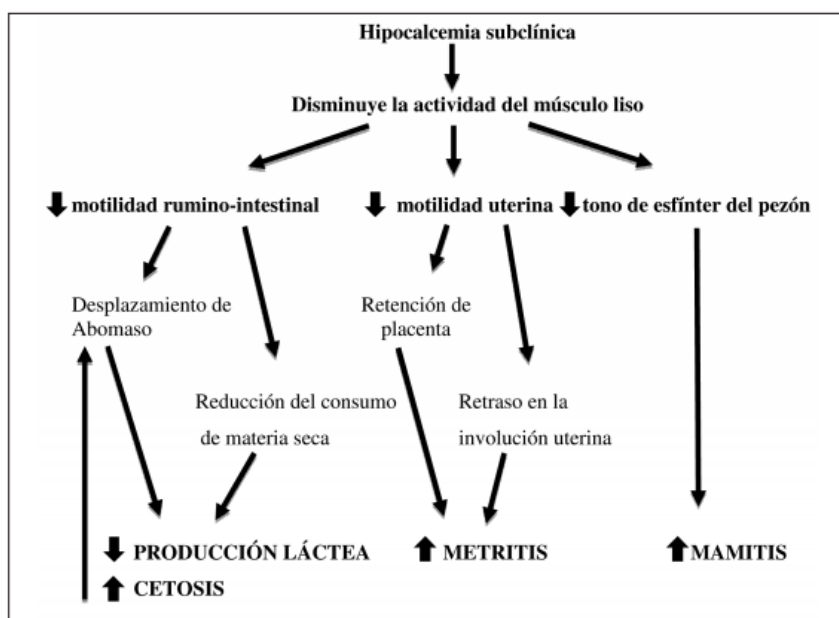


Ilustración 1. Problemas derivados de la hipocalcemia subclínica.

Fuente: Muiño *et al.* (2018).

Estos desordenes generalmente se presentan en el periodo entre la preñez y lactancia denominado transición, el cual dura seis semanas; inicia tres semanas antes del parto y finaliza tres semanas postparto (Bhimte *et al.* 2018, p. 440).

Tabla 4. Desbalances nutricionales preparto (deficiencia o exceso) y su asociación con desordenes metabólicos y reproductivos postparto.

Desorden	Desequilibrio		Enfermedad asociada
	Deficiencia	Exceso	
Distocia	Ca, Energía, proteína	Energía	Fiebre de la leche, Síndrome vaca gorda.
Fiebre de la leche	Ca, Mg, proteína	Ca, P, Na, K, vit D	Distocia, RMF, cetosis mastitis, DA.
Hipomagnesemia	Mg	K, proteína	Fiebre de la leche (tetania)
Síndrome de la vaca caída	P, K	Energía	Fiebre de la leche Síndrome vaca gorda.
Retención de membranas fetales (RFM)	Se, Cu, I, P, vit Ay E, proteína, energía	Energía, Ca, K, P	Síndrome vaca gorda, Fiebre de leche, cetosis.
Metritis	Ca, Co, vit E, Se, vit D	Energía	RFM, DA, Síndrome vaca gorda.
Mastitis	Se, vit E, vit A	K	Fiebre de leche, DA.
Edema mamario	Proteína, Mg	Na, K, energía	Mastitis
Cetosis	Proteína, energía	Energía	Fiebre de leche, RFM, DA, Síndrome vaca gorda.
Desplazamiento del abomaso (DA)	Ca, fibra, energía	Energía	Metritis, mastitis, fiebre de leche, cetosis.

Fuente: Meléndez (2016).

De acuerdo a Martínez (2018) la forma clínica se puede dividir en 3 etapas (p.34):

- ✚ **1era etapa:** La vaca sufre un breve estado de excitación, acompañada de un cuadro de tetania con hipersensibilidad y temblores musculares. Ésta permanece quieta e inapetente.
- ✚ **2da etapa:** La vaca se posiciona en decúbito esternal, y aunque ya no presente tetania de lo miembros sigue sin poder ponerse de pie.
- ✚ **3era etapa:** La vaca muestra un estado de coma (decúbito lateral); incapaz de levantarse y lo que conlleva a producirse un meteorismo secundario. A su vez, de no poder revertirse el cuadro esta patología el animal muere.

El diagnóstico de esta patología es de rebaño, consiste en el análisis de calcio sérico en las vacas de leche que se encuentran en el periodo de transición (Muiño *et al.* 2018, p. 259). El tratamiento consiste en la reposición parenteral de sales de calcio siendo la elección de varios autores el borogluconato de calcio a dosis recomendadas de 100 a 500 g de compuesto en solución al 20 o 30% (Neves *et al.* 2018, p. 3797; Domino *et al.* 2017, p. 9682; Amanlou *et al.* 2016, p. 9199). Por su parte autores consideran como la prevención de la hipocalcemia debe estar centrada en los medios dietarios, sin tener muy en cuenta la adición de cationes como sodio y potasio para evitar la presentación de la hipocalcemia en etapas tempranas (Neves *et al.* 2017, p. 3796).

1.5.6.2. Tetania Hipomagnesémica

Lizarraga (2020) citando a Cseh (1984), define a la tetania hipomagnesémica como un complejo desorden metabólico, asociado con el descenso de las concentraciones de Mg y Ca sérico, producido por la caída de la concentración de los dos minerales en el sistema nervioso central (SNC), que afecta especialmente a vacunas adultas, en pastoreo (rebrotos), con mayor tasa de incidencia en el preparto (p. 10). Por su parte, CONtexto ganadero (2019) expone, que las vacas de alta producción lechera son más proclive a sufrir la tetania, al igual que los animales expuestos a altos niveles de estrés.

La incidencia es de 20% en las vacas en pastoreo; no obstante, las pérdidas por muerte pueden ser del 2 al 3% (Goff 1998, p. 135-136). Desde el punto de vista económico es la primera causa de mortalidad en vacas de cría (Rosas *et al.* 2021), pudiendo alcanzar el 4-5% de mortandad en los hatos afectados (Sommanico 2018). De acuerdo a Rosas *et al.* (2021) entre los factores predisponentes se encuentran:

Factor animal:

- Estado corporal: El riesgo de hipomagnesemia es mayor en los animales gordos.
- Estado productivo: Vacas de alto rendimiento lechero son más vulnerables, al igual que las vacas gestantes y al inicio de parición.

- Raza: Influye en la digestibilidad de Mg; en ese sentido, se reporta por ejemplo que la digestibilidad de Mg en vacas de raza Brahman tiene mayor digestibilidad en comparación a Jersey, Holstein y Hereford.
- Edad: Los bovinos adultos son más susceptible a la deficiencia de Mg que los más jóvenes, puesto que la capacidad de movilización de sus reservas es pobre; por lo que dependen de la ingesta diaria.
- ✚ **Factor alimenticio:** Forraje con crecimiento vegetativo elevado (invierno) aumenta la velocidad de pasaje del alimento por el rumen debido al contenido de agua, lo cual reduce la absorción de este mineral.
- ✚ **Factor asociado al manejo:** El transporte y la estabulación del ganado generan estrés, que origina la movilización de tejido adiposo y con ello, peligro de hipomagnesemia.
- ✚ **Factor ambiental:** En el invierno las pasturas rebrotan, y presentan cambios en su composición química (disminución en la concentración de Mg, Ca, Na y con elevadas concentraciones de K), que interfieren en la absorción del Mg.

Los signos más importantes que caracterizan la enfermedad son la hiperexcitabilidad, las convulsiones tónico clónicas, la hipertermia y muerte por falla cardiorrespiratoria (Contreras 1997, p.16). El diagnóstico se basará en la anamnesis y los signos clínicos. Los análisis de laboratorio de sangre, orina, humor vitreo y líquido céfalo-raquídeo confirmarán las bajas concentraciones de Mg (Contreras 1997, p.20).

Se recomienda la administración endovenosa lenta de soluciones que aporten Mg y Ca (35g de CaCl₂ y 15g de MgCl en 1000 ml) como tratamiento. No obstante, la terapéutica inyectable, permite recuperar al animal, pero de permanecer en las mismas condiciones podría repetirse el cuadro en 24 a 72 horas (Cseh 2017), por lo que al instante se deberá asegurar un nuevo aporte de Mg por vía oral. Mattioli (2014) enuncia que, la prevención de la tetania se logra suplementado por vía oral con sales de Mg. (30 gr diarios de Mg hembras adultas), presentes en 55 gr de óxido de Mg (MgO) o 100 gr de carbonato de Mg (MgCO₃); en dosis de 50-60g/vaca/día, mezclado con el concentrado, silo, NaCl o melaza.

1.5.6.3. Anemia

La deficiencia nutricional es la principal causa de anemia en bovinos al pastoreo, esto debido a la carencia de microminerales tales como hierro, cobre, selenio y cobalto, ya que los forrajes o pastos rara vez satisfacen todos los requerimientos minerales del animal. Las deficiencias incluso pueden originarse por la ingesta de alimento de baja calidad, baja disponibilidad y digestibilidad en el organismo o incrementada demanda durante el crecimiento, gestación y lactación. Asimismo, los alimentos y dietas no balanceadas en contenido mineral afectan el desarrollo de los animales jóvenes, además disminuyen el apetito, la absorción de nutrientes y la inmunidad; e incrementan la susceptibilidad a enfermedades (Radwinska y Zarczynska 2014, p. 920).

En terneros recién nacidos, por ejemplo, la anemia por deficiencia de hierro posiblemente ocurre porque son mantenidos con una dieta exclusivamente con leche materna que es escasa en hierro. Empero, por sí solo esto es una extraña causa de anemia, aún en neonatos que sólo se alimentan de leche, a menos que sean criados en ambientes de concreto o sitios sin acceso al suelo, lo que se está tornando común en los sistemas intensivos. Watson (2015) menciona, que en terneros de leche que son criados en pastos pobres en nutrientes se anticipa que padecerá una anemia leve; debido a su acelerado crecimiento y la necesidad de excesivas cantidades de hierro para la producción de hemoglobina, mioglobina y otros componentes que contienen hierro (Constable *et al.* 2017). En cambio, habitualmente la deficiencia de hierro en terneros mayores y bovinos adultos es el parasitismo (Katsogiannou *et al.* 2018).

La disminución de la producción de glóbulos rojos está metabólicamente vinculada a la deficiencia de cobalto, el cual es necesario para que la flora ruminal produzca vitamina B12, la misma que actúa como cofactor esencial de varias enzimas que promueven la síntesis de glóbulos rojos. De modo que, una deficiencia de vitamina B12 también causará anemia (Katsogiannou *et al.* 2018, p. 1038). Por otra parte, la deficiencia de cobre

(hipocuprosis) y selenio provoca daño oxidativo en los eritrocitos, dando lugar a la formación de los cuerpos de Heinz (Katsogiannou *et al.* 2018, p,1037). Es importante resaltar que únicamente los rumiantes presentan anemia clínica debido a la carencia de estos minerales (Constable *et al.* 2017).

1.6. Hipótesis

Ho= La deficiencia de minerales incide en los parámetros reproductivos del ganado lechero.

Ha= La deficiencia de minerales no incide en los parámetros reproductivos del ganado lechero.

1.7. Metodología de la Investigación

La presente tesina “Importancia de los minerales en la producción bovina lechera”, por la modalidad corresponde a un trabajo documental y por los objetivos comprende un estudio de carácter analítico, descriptivo y explicativo; con relación a las fuentes de información consiste en revisión bibliográfica de páginas webs y documentos técnicos como: artículos científicos y revistas indexadas, seminarios y congresos, tesis de postgrado, libros, manuales, entre otros.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento se desarrolló con la finalidad de analizar la importancia de los minerales en la producción bovina lechera. En este aspecto, los minerales son elementos inorgánicos esenciales que cumplen un rol importante en aspectos de producción y reproducción de los bovinos, ya que constituyen entre el 4 a 5 % del peso corporal total y participan en diversas funciones como estructurales, fisiológicas, catalíticas y regulatorias.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Los requerimientos minerales en los bovinos lecheros son relativamente mínimos para el mantenimiento (que sirven para compensar pérdidas endógenas), en tanto que los de producción, crecimiento, gestación y lactancia varían de acuerdo a la edad y funciones que deben desarrollar, incluyendo la naturaleza y el nivel de producción (Lipps y Bravo 2016, p.2).

De acuerdo a Otalvaro y Toquica (2020) los bovinos requieren principalmente de elementos minerales como Calcio, Fósforo, Magnesio, Cloruro de sodio, Hierro, Cobalto, Cobre, Yodo, Selenio y Zinc (p. 5).

La alimentación del ganado que no cumpla con los requerimientos provocará desbalances entre los minerales, lo que puede comprometer la salud del animal (Kegley *et al.* 2016; Spears 2000), y afectar negativamente los parámetros reproductivos (Balamurugan *et al.* 2017; Pino *et al.* 2018) y productivo del animal (García Díaz *et al.* 2018; Rivera *et al.* 2016).

Tabla 5. Necesidades minerales con base en el estado productivo y máximas concentraciones tolerables en vacas de leche.

Mineral	Unidad	Requerimientos			Concentración máxima tolerable
		Crecimiento	Gestación	Lactación	
Ca	%	0,6	0,25	0,3	2,0
P	%	0,22	0,17	0,21	1,0
K	%	0,6	0,6	0,7	3,0
Na y Cl	%	0,06-0,08	0,06-0,08	0,1	3,0
S	%	0,15	0,15	0,15	0,3
Mg	%	0,10	0,12	0,20	0,4
Cr	mg/kg	0,11	---	---	1000,0
Co	mg/kg	0,11	0,11	0,11	10,0
Cu	mg/kg	10	10	10	110
Fe	mg/kg	34	18	12	500,0
I	mg/kg	0,4	0,4	0,5	50,0
Mn	mg/kg	17	40	40	1000,0
Se	mg/kg	0,3	0,3	0,3	5,0
Mo	mg/kg	---	----	----	5,0
Zn	mg/kg	0,045	12	4	500,0

Fuente: Adaptado de NRC (2001); Weiss (2008).

Tabla 6. Requerimiento Mineral en bovinos de leche en distintos períodos fisiológicos expresados en porcentaje de materia seca (% MS).

Mineral	Unidad	Requerimientos		
		Secado	Preparto	Postparto
Ca	%	0,5	0,45	0,81-0,91
P	%	0,25	0,3-0,4	0,46-0,52
K	%	0,65	0,52	1,0-1,5
Na y Cl	%	0,1-0,2	0,1-0,15	0,20-0,30
S	%	0,16	0,20	0,15
Mg	%	0,2	0,12	0,28-0,34
Co	mg/kg	0,1	0,1	0,2
Cu	mg/kg	12	15	11-25
Fe	mg/kg	50	60	100
I	mg/kg	0,6	0,7	0,5
Mn	mg/kg	40	50	40
Se	mg/kg	0,3	0,3	0,3
Zn	mg/kg	50	60	70-80

Fuente: NRC (2001).

La mayoría de problemas reproductivos en el ganado lechero como la infertilidad, retención placentaria, anestro, animales acíclicos, abortos entre otros son una consecuencia del aprovisionamiento deficiente de minerales (Costales 2015, p. 2).

Tabla 7. Causas nutricionales en la reproducción.

SIGNO	DEFICIENCIA NUTRICIONAL
Infertilidad, Involución uterina retardada, Retención Placentaria, Metritis	Cu, I, vit Ay D.
Anestro e inadecuada función ovárica	P, Na, Cu, Co, Mn, Energía, vit D.
Celos repetidos y reabsorción embrionaria	P, Cu, Co, Mn, Zn, I, vit A, Energía, Proteína.
Abortos	Mn, I, vit A.

Fuente: Garmendia (2007).

Las enfermedades metabólicas de mayor impacto económico se deben principalmente a deficiencias de minerales, la hipocalcemia es la alteración de mayor incidencia en hatos bovinos lecheros (Meléndez 2018); mientras la tetania hipomagnesémica es una enfermedad de baja incidencia en los rumiantes, pero fatal en la mayoría de los casos (CONtexto ganadero 2017); pero ambas presentan $p < 0,05$ (Luna y Roldan 2013, p. 49). Por otra parte, la anemia por deficiencia de Fe, Cu y Se a pesar de no ser una enfermedad metabólica, su prevalencia es significativa alta (Figueredo *et al.* 2010).

Tabla 8. Principales alteraciones ocasionadas por deficiencia de minerales.

Enfermedad	Estado nutricional			Enfermedad asociada	
	Deficiencia	Estado productivo	Exceso		
Hipocalcemia	Ca, Mg, proteína	Preparto	Ca, P, Na, K, vit D, energía	Preparto	Distocia, Retención Placentaria, Cetosis, Mastitis y D. del abomaso.
Tetania Hipomagnesémica	Mg	Preparto e I. lactación	K, proteína	Preparto e I. lactación	Fiebre de la leche

Fuente: Adaptado de Meléndez (2016); Ceballos (2019).

2.3. Soluciones planteadas

Se sugiere desarrollar programas de capacitación sobre la importancia de la inclusión de minerales en la dieta de ganado lechero como alternativa para aumentar el rendimiento productivo y reproductivo. En este aspecto, la participación de la Universidad Técnica de Babahoyo es de suma importancia, puesto que, las capacitaciones podrían llevarse a cabo mediante programas de vinculación o tesis, divulgaciones técnicas, radio o Tv.

Por otra parte, los Gobiernos Autónomos Descentralizado junto con profesionales veterinario, deberían desplegar programas que compartan asistencia técnica en nutrición bovina a los ganaderos.

Realizar futuras investigaciones para determinar el estatus actual del balance mineral en vacas lecheras, como línea base para poder tomar acciones correctivas y evitar pérdidas económicas por excesivo aprovisionamiento o carencia. Además, se recomienda que entidades gubernamentales lleven a cabo mayores estudios analíticos de suelo y agua a nivel nacional, para determinar si existen áreas con deficiencias o excesiva concentración de minerales específicos, que estén afectando negativamente los niveles de producción.

2.4. Conclusiones

Por lo expuesto se concluye:

- ✚ Se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que la hipótesis alternativa, en la que se manifiesta que “La deficiencia de minerales incide en los parámetros reproductivos del ganado lechero”.
- ✚ La importancia de los minerales radica, en que son un componente esencial en la dieta de los bovinos lecheros; ya que cumplen un rol importante en aspectos de producción y reproducción.

- ✚ La hipocalcemia, tetania hipomagnésica y la anemia son alteraciones significativamente importantes en bovinos lecheros, puesto que provocan pérdidas y muertes de animales en el rebaño.
- ✚ Los requerimientos de minerales pueden figurar en Ca 0,4 a 0,6 %; P 0,20 a 0,30%; Mg 0,25 a 0,30%; Cu 10 a 15 mg/kg en etapa de transición de vaca seca a lactante; mientras que para Fe hasta 50 mg/kg MS y Se hasta 0,3 mg/kg MS en distintos períodos fisiológicos.

2.5. Recomendaciones

- ✚ Cumplir con los requerimientos minerales para garantizar el balance entre uno y otro, y de esta forma evitar alteraciones por falta o exceso de macro y micro minerales.
- ✚ Suplementar minerales durante todo el año de acuerdo al peso, edad, estado productivo. En caso de no ser posible suplementar cuando exista una oferta escasa de pasturas o en las categorías de mayor reto productivo.
- ✚ Realizar análisis bromatológico de suelo y pastos en fincas ganaderas.

BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, L; Albornoz, JP; Morales, M; Fidalgo, LE. 2016. Hipocalcemia Puerperal Bovina. Revisión (en línea). *Veterinaria (Montevideo)* 52(201):29-39. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1688-48092016000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Albújar, CS. 2019. Perfil Metabólico y Riesgo de Enfermedades de la Producción en Vacas Lecheras en Etapa de Transición (en línea). Tesis Postgrado. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 93 p. Disponible en <http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/3813/Tesis%20Santiago%20Alb%c3%bajar.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

Álvarez, KA. 2019. Importancia mineral en vacas lecheras en Ecuador (en línea). Tesis Pregrado. Quito, Ecuador, Universidad San Francisco de Quito. 48 p. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9041/1/126782.pdf>.

Amanlou, H; Akbari, AP; Farsuni, NE; Silva-del-Río, N. 2016. Effects of subcutaneous calcium administration at calving on mineral status, health, and production of Holstein cows (en línea). *Journal of Dairy Science* 99(11):9199-9210. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10844>.

Balamurugan, B; Ramamoorthy, M; Mandal, RS; Keerthana, J; Gopalakrishnan, G; Kavya, KM; Kharayat, NS; Chaudhary, GR; Katiyar, R. 2017. Mineral an important nutrient for efficient reproductive health in dairy cattle. (en línea). *International Journal of Science, Environment ISSN 2278-3687 (O) and Technology* 6(1):694-701. Disponible en <https://www.ijset.net/journal/1593.pdf>.

Beede, D; Waburn, S; Zulovich, J; Harner, J; Weigel, K; James, R; Thatcher, W; Grant, R; Buckmier, R. 2017. *Large Dairy Herd Management*. 3rd ed. Champaign, Illinois, American Dairy Science Asociation.

Bhimte, A; Konyak, Y; Balamurugan, B; Singh, LK; Sarkar, M; Sarkar, G; Singh, G; Vipin, M. 2018. Effect of Supplementation of Antioxidant (Vitamin E), Trace Minerals (Selenium, Copper, Zinc) and Increased Energy Allowance on (certain) Serum Metabolites and Competence of Transition Crossbred Cows. *J. Curr. Microbiol. App. Sc* 7(7):439-447. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.707.053>.

Calderón, MFP; Bosa, LFP; Yasnó, JDC; Saldaña, LYM. 2017. Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical (en línea). REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 18(9):1-19. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653009019>.

Carbajal, A. 2017. Manual de Nutrición y Dietética (en línea). s.l., Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2017-12-02-cap-10-minerales-2017.pdf>.

Ceballos, A. 2019. Desequilibrios Minerales de Bovinos en Pastoreo y su efecto sobre la Salud y Producción Bovina (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/desequilibrios-minerales-bovinos-pastoreo-t43668.htm>.

Ciria, J; Villanueva, R; García, J. 2005. Avances en Nutrición Mineral en Ganado Bovino (en línea). In IX Seminario de Pastos y Forrajes. España, s.e. p. 50-69. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/112-Minerales.pdf.

Constable, P; Hinchcliff, MC; Done, S; Gruenberg, W. 2017. Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. 11th ed. Missouri, Elsevier. 728-736. p.

CONtexto ganadero. 2017. De INIA: cómo evitar las muertes por hipomagnesemia en vacas lecheras | CONtexto ganadero | Noticias principales sobre ganadería y agricultura en Colombia (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/de-inia-como-evitar-las-muertes-por-hipomagnesemia-en-vacas-lecheras>.

CONtexto ganadero. 2019. Así se presenta la tetania de los pastos en vacas. (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/asi-se-presenta-la-tetania-de-los-pastos-en-vacas>.

Contreras, PA. 1997. Tetania hipomagnésica en bovinos y procedimientos para su prevención en rebaños. In IX Congreso Latinoamericano de Buiatria. s.l., s.e. p. 18-22.

Coria, M. 2020. Nutrición mineral en ganadería (en línea). s.l., Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/nutricion_mineral_en_ganaderia.pdf.

Costales, CA. 2015. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo en vacas con la utilización de tres niveles de carbo - amino - fosfo - quelatos (en línea). Tesis Pregrado. Riobamba, Ecuador., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 103 p. Disponible en <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/5262/1/TESIS.pdf>.

Cseh, S. 1984. Hipomagnesemia. Revisión Bibliográfica. Revista Argentina de Producción Animal 3(4):310-344.

Cseh, S. 2015. Deficiencias minerales en bovinos para carne. Diagnóstico, caracterización y control. (en línea). *In* 1er Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en Bovinos. s.l., Maskana. p. 143-148. Disponible en <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/656>.

Cseh, S. 2017. Hipomagnesemia en bovinos para carne: Como prevenirla. (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/hipomagnesemia-bovinos-carne-como-t41181.htm>.

De la Guardia, M; Garrigues, S. 2015. Handbook of Mineral Elements in Food. New York., Marcel Dekker, Inc. p. 1-12.

Domino, A; Korzec, HC; A McArt, JA. 2017. Field trial of 2 calcium supplements on early lactation health and production in multiparous Holstein cows. Journal of Dairy Science 100(12):9681-9690. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12885>.

Fatro. 2018. Metabolik a systems approach to the treatment of metabolic disorders in dairy cows. (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://fatroiberica.es/wp-content/uploads/2019/02/Metabolik.pdf>.

Figueredo, JM; Abeledo, Ma; Vega, E. 2010. Determinación de la prevalencia de anemia en terneros en un sistema de cría artificial (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria 11(3). Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63613123005>.

García Díaz, J; Noval-Ariles, E; Pérez-Bello, A; Hernández-Barreto, M; Pérez-González, Y. 2018. Effects of Copper and Zinc Supplementation on Weight Gain and Hematological Parameters in Pre-weaning Calves. Revista MVZ Córdoba 20(2):5821-5828. DOI: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1009>.

Garmendía, J. 2007. Los minerales en la reproducción bovina (en línea). s.l., Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay. Disponible en <https://www.produccion-animal.com.ar/>.

Goff, JP. 1998. Ruminant hypomagnesemic tetanies. (en línea). Pa. USA., Saunders Elsevier. p. 137-140. Disponible en <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=KbrovF-skfwC&oi=fnd&pg=PA137&dq=Ruminant+hypomagnesemic+tetany.+Current+Veterinary+Therapy:+Food+Animal+Practice&ots=D1WGLEowr5&sig=Hm9ofTH55cLDFvBd5wpbOq3IgUE#v=onepage&q=Ruminant%20hypomagnesemic%20tetany.%20Current%20Veterinary%20Therapy%3A%20Food%20Animal%20Practice&f=false>.

Gómez, J; Del Campo., M; González, M. 2019. Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina (en línea). Revista colombiana de ciencia animal recia 11(1):80-89. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.716>.

Gutiérrez, E. 2015. Suplementación de mineral para vacas en pastoreo (en línea). s.l., Engormix.com. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/239-Suplementacion_en_pastoreo.pdf.

INTATEC, (Instituto Nacional Tecnológico). 2016. Unidad I: Generalidades sobre nutrición animal (en línea). Nicaragua, s.e. p. 48. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9041/1/126782.pdf>.

Iñiguez, F. 2019. Fiebre de la leche: Hipocalcemia puerperal en bovinos (en línea, sitio web). Consultado 5 sep. 2021. Disponible en <https://www.farcovetsa.com/fiebre-de-la-leche-hipocalcemia-puerperal-en-bovinos/>.

Jiménez, R; Domínguez, PA; Rosales, R; Flores, H. 2014. Nutrición Mineral en el Ganado Bovino (en línea). 1era ed. Durango, México, s.e., (no. 75). 37 p. Disponible en http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/Nutrici%C3%B3n_mineral_en_el_ganado_bovino_WWW.pdf.

Katsogiannou, EG; Athanasiou, L; Christodoulopoulos, G; Polizopoulou, Z. 2018. Diagnostic approach of anemia in ruminants. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society 69(3):1033. DOI: <https://doi.org/10.12681/jhvms.18866>.

Kegley, EB; Ball, J; Beck, PA. 2016. Interdisciplinary Beef Symposium: Impact of mineral and vitamin status on beef cattle immune function and health. Journal of Animal Science 94(12):5401-5413. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0720>.

Limón Hernández, D. 2016. Concentración Mineral y Prámetros Productivos de Bovinos Lecheros cons Distintos Momentos de Patoreo (en línea). Toluca, México, Tesis Pregrado. Disponible en <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65777/TESIS-DLH-01-16-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Lipps, EM; Bravo, S. 2016. Importancia de los Minerales en la Producción Bovina (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/272-Importancia_de_los_minerales.pdf.

Lizarraga, RM. 2020. Deficiencias de calcio y magnesio en bovinos – Revisión bibliográfica (en línea). Tesis Pregrado. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de Plata. 18 p. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/101129>.

López, EA. 2018. Diagnóstico mineral de bovinos en una unidad de producción silvopastoral en el Estado de Yucatán (en línea). Tesis Pregrado. México, Universidad Autónoma de Chapinco. 63 p. Disponible en http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/bitstream/handle/20.500.12098/492/mcig-irea_18.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Luna, ML; Roldan, VP. 2013. Perfil mineral en bovinos lecheros de Santa Fe, Argentina (en línea). Revista Veterinaria 24(1):47-52. DOI: <https://doi.org/10.30972/vet.2411150>.

Majano, MA; Recasens, J. 2017. Necesidades en Minerales y Vitaminas en Vacas de Campo (en línea). s.l., Departamento de Nutrición Animal de Indukern,S.A. Jimeno Vinatea, Vicente. Departamento de Producción Animal U.P.M. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/necesidades-minerales-vitaminas-vacas-t40257.htm>.

Martínez, GM. 2018. Hipocalcemia en vacas (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/hipocalcemia_en_vacas_martinez.pdf.

Martínez, N; Risco, CA; Lima, FS; Bisinotto, RS; Greco, LF; Ribeiro, ES; Maunsell, F; Galvão, K; Santos, JEP. 2012. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. Journal of Dairy Science 95(12):7158-7172. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5812>.

Mattioli, G. 2014. Hipomagnesemia: Primer causa de muerte en bovinos: Laboratorio 9 de Julio (en línea, sitio web). Disponible en http://lab9dejulio.com.ar/oculta_secciones/hipomagnesemia-primer-causa-de-muerte-en-bovinos_a325.

Mayanga, GM. 2018. Influencia de la producción lechera sobre el nivel de calcio sérico en vacas lecheras del sector Poblado del Gallito, Distrito de San José, provincia de Lambayeque (en línea). Tesis Pregrado. Lambayeque, Perú, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. 55 p. Disponible en <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2679/BC-TES-TMP-1544.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

McDonald, P; Edwards, RC; Greenhalgh, JFD; Morgan, CA; Sinclair, LA; Wilkinson, RG. 2011. Animal Nutrition. 7 th. s.l., Prentice Hall.

McDowell, LR; Arthington, JD. 2005. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. 4th ed. IFAS, USA., s.e.

Meléndez, P. 2016. El potencial de los perfiles metabólicos como diagnóstico del manejo nutricional en lecherías (en línea). :6. Disponible en <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Análisis/2016/01/14/El-potencial-de-losperfiles-metabolicos-como-diagnostico-del-manejo-nutricional-en-lecherias.aspx>.

Meléndez, P. 2018. Nuevos Conceptos sobre la Prevención de la Hipocalcemia en Ganado Lechero. Colegio de Medicina Veterinaria, Universidad de Georgia, EEUU. 20(2):121-138. DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/cienvet-201820208>.

Minson, D. 1990. Forage in Ruminant Nutrition (en línea). USA, Academic Press. 502 p. Disponible en https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=xnOVGsdCktwC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Forages+in+ruminant+nutrition.&ots=p2QqM4Y841&sig=j_1SrdkPkX_ngP5g9S8V89Qp80#v=onepage&q=Forages%20in%20ruminant%20nutrition.&f=false.

Muñoz, R; Bueno, B; Benedito, JL. 2018. Hipocalcemia subclínica en ganado vacuno lechero: tratamiento y manejo preventivo. Revisión bibliográfica (en línea). ITEA 114(3):259-279. Disponible en <https://doi.org/10.12706/itea.2018.016>.

Neves, RC; Leno, BM; Bach, KD; McArt, JAA. 2018. Epidemiology of subclinical hypocalcemia in early-lactation Holstein dairy cows: The temporal associations of plasma calcium concentration in the first 4 days in milk with disease and milk production (en línea). Journal of Dairy Science 101(10):9321-9331. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14587>.

Neves, RC; Leno, BM; Stokol, T; Overton, TR; McArt, J a. A. 2017. Risk factors associated with postpartum subclinical hypocalcemia in dairy cows. Journal of Dairy Science 100(5):3796-3804. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11970>.

Noguera, RR; Posada, SL. 2016. Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo. 1era ed. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia. 29 p.

NRC, (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (en línea). 7th ed. Washington, National Academies Press. 406 p. Disponible en https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=EgWw2Kd9mb4C&oi=fnd&pg=PT16&dq=Requirements+of+dairy+cattle.+Washington&ots=pQDMHqdVmd&sig=KBybBvHR3ukf3Bs63u2_hmvunUo#v=onepage&q=Requirements%20of%20dairy%20cattle.%20Washington&f=false.

Nunes, FA. 2017. Minerales en dieta de ganado lechero - Nutrimax Nutrición Animal (en línea, sitio web). Consultado 3 sep. 2021. Disponible en <https://nutrimaxcr.com/minerales-dieta-ganado-lechero/>.

Oetzel, GR. 1988. Parturient paresis and hypocalcemia in ruminant livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 4(2):351-364. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)31053-7](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)31053-7).

Ortega-Vaca, JE. 2021. Factores asociados a presentación de hipocalcemia bovina en Latinoamérica (en línea). Maestría en Epidemiología. Bogotá, Universidad del Rosario. 47 p. Disponible en <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/30961/FACTORES%20ASOCIADOS%20HIPOCALCEMIA%20BOVINA%20LATINOAMERICA.pdf?sequence=1>.

Otalvaro, DL; Toquica, ML. 2020. Influencia de los minerales en procesos reproductivos en hembras bovinas. (en línea). Tesis Pregrado. s.l., Universidad Cooperativa de Colombia. Disponible en https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/28457/2/2020_OtalvaroyToquica_Influencia_minerales_reproduccion_vaca.pdf.

Overton, T; Yasui, T. 2014. Practical applications of trace minerals for dairy cattle (en línea). *Journal of Animal Science* 92(2):416-426. Disponible en <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7145>.

Özçelik, R; Bruckmaier, RM; Hernández-Castellano, LE. 2017. Prepartum daylight exposure increases serum calcium concentrations in dairy cows at the onset of lactation. *Journal of Animal Science* 95(10):4440-4447. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas2017.1834>.

Páez, F; Rincón, V; Fernández, M; Sánchez-Hermosilla, J. 2012. Characterization of manual spray guns for phytosanitary treatment of protected horticultural crops. *In* Typology and operational parameters. Valencia, España., s.e. DOI: <https://doi.org/107421982>.

Perdigués, RG. 2016. Relación de la nutrición con el bienestar del ganado bovino de carne (en línea). Tesis Postgrado. Argentina, Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Veterinarias. . Disponible en <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/990>.

Pino, F; Urrutia, NL; Gelsinger, SL; Gehman, AM; Heinrichs, AJ. 2018. Long-term effect of organic trace minerals on growth, reproductive performance, and first lactation in dairy heifers (en línea). *The Professional Animal Scientist* 34(1):51-58. DOI: <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01680>.

Radwinska, J; Zarczynska, K. 2014. Effects of mineral deficiency on the health of young Ruminants. *Journal of Elementology* 19:915-928. DOI: <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.2.620>.

Repetto, JC; Donovan, A; García, F. 2004. Carencias Minerales, Limitantes de la Producción (en línea). Motivar, Bs. As. 2(18):6-7. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/18-carencias_limitantes_produccion.pdf.

Rivera, JD; Gipson, ML; Gipson, RG; Lemus, RW. 2016. Effects of supplement or fertiliser on forage quality, and performance of stocker cattle grazing warm-season pastures (en línea). *Animal Production Science* 57(1):116-121. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN15197>.

Rodríguez, EM; Arís, A; Bach, A. 2017. Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100(9):7427-7434. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12210>.

Rosas, KM; Garcia, C; Delgado, A. 2021. Hipomagnesemia bovina (en línea, sitio web). Disponible en <https://actualidadganadera.com/hipomagnesemia-bovina-2/>.

Sommantico, S. 2018. Hipomagnesemia, la enfermedad que se lleva el mayor porcentaje de mortandad en bovinos (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.infocampo.com.ar/hipomagnesemia-la-enfermedad-que-se-lleva-el-mayor-porcentaje-de-mortandad-en-bovinos/>.

Spears, JW. 2000. Micronutrients and immune function in cattle. *Proceedings of the Nutrition Society* 59:587-594. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0029665100000835>.

Underwood, EJ; Suttle, NF. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock* (en línea). 3rd ed. Wallingford, UK, CABI. 283 p. Disponible en https://www.academia.edu/10282691/The_Mineral_Nutrition_of_Livestock.

Watson, JL. 2015. *Diseases of the Hematopoietic and Hemolymphatic Systems*. St. Louis, Missouri, s.e. p. 1044-1083.

Weiss, W. 2008. Mineral Tolerances of Animals (en línea). *In Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Wooster, Department of Animal Sciences. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/William-Weiss-4/publication/228498506_Mineral_Tolerances_of_Animals/links/53edf0890cf2981ada173d39/Mineral-Tolerances-of-Animals.pdf.

ANEXOS

Tabla 9. Requerimientos nutricionales y condición corporal (CC) sugerida de vaca lecheras, según producción, período de lactancia y preñez.

Ítem	Producción de leche (Kg/día)			Inicio de lactación	Periodo seco (45 días)	Periodo pre-parto (15 días)
	Bajo 20	20-30	30-40			
Producción						
Cond- Corporal	3,5	3,5	3,5	3,0	3,5	3,5
PC %1	15	16	17	19	12	15
PND, %	37	39	40	45	30	40
EM, Mcal/kg	2,50	2,70	2,80	2,80	2,20	2,50
Enl, Mcal/kg	1,52	1,62	1,72	1,67	1,25	1,47
Fibra Cruda, %	20	17	15	17	25	27
FDA, %	21	21	19	21	27	27
FDN, %	28	28	25	28	35	45
Calcio, %	0,51	0,58	0,64	0,77	0,39	0,39
Fósforo, %	0,33	0,37	0,41	0,48	0,24	0,24
Potasio, %	0,9	0,9	1	1	0,65	0,60
Magnesio, %	0,2	0,2	0,25	0,25	0,2	0,16
Azufre, %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,16	0,16
Sodio, %	0,18	0,18	0,18	0,18	0,10	0,10
Cloro, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
Manganeso, ppm	40	40	40	40	40	40
Cobre, ppm	10	10	10	10	10	10
Zinc, ppm	40	40	40	40	40	40
Hierro, ppm	50	50	50	50	50	50
Selenio, ppm	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cobalto, ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Yodo, ppm	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Vitamina A, UI/kg	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Vitamina D, UI/kg	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Vitamina E, UI/kg	15	15	15	15	15	15

Fuente: NCR (2002).



Ilustración 2. Distribución geográfica de los minerales en América Latina.

Fuente: Emmi (2011).

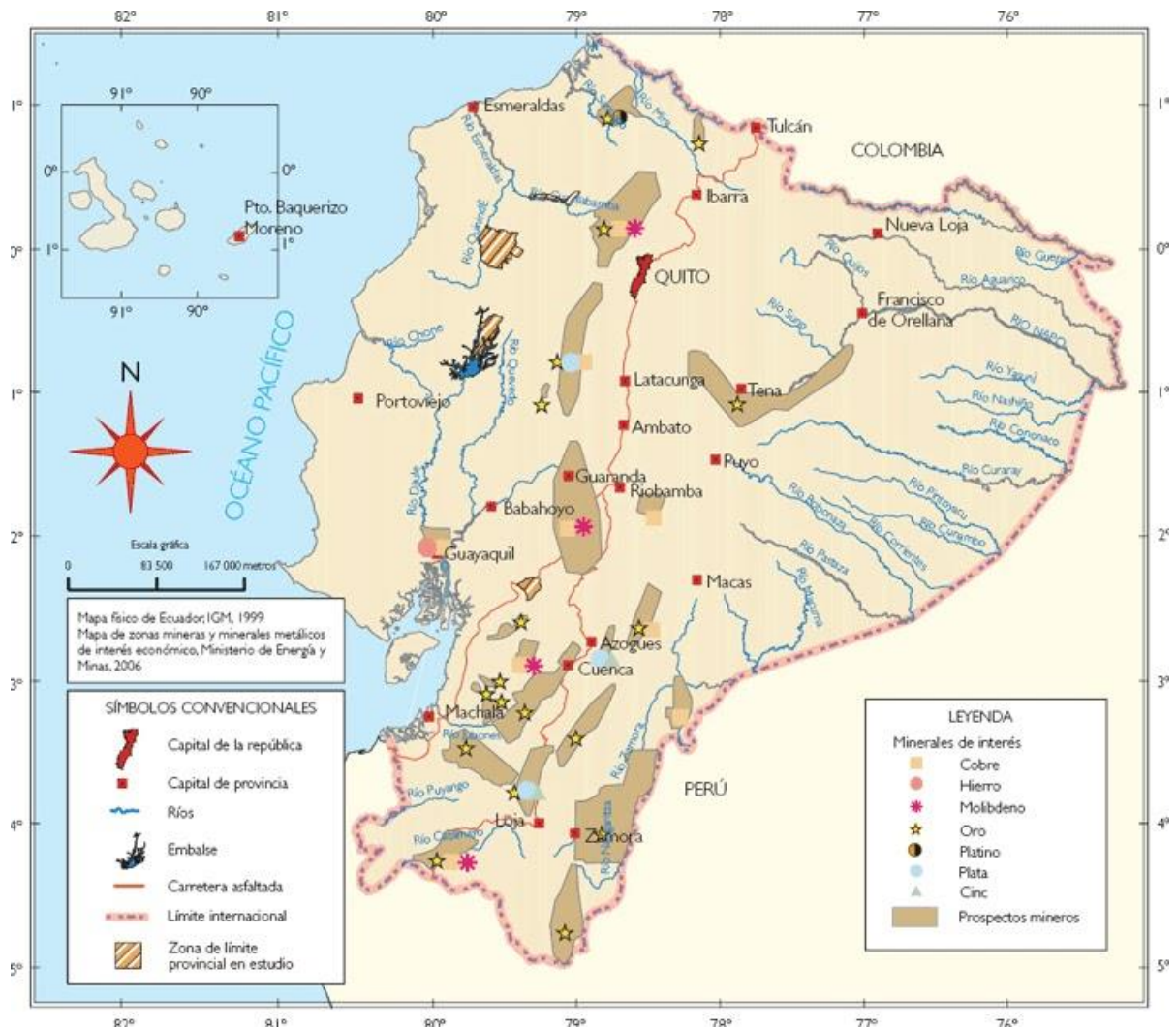


Ilustración 3. Distribución geográfica de minerales en Ecuador.

Fuente: Campoverde (2013).