



Facultad de Veterinaria
Universidad de la República
Uruguay



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**ESTUDIO OBSERVACIONAL DE MACRO Y MICROMINERALES EN PASTO,
AGUA Y SANGRE DE VACAS DE PRIMERA CRÍA SOBRE CAMPO
NATURAL**

por

**ARMAND UGON BERRUTTI, María Pía
FALCON ORTIZ, Adhara**

**TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción animal**

MODALIDAD: Estudio poblacional

MONTEVIDEO, URUGUAY, 2024

Tesis de grado aprobada por:



Presidente de mesa:

Dr. Francisco Diéguez



Segundo miembro (Tutor):

Dr. Rafael Carriquiry



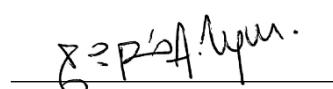
Tercer miembro:

Dra. Andrea Fernández Foren

Fecha:

11 de diciembre de 2024

Autores:



María Pía Armand Ugón Berruti



Adhara Falcón Ortiz

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, a nuestras familias y amigos, que nos han acompañado a lo largo de estos años.

A nuestro tutor, el Dr. Rafael Carriquiry por brindarnos su apoyo durante este proceso.

A INIA Tacuarembó, por su aporte en el desarrollo de la tesis y en la hospitalidad que nos brindaron, en especial a Martín Jaurena y al laboratorio de análisis de pasturas.

Al laboratorio DILAVE y al Dr. Gonzalo Uriarte, por el trabajo en conjunto en el procesamiento de muestras.

A Nutral SA, por el apoyo de laboratorio y acompañamiento en muestreos.

A todos los productores que nos permitieron realizar las tomas de muestras y nos acogieron en sus hogares.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	5
SUMMARY.....	6
INTRODUCCIÓN	7
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	9
ESPECIFICACIÓN DE MINERALES	13
DEFICIENCIAS MINERALES Y FACTORES QUE LA PRODUCEN.....	22
HIPÓTESIS	26
OBJETIVOS.....	26
OBJETIVO GENERAL	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
DETERMINACIÓN DE LOS MINERALES EN LOS ANIMALES	28
DETERMINACIÓN DE LOS MINERALES EN LAS PASTURAS	29
DETERMINACIÓN DE LOS MINERALES EN EL AGUA.....	29
RESULTADOS.....	30
RESULTADOS EN PASTURAS	32
RESULTADOS EN SANGRE.....	34
RESULTADOS EN AGUA.....	37
DISCUSIÓN	38
CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS	47

1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo es evaluar la nutrición mineral de vacas a pastoreo en campo natural a través de la medida de micro y macrominerales en sangre, pasturas y agua. Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo una evaluación en catorce establecimientos de cría ubicados en distintas zonas agroecológicas del país (Basalto, Cristalino centro y este y Cuenca sedimentaria). Se realizó una entrevista semiestructurada con el responsable de cada establecimiento, en la que se recogió información sobre el uso de suelo, animales, manejo y uso de suplementos. En cada establecimiento se seleccionaron quince vacas al azar de primera cría lactando. Las muestras de sangre tomadas fueron transportadas debidamente acondicionadas en cadena de frío, y la determinación de los niveles de calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc se realizó en el laboratorio DILAVE, de acuerdo con su rutina de análisis por medio de espectrofotometría de absorción atómica, colorimetría y fluorometría, según el mineral. Para la medición en pasturas se hicieron 50 estimaciones mediante disco de levante (Rising Plate Meter, Farmworks Ltd., Feilding, Nueva Zelanda). El Índice de Vegetación Diferencia Normalizada (IVDN) se midió utilizando el equipo GreenSeeker en dos transectas de 25 metros. Se tomaron dos muestras de agua de la principal fuente de abrevadero del potrero donde se encontraban las vacas, y fueron analizadas por el laboratorio Nutra SA. Según la información recabada en la entrevista, el 40 % de los productores percibió la carencia mineral como un problema en su predio, y el 92,8 % había aplicado algún tipo de suplementación, sin orientación ni criterio técnico específico. Se observó que doce de catorce establecimientos presentaron niveles inferiores al umbral de referencia para al menos un mineral. A pesar de que los establecimientos incluidos en el estudio usaban o usaron en algún momento suplementos minerales, la mayoría de ellos presentaron deficiencias, lo que sugiere la necesidad de una orientación objetiva para mejorar las estrategias de suplementación mineral. En este sentido, se puede afirmar que el análisis de sangre para determinar los perfiles minerales es una buena herramienta para orientar y ajustar la suplementación mineral a nivel predial. La información recabada en este estudio permitió conocer la situación de cada mineral en un año determinado y en un momento dado en diferentes zonas agroecológicas, por lo que sería necesario repetir en diferentes años y estaciones. El diagnóstico de los posibles desequilibrios es posible, y se convierte en una necesidad a la hora de planificar el manejo nutricional del rodeo, orientando y permitiendo realizar ajustes en la suplementación.

2. SUMMARY

The objective of this work is to evaluate the mineral nutrition of cows grazing in natural fields through the measurement of micro and macrominerals in blood, pastures and water. For the development of this research, an evaluation was carried out in fourteen breeding establishments located in different agroecological zones of the country (*Basalto, Cristalino centro y este* and *Cuenca sedimentaria*). A semi-structured interview was conducted with the head of each establishment, in which information was collected on the use of soil, animals, management and use of supplements. In each establishment, fifteen cows were randomly selected from first calf lactation. The blood samples taken were transported properly conditioned in a cold chain, and the determination of the levels of calcium, phosphorus, magnesium, copper and zinc were carried out in the DILAVE laboratory, according to its analysis routine by means of atomic absorption spectrophotometry, colorimetry and fluorometry, depending on the mineral. For the measurement in pastures, 50 estimates were made using a lifting disc (Rising Plate Meter, Farmworks Ltd., Feilding, New Zealand). The Normalized Difference Vegetation Index (IVDN) was measured using the GreenSeeker equipment in two 25-meter transects. Two water samples were taken from the main watering source of the pasture where the cows were located, and were analyzed by the Nutra SA laboratory. According to the information gathered in the interview, 40% of the producers perceived the mineral deficiency as a problem on their farm, and 92.8% had applied some type of supplementation, without guidance or specific technical criteria. It was observed that 12 of 14 establishments had levels below the reference threshold for at least one mineral. Although the establishments included in the study used or used mineral supplements at some point, most of them had deficiencies, suggesting the need for objective guidance to improve mineral supplementation strategies. In this sense, it can be said that the blood test to determine mineral profiles is a good tool to guide and adjust mineral supplementation at the farm level. The information collected in this study made it possible to know the situation of each mineral in a given year and at a given time in different agro-ecological zones, so it would be necessary to repeat it in different years and seasons. The diagnosis of possible imbalances is possible, and it becomes a necessity when planning the nutritional management of the herd, guiding and allowing adjustments to be made in supplementation.

3. INTRODUCCIÓN

La ganadería extensiva en Uruguay se desarrolla mayoritariamente a cielo abierto y basa su actividad productiva en el aprovechamiento de pasturas naturales (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2024).

Según datos presentados en el anuario estadístico de 2022, el campo natural ocupaba el 64,3 % del total de la superficie del territorio nacional; por otro lado, el campo fertilizado y/o sembrado ocupaba un 4,2 % (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 2022).

Más del 90 % de la superficie total que se utiliza para la cría vacuna en nuestro país se compone de pasturas naturales, cuya productividad no es constante, variando no solo entre las diferentes estaciones, sino también de un año a otro (MGAP, 2022).

En general, el campo natural es deficiente en nutrientes fundamentales para la pastura, lo que resulta en una baja productividad, bajo porcentaje de parición y ganancia de peso, provocando una menor producción de carne por hectárea (Gomes et al., 1996 citados por Larratea & Soutto, 2013).

En los sistemas pastoriles a nivel mundial se generan, con frecuencia, deficiencias de determinados minerales. La utilización de suplementos para contrarrestarlas está cargada de imprecisiones, debido a la falta de conocimiento sobre el tema (McDowell, 1996). A pesar de ello, no está en tela de juicio la importancia nutricional de los minerales. De hecho, se puede observar un uso indiscriminado de suplementos minerales para el ganado: de aquí la importancia de adquirir más información sobre la situación de macro y microminerales de animales sobre campo natural.

La relación suelo - planta - animal es uno de los factores que determina que, tanto el forraje como los animales que lo aprovechan, contengan en su composición orgánica una concentración determinada de minerales que, en algunos casos, puede ser deficitaria o excesiva según la cantidad acumulada (Barriel et al., 2014).

En algunas ocasiones, animales que se alimentan en pasturas naturales con mayor disponibilidad ganan poco peso o presentan bajos índices reproductivos; en estos casos se ha demostrado que una deficiencia mineral puede ser su causa (Rodríguez & Banchero, 2007).

Las deficiencias de minerales adquieren relevancia cuando los requerimientos de energía y proteína asociados a un determinado nivel de producción son cubiertos (Mc Dowell, 1996).

Estas deficiencias en el ganado han sido reportadas en casi todas las regiones del mundo, considerándose minerales críticos para los rumiantes en pastoreo los siguientes: calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), selenio (Se) y zinc (Zn) (Salamanca, 2010).

Dado que las deficiencias dependen, o están influenciadas, por la ubicación geográfica, se debería reconocer la zona en que se encuentra y recabar datos sobre el contenido mineral de cada uno de los suelos. Su tipo y calidad afectarán su contenido en minerales y, por ende, el del forraje.

La información sobre las carencias más comunes de la zona es de gran ayuda para diagnosticar la situación y, de esta manera, poder prevenir o eliminar el problema con la adición o suplementación del elemento en la dieta y/o por vía parenteral, según sea más conveniente (Repetto et al., 2004).

Con la evolución de los programas nutricionales y de alimentación del ganado, el estudio y la medición de su comportamiento, se comenzó a entender mejor la importancia de estos nutrientes. Hoy en día, es una práctica común la suplementación mineral con sales comerciales estándar y/o preparaciones hechas a medida, procurando las últimas cubrir requerimientos específicos y lograr mejores resultados (Barcellos et al., 2003).

Existen estudios sobre contenido de minerales en las pasturas en diferentes estaciones y distintos tipos de suelo, también sobre contenido de minerales en cortes de carne vacuna (Cabrera et al, 2010; Orcasberro y Alonso, 1991; Pittaluga, 2018; Rubino, 1946; Underwood, 1981; Ungerferld, 1998).

En este trabajo se busca generar información a través de análisis de sangre sobre perfiles minerales y del contenido de minerales en pasturas y agua, y así evidenciar algún tipo de deficiencia o desbalance mineral de vacas de cría a campo natural, y aproximarse, de esta manera, a una nutrición de precisión en los sistemas pastoriles uruguayos.

4. REVISION BIBLIOGRAFICA

En Uruguay, la preocupación por las carencias minerales se inicia en la década del 30, sin llegar, hoy en día, a un consenso sobre la importancia de la suplementación mineral, y, menos aún, sobre su aplicación sistemática a nivel productivo o en las situaciones en que debe ser recomendada (Pittaluga, 2008).

Se entiende por *campo natural* un ecosistema dominado por pastos nativos, hierbas, pequeños arbustos y ocasionalmente árboles en un paisaje ondulado, con cerros y con una fertilidad de suelos muy variable; con clima subtropical, húmedo, caluroso en verano y templado en invierno (Allen et al., 2011).

Los sistemas uruguayos, en su mayoría, se caracterizan por ser muy dependientes de la disponibilidad forrajera de sus campos naturales. El campo natural constituye más del 70 % de la base forrajera a nivel nacional (MGAP, 2023).

Independientemente del crecimiento observado en la producción y exportación de carne proveniente de animales terminados en sistemas intensivos con altos niveles de grano en la dieta (*feedlot*), este no constituye más de un 10 % del total de cabezas faenadas por año a nivel nacional. Por lo tanto, cerca del 90 % de la carne que se produce en Uruguay proviene de animales criados y terminados en sistemas pastoriles, dentro de los cuales el 84 % es campo natural y tan solo el 16 % son pasturas mejoradas (Pittaluga, 2018).

Aunque la cantidad y calidad de la producción forrajera varía en cada región agroecológica, con frecuencia no se logran cubrir los requerimientos de los animales, debiendo el productor recurrir a la suplementación de forraje o concentrados en ciertas épocas del año (Ungerfeld, 1998).

A nivel mundial, las deficiencias de proteína y energía son las causas más frecuentes del bajo desempeño productivo y reproductivo en rumiantes. En un segundo plano, y considerando animales libres de enfermedades infecciosas y parasitarias, se encuentran los minerales (Underwood, 1981).

La utilización de líneas genéticas de alta producción ha aumentado los requerimientos de minerales en la dieta y ha traído aparejado con eso la mayor aparición de sintomatología clínica asociada a estas deficiencias (Corah, 1996).

De acuerdo con Bavera (2006), «la salud del bovino se debe considerar como la resultante del sistema suelo-planta-animal-manejo, y el agravio de la misma en pastoreo debe buscarse en deficiencias de nutrientes del suelo o del pasto y/o deficiencias en el manejo del suelo, el pasto o el animal. Entre esas deficiencias se encuentran los minerales y su manejo».

En el ámbito mundial, los estados carenciales en el vacuno son de gran importancia por el déficit nutricional que constituye un factor limitante de la conducta bioprodutiva; este puede darse por pobre consumo de alimentos y/o una mala formulación de raciones (Macrae et al., 2006).

Se presenta, a continuación, una revisión bibliográfica sobre los minerales analizados y las consecuencias de sus deficiencias para dar contexto al trabajo.

Los minerales son nutrientes esenciales que representan aproximadamente un 5 % del peso vivo en el bovino. Han sido reconocidos más de 26 elementos requeridos como esenciales (calcio, fósforo, sodio, azufre, cobre, hierro, selenio, flúor, bario, cromo, bromo, litio; etc.), aunque no todos causan problemas nutricionales que puedan ser resueltos con suplementación (Bavera, 2006; Repetto et al., 2004).

Todos los tejidos, ya sea animales o vegetales, tienen macro y microminerales en su conformación, lo que hace pensar en su importancia en la dieta, y si estos deberían, y en qué proporción, estar incluidos en ella (Underwod, 1999).

Los minerales denominados como *esenciales* deben estar presentes en los alimentos. Los denominados *macroelementos*, como calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, cloro y azufre, se requieren en mayores cantidades que los *microelementos*, como hierro, cobalto, cobre, yodo, manganeso, zinc y selenio (Rodríguez & Banchero, 2007).

El término *micro, oligoelementos* o *elemento traza* refiere a los elementos que están presentes en pequeñas cantidades en la dieta y son necesarios en pequeñas cantidades para el organismo (National Research Council [NRC], 2005).

Los microminerales, particularmente el hierro, el zinc, el cobre, el selenio y el manganeso, juegan un rol clave en el funcionamiento metabólico del animal, fundamentalmente en los sistemas enzimáticos antioxidantes superóxido dismutasa (Cu, Zn, Mn), catalasa (Fe) y glutatión peroxidasa (Se), asociados a las respuestas del organismo y a su capacidad de modular el estado de salud óptimo (Terevinto et al., 2015).

Los microelementos son parte esencial del sistema enzimático hormonal y forman parte de distintas proteínas; los macroelementos, por otro lado, se distribuyen en mayor proporción en los tejidos de sostén, como son los huesos, formados en su mayoría por calcio, magnesio y fósforo (Mufarrege, 1999).

Las funciones de los minerales en los animales pueden agruparse en cuatro tipos principales: estructurales, fisiológicas, catalíticas y reguladoras. Cada uno de los minerales mencionados cumple distintas funciones en el organismo, y algunos de ellos están involucrados en más de una función (Pittaluga, 2018).

La fuente principal de aportes minerales es el consumo de pasturas o forrajes que esté consumiendo el animal, además de otras como el consumo de agua y tierra-suelo (McDowell et al., 1984).

El contenido de minerales en las pasturas naturales depende de numerosos factores, como su contenido y disponibilidad en el suelo, el tipo de pastura, el estado fenológico, la época del año y las condiciones de pastoreo (Sienra, 1987).

Dentro de los factores que actúan sobre el contenido mineral en las pasturas están las precipitaciones. Esta variable actúa sobre las plantas de distintas formas, dependiendo de la especie, estado vegetativo y parte de la planta que es afectada (Frick, 1976).

La composición mineral del agua de bebida influye no solo sobre la ingesta de agua, sino también del alimento, condicionando así los niveles productivos alcanzados (Pérez et al., 2007). Por otro lado, el agua no representa, normalmente, una fuente de minerales para el animal, excepto en condiciones muy particulares.

Los perfiles minerales han sido usados como indicadores de carencias de forma directa o indirecta de los principales macro y microminerales a nivel sanguíneo (Carriquiry & Frade, 2017).

Es importante distinguir entre requerimientos de mantenimiento y requerimientos de producción de los minerales. Los requerimientos de mantenimiento son las cantidades necesarias de un determinado mineral para cubrir las pérdidas que se dan a través de la eliminación de la materia fecal (pérdidas por descamación celular epitelio gastrointestinal, residuos microbiológicos, secreciones gastrointestinales) y por el sudor (Pittaluga, 2018).

Los requerimientos de producción varían según distintos factores, como el peso ganado, si la producción es de leche o lana, si es un animal gestante o no. Una vez determinados los requerimientos, teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente, tienden a ser constantes (Mattioli et al., 2013).

En cuanto a la estimación de requerimientos netos, se subestiman los requerimientos reales de la dieta, debido a que la mayoría de los minerales no se absorben en su totalidad. La importancia relativa que tienen los requerimientos de producción sobre los requerimientos totales de minerales es ampliamente superior a los requerimientos de mantenimientos. Es decir que, a la hora de determinar las exigencias minerales del animal, lo más importante es el nivel de producción y el objetivo productivo preestablecido (Pittaluga, 2018).

Considerando todo lo expuesto, es de suma importancia comprender la función de estos minerales en el organismo, y lo que ocurre en caso de carencia, exceso o en caso de una incorrecta proporción de su consumo, para así poder lograr los objetivos productivos con mayor eficiencia.

En la Tabla 1, a continuación, se indican los aportes de cobre, manganeso, zinc, hierro, selenio y fósforo presentes en las pasturas de campo natural según la época del año y los distintos requerimientos según la categoría o la producción.

Tabla 1. Aporte de fósforo y minerales traza en campo natural (expresado en promedio de 15 sitios, por estación del año) y el requerimiento de las distintas categorías de ganado de carne.

Mineral	Estación	Apote del campo natural	Requerimiento de recria	Déficit recria	Requerimiento en gestación y lactancia	Déficit en gestación y lactancia
Cu mg/Kg MS	Primavera	7,60	10	-2,40	10	-2,40
	Verano	2,30	10	-7,70	10	-7,70
	Otoño	4,20	10	-5,80	10	-5,80
	Invierno	4,00	10	-6,00	10	-6,00
Mn mg/Kg MS	Primavera	332	20	312	40	292
	Verano	116	20	96	40	76
	Otoño	182	20	162	40	142
	Invierno	241	20	221	40	201
Zn mg/Kg MS	Primavera	24,6	30	-5,4	30	-5,4
	Verano	10,6	30	-19,4	30	-19,4
	Otoño	13,0	30	-17	30	-17
	Invierno	19,5	30	-10,5	30	-10,5
Fe mg/Kg MS	Primavera	451	50	401	50	401
	Verano	102	50	52	50	52
	Otoño	225	50	175	50	175
	Invierno	310	50	260	50	260
Se mg/Kg MS	Primavera	0,102	0,10	0,00	0,10	0,002
	Verano	0,099	0,10	0,00	0,10	-0,001
	Otoño	0,069	0,10	-0,03	0,10	-0,031
	Invierno	0,121	0,10	0,02	0,10	0,021
P mg/Kg MS	Primavera	0,28	0,25	0,03	0,20	0,08
	Verano	0,19	0,20	-0,01	0,15	0,04
	Otoño	0,20	0,20	0,00	0,15	0,05
	Invierno	0,22	0,20	0,02	0,15	0,07

Cu = Cobre

Zn = Zinc

Se = Selenio

Mn = Manganeso

Fe = Hierro

P = Fósforo

Nota. Elaboración propia en base a datos de Pittaluga (2018). Déficit aparente representado a la derecha de cada columna.

Se observaron grandes variaciones en la concentración de minerales de diferentes especies de plantas que crecen en un mismo suelo, a medida que las plantas maduran y el contenido de minerales disminuye, debido a su proceso natural de dilución y traslado de nutrientes a la raíz (Mc Dowell & Arthington, 2005).

4.1. ESPECIFICACIÓN DE MINERALES

A continuación, se exponen las características de cada mineral y se comentan brevemente algunas de sus principales funciones y las alteraciones causadas por desequilibrios en el aporte en relación con los requerimientos.

4.1.1. CALCIO (Ca)

Función: El calcio es esencial para la formación del esqueleto, la coagulación sanguínea normal, la acción rítmica del corazón, la excitabilidad neuromuscular, la activación enzimática y la permeabilidad de las membranas (Holmes, 2003; Rosol et al., 2000; Stöber, 2005).

Requerimientos: Los requerimientos de este mineral son de 0,28 % por kilo de materia seca (Ungerfeld, 1998).

Contenido en pasturas: La media de 215 observaciones de contenido de calcio de pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura es de 0,42 % de la materia seca (0,13 % a 1,3 %; CV = 41,9 %) (Ungerfeld, 1998).

Existe una relación inversa entre el contenido de materia seca que aumenta al madurar la planta y el calcio. Se observa una tendencia a encontrar un menor contenido de calcio en pasturas en primavera y verano, la mayor concentración en invierno, seguida por el otoño (Ungerfeld, 1998).

Riesgo de carencias: Un consumo deficitario o una relación inadecuada entre calcio y fósforo puede llevar a debilidad ósea, reducción en la tasa de crecimiento, una baja en la producción láctea en deficiencias severas y convulsiones (Pittaluga, 2008). La hipocalcemia, que comúnmente se asocia con el cuadro de vaca caída, no debe relacionarse con una deficiencia de calcio, sino a una enfermedad metabólica asociada a la falta de movilización que ocurre antes, durante o después del parto (Rodríguez & Banchero, 2007).

Es poco probable que ocurra una deficiencia directa de calcio si comparamos el contenido en las pasturas con respecto a los requerimientos en las condiciones extensivas de producción de ganado para carne en la región (Mufarrege, 1999).

4.1.2. FÓSFORO (P)

Función: Además de participar en la formación ósea, es fundamental para el funcionamiento adecuado de los microorganismos ruminantes, para la regulación del pH sanguíneo y para muchos complejos enzimáticos y metabolismo de las proteínas (Pittaluga, 2008).

Interviene en diferentes sistemas enzimáticos y es particularmente importante en la fermentación de los carbohidratos estructurales. Forma parte del material celular, como ácidos nucleicos, ATP, fosfolípidos de la membrana celular y ácido teicoico de las paredes celulares de las bacterias Gram+ (Durand et al., 1983; Komisarczuk & Durand, 1991).

El contenido de fósforo en los microorganismos ruminantes es muy variable, entre el 2 y el 6 % de la materia seca, o bien de 2 a 2,8 % en bacterias de cultivo puro, mientras que estudios *in vivo* señalan un contenido entre 1 y 2 % (Durand et al., 1983).

No resulta claro cuál es el rol específico del fósforo en la reproducción; para determinar la incidencia de su deficiencia en la función reproductiva se debe considerar su efecto represivo en la digestibilidad, el apetito y el consumo. Además de la interacción entre el consumo de fósforo, su drenaje por la lactancia y el potencial de reposición del fósforo en fluidos y saliva a partir de los huesos (Pittaluga, 2008).

El calcio tiene una estrecha relación con el fósforo a nivel fisiológico; una relación entre ambos de 1:1 a 2:1 es lo ideal para una correcta formación ósea y desarrollo del animal, ya que esta es la relación en que se encuentran a nivel esquelético (Pittaluga, 2008).

Cuando las cantidades de fósforo en la dieta son bajas, tiende a mejorar la eficiencia de su absorción (Rodríguez & Banchero, 2007), por otro lado, la absorción de fósforo puede disminuir en presencia de niveles excesivos de calcio (Grace, 1983).

Requerimientos: Los requerimientos de fósforo son de 3,72 gr por kilo de materia seca diarios (NRC, 2000)

Contenido en pasturas: La media de 253 observaciones de contenido de fósforo de pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 0,14 % de la materia seca (0,02 a 0,42 %; CV=42,1 %) (Ungerfeld, 1998). Pittaluga (2018) reporta un contenido de fósforo promedio de 0,2 a 0,28 % según la estación del año, con el máximo en primavera.

Riesgo de carencias: En los bovinos causa falta de apetito, bajo porcentaje de preñez, reducción en la velocidad de crecimiento, pérdida de peso y disminución de la producción láctea; también se puede observar osteofagia (Carriquiry, 2017).

En esta línea, de acuerdo con los datos de Ungerfeld (1998) antes mencionados, existe una importante cantidad de sistemas cuyos animales no cubren los requerimientos de fósforo en la mayor parte del año. Sin embargo, Pittaluga (2018) encontró, en quince sitios agroecológicos diferentes en las cuatro estaciones de un año, niveles de fósforo en el campo natural suficientes para cubrir los requerimientos de vacas de cría y animales en crecimiento.

Contrariamente, según Schild (2022), los sistemas productivos basados en campo natural que nunca fueron fertilizados no tienen mejoramientos forrajeros y, con evidencia de animales con pica, tienen deficiencia de fósforo tanto en suelo como en forraje, limitando la producción de las vacas de primera cría durante la primavera y verano.

4.1.3. MAGNESIO (Mg)

Función: La importancia del magnesio a nivel fisiológico es amplia. Es fundamental para la integridad de huesos y dientes, y es el segundo catión en importancia luego del potasio en los fluidos intracelulares. Tiene una función importante como ion esencial para muchas reacciones enzimáticas en el metabolismo intermedio y también como activador de las enzimas, estando sumamente presente en el metabolismo de los carbohidratos y los lípidos, además de cumplir funciones importantes en la transmisión y actividad neuromuscular (Pittaluga, 2008).

A medida que los rumiantes envejecen, se hacen más susceptibles a sufrir tetania hipomagnesémica debido a que se les hace más difícil movilizar el magnesio óseo (McDowell & Arthington, 2005). La deficiencia de este mineral es conocida como *tetania de las pasturas*: causa falta de apetito, hiperirritabilidad, contracciones musculares anormales y excesiva salivación, lo que podría llevar a la muerte del animal si no se trata a tiempo.

Requerimientos: Los requerimientos de magnesio varían entre 0,10 y 0,20 % (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: La media de 184 observaciones del contenido de magnesio en pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 0,17 % de la materia seca (0,04 a 0,33 %; CV= 38,3 %,), siendo los requerimientos de 0,12 % (Pittaluga, 2018). Existen evidencias de que la biodisponibilidad del magnesio es más alta en forrajes maduros que en jóvenes (Ungerfeld, 1998).

Riesgo de carencias: Según los datos que proporciona Pittaluga, no es frecuente esta carencia, si bien se observa en algunos momentos en particular, como en el posparto.

El magnesio es absorbido principalmente en el rumen. La absorción es deprimida por el potasio y favorecida por el sodio. Las reservas corporales de magnesio son pocas y de difícil acceso, y por ello los aumentos de la demanda por lactancia de la vaca o por crecimiento de los vacunos jóvenes, deben ser cubiertos directamente por el magnesio del forraje; si este no es suficiente, puede surgir la tetania (Mufarrege, 1999).

Esta carencia es propia de los climas templados, ya que el crecimiento de forraje ocurre en épocas de climas fríos, detectándose más en vacas lecheras que consumen verdeos de avena y raigrás muy jóvenes o con un alto crecimiento diario (Rodríguez & Banchero, 2007).

4.1.4. SODIO (Na) y CLORO (Cl)

Función: El sodio y el cloro constituyen el cloruro de sodio, o sal común, y son esenciales para la vida de los animales y, en lo que refiere a suplementación, serán abordados en conjunto (Pittaluga, 2008).

El sodio y el cloro están estrechamente vinculados al mantenimiento de la presión osmótica y a la regulación del equilibrio ácido base. Estos dos compuestos funcionan como electrolitos y se encargan del equilibrio del líquido intracelular, la toma de nutrientes y la transmisión del impulso nervioso. (Pittaluga, 2008).

Junto al potasio, son los principales elementos responsables del balance electrolítico; una disminución de potasio y cloro reducen el ritmo de crecimiento y la reacción muscular y nerviosa (Jiménez et al., 2014).

Los síntomas vinculados a la carencia de sodio son un apetito poco usual por la sal y la ingesta de objetos extraños: tierra, madera, piedras, huesos. Los animales confinados lamen las paredes y el sudor de otros animales sin alterarse su estado de salud por varios meses, hasta llegar a un punto en el que colapsa el organismo. El animal se muestra inapetente, con los ojos sin brillo, pelo hirsuto, rápida pérdida de peso y baja producción de leche. Se revierte rápidamente al proporcionarle sal al ganado (Pittaluga, 2008).

Requerimientos: Los requerimientos del sodio oscilan entre 0,07 % y 0,10 % y los de cloro entre 0,1 y 0,3 % (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: El contenido de cloro en los alimentos es variable. El maíz en grano contiene entre 0,03 y 0,06 % en materia seca; la avena en grano entre 0,10 y 0,12 %; el ensilado de maíz entre 0,10 % y 0,18 %; la alfalfa entre 0,03 y 0,64 % (Kincaid, 1993).

Los datos de contenido de sodio en tapices completos son escasos. Sosa y Guerrero (1983) hallaron un contenido medio de 0,04% de la materia seca en doce muestras a lo largo de la Ruta 26, Uruguay, con un amplio coeficiente de variación. De acuerdo con los requerimientos, el 60 % de estas muestras no cubren las necesidades de sodio de los animales (Ungerfeld, 1998).

No se encontraron datos en los relevamientos realizados referentes a determinaciones de cloro en pasturas naturales uruguayas.

Los signos clínicos de carencia de sodio se caracterizan por una búsqueda acentuada del animal por sal, con pérdida o menor ganancia de peso, disminución en la producción de carne o leche, *pica* y tendencia de los animales a ingerir suelo o madera y a lamer el sudor de otros animales y paredes, en el caso de animales confinados (Rodríguez & Banchero, 2007).

La deficiencia de sodio es más probable que ocurra durante las siguientes circunstancias: la lactación —debido a la deposición de sodio en la leche—, en animales de crecimiento rápido, y bajo condiciones de clima cálido, donde grandes cantidades de agua y sodio son perdidas a través del sudor y donde los pastos son deficientes en sodio (McDowell & Arthington, 2005).

Según Barcellos et al. (2003), el sodio es el elemento más deficiente en las pasturas de Río Grande del Sur, principalmente debido a la poca capacidad de las especies nativas para acumular el mineral.

4.1.5. POTASIO (K)

Función: El potasio es uno de los minerales que se encuentra en mayor cantidad en el organismo de los animales, siendo el catión más importante de los fluidos intracelulares y extracelulares. Es requerido para una serie muy amplia de funciones corporales, como el equilibrio ácido base, el balance osmótico, los sistemas enzimáticos y el balance del agua (Pittaluga, 2008).

Requerimientos: Los requerimientos de potasio varían entre 0,6 y 0,7 % (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: Se halló un contenido medio de 1,45 % de materia seca en doce muestras tomadas a lo largo de la Ruta 26 (Uruguay). Se sabe que las gramíneas tienen menos cantidad de potasio con respecto a las leguminosas, pero las diferencias no son significativas (Sosa & Guerrero, 1983).

Riesgo de carencias: En general, los requerimientos de este mineral están cubiertos, disminuyendo prácticamente a cero la posibilidad de una deficiencia, lo que lleva a la conclusión de que este mineral no es un mineral crítico (Barcellos et al., 2003).

Si bien los signos que presentan los animales frente a una carencia de este mineral son inespecíficos, sí se ve afectada su performance, pudiendo observarse anorexia, signos nerviosos, rigidez, piel poco elástica, disminución en la tasa de conversión de alimento, entre otros (Pittaluga, 2008).

4.1.6. AZUFRE (S)

Función: Tiene un rol fundamental en la síntesis proteica, ya que forma parte de la cisteína y metionina (ambos forman parte del grupo de aminoácidos aromáticos). La proteína de los forrajes tiene influencia sobre el contenido de azufre, más del 50 % de este mineral forma parte de los aminoácidos azufrados que forman parte, a su vez, de las proteínas foliares (Pittaluga, 2008).

Requerimientos: Los requerimientos de dicho mineral son de 0,15 % (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: Su contenido medio es de 0,15 %, con un rango de 0,11% a 0,25% en doce muestras a lo largo de la Ruta 26, Uruguay (Sosa & Guerrero, 1983).

Riesgo de carencia: De acuerdo con la información consultada, la carencia de este mineral es muy poco probable. Cuando hay un déficit de azufre, el principal problema que se observa es una disminución en la fermentación ruminal y síntesis de proteínas bacterianas del rumen, lo que se refleja en pérdida de peso y disminución del desarrollo; también se observa lagrimeo, letargia, somnolencia, llegando, en algunos casos, a la muerte (Pittaluga, 2008).

4.1.7. COBALTO (Co)

Función: El cobalto es uno de los principales elementos que participan en la formación de la vitamina B12, que se sintetiza en el rumen, siendo esta fundamental en los tejidos animales, por ejemplo, en el tejido nervioso (Pittaluga, 2008).

Requerimientos: Los requerimientos de cobalto son de 0,15 mg por kilo de materia seca (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: El contenido de cobalto en pasturas naturales uruguayas varía entre 0,19 y 0,23 ppm de materia seca. Los ovinos son más susceptibles a esta carencia (Ungerfeld, 1998).

Riesgo de carencias: La deficiencia de cobalto es poco común en los animales en pastoreo, ya que el contenido de este mineral presente en las pasturas supera sus requerimientos. Cuando se presenta puede causar anorexia, falta de crecimiento y desarrollo, degeneración grasa del hígado, anemia severa y debilidad por los descensos de la vitamina B12 y, ocasionalmente, puede causar la muerte (Jiménez et al., 2014).

4.1.8. COBRE (Cu)

Función: El cobre participa en diversas funciones del organismo, como la función cardíaca, la síntesis ósea, la pigmentación de tejidos, la formación de tejido conjuntivo, entre otras. Debido a su papel en la fisiología cardíaca, los animales que presentan esta carencia pueden sufrir muerte repentina, y, en la necropsia, el corazón puede presentar lesiones (Pittaluga, 2008).

En casos de deficiencias leves que se presentan como subclínicas, es difícil identificar dicha carencia; igualmente, hay grandes pérdidas económicas debido a que afecta la producción del animal en general (Mc Dowell & Arthington, 2005).

Requerimientos: Se requieren 10 mg por kilo de materia seca, para bovinos de todas las categorías y producciones (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: La media de 203 observaciones de contenido de cobre de pasturas naturales uruguayas fue de 6,8 ppm en la materia seca (0 a 32,9 ppm; CV = 68,9 % (Ungerfeld, 1998).

Riesgo de carencias: Teniendo en cuenta los requerimientos de cobre y el contenido en pasturas según datos de la bibliografía disponible, es probable que se presente carencia de este mineral en animales a campo natural. La hipocuprosis bovina es una de las principales enfermedades nutricionales que afectan al ganado en pastoreo en Argentina y en el mundo. Por su alta incidencia, es considerada la segunda deficiencia mineral en importancia a nivel mundial (Mattioli, 1998).

Los signos clínicos asociados a esta carencia son disminución del apetito, aumento en la frecuencia y volumen de las deposiciones de forma severa, anemia, signos nerviosos, crecimiento lento, disminución en la producción láctea, infertilidad, retención placentaria, distocias, falla en la actividad cardíaca, fracturas óseas y raquitismo en neonatos (Mc Dowell & Arthington, 2005).

4.1.9. YODO (I)

Función: El yodo participa en la síntesis de hormonas tiroideas tiroxina y triyodotironina. Estas hormonas participan en funciones muy importantes, como el metabolismo de los carbohidratos, proteínas, lípidos y agua, y por esto es muy importante a nivel productivo y reproductivo (Mc Dowell & Arthington, 2005).

Algunas de las funciones que cumple son la regulación de la temperatura corporal, el metabolismo, funciones como la reproducción, el desarrollo muscular, el crecimiento, la circulación y la función muscular. A través de su presencia, en las hormonas de la tiroides, ese elemento controla la tasa de oxidación de todas las células (McDowell & Arthington, 2005).

El yodo es absorbido primariamente en el rumen, y los signos de deficiencia son bocio, caída de pelo en animales jóvenes y retardo del crecimiento. La deficiencia severa de yodo puede ser diagnosticada fácilmente por la evidencia clínica de bocio, resultado del agrandamiento de la tiroides (Mc Dowell & Arthington, 2005).

Las formas menos severas de deficiencias son más difíciles de diagnosticar, y afectan la producción a través de irregularidad o supresión de celos, afectación del desarrollo fetal en cualquier etapa, provocando reabsorciones embrionarias, abortos o muertes al nacer, gestaciones prolongadas y retenciones placentarias (McDowell & Arthington, 2005).

Los factores que limitan la capacidad humana de mantener la estructura y función de la tiroides se aplican a los animales, que responden de un modo similar a la suplementación con yodo. Esos factores son: deficiencia ambiental de yodo, presencia de componentes bociogénicos en la dieta —que interfieren con la síntesis de hormonas de la tiroides —, disponibilidad de otros elementos traza, como selenio y hierro, que influencian el metabolismo del yodo, y factores ambientales, tal como estrés por frío, que incrementa la tasa de metabolismo basal (Underwood & Suttle, 1999).

Requerimiento: Los requerimientos de yodo son de 0,5 mg por kilo de materia seca (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: No se encontraron datos acerca del contenido de yodo en las pasturas en Uruguay. El bocio humano en el Uruguay se presenta especialmente en la zona norte, disminuyendo hacia el sur (Ungerfeld, 1998).

Riesgo de carencias: El bocio es una condición médica que aparece en el ganado, y se trata de la glándula tiroides agrandada. Es el resultado de una cantidad insuficiente de yodo. Mientras que el bocio no es frecuente en el ganado adulto, sí lo es en los terneros recién nacidos. Esto se conoce como *bocio*

congénito. La cura para el bocio congénito en el ganado es el suplemento de yodo a los animales adultos. Esto resultará en el ganado recién nacido sano y sin bocio (Dessein et al., 2004).

4.1.10. HIERRO (Fe)

Función: El hierro es fundamental para el correcto metabolismo del animal, y forma parte del proceso de respiración celular, siendo componente de la hemoglobina, mioglobina, el citocromo y algunas enzimas (Pittaluga, 2008).

Requerimientos: los requerimientos de hierro son de 50 mg por kilo de materia seca (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: La media de 93 observaciones de contenido de hierro en pasturas uruguayas fue de 746 ppm en la materia seca (102 a 3741 ppm) (Ungerfeld, 1998). Sería poco probable que ocurrieran efectos tóxicos, debido a que la biodisponibilidad del hierro procedente de contaminación con suelo parece ser mínima (Towers & Grace, 1983).

Riesgo de carencias: No se ha demostrado experimentalmente una deficiencia de hierro primaria en animales a pastoreo debido al alto contenido de este en las pasturas; más bien se presenta en situaciones como infestaciones de parásitos, que producen una pérdida de sangre importante, o en infecciones que alteran el metabolismo del hierro (Pittaluga, 2008).

Los terneros alimentados exclusivamente con leche presentan anemia y además pueden provocar bajas en la ganancia de peso, letargo, dificultad respiratoria y mucosas pálidas (McDowell & Arthington, 2005).

4.1.11. MANGANESO (Mn)

Función: El manganeso es cofactor de enzimas, como piruvato carboxilasa, arginasa, superóxido dismutasa mitocondrial, además de ser un activador enzimático, por ejemplo, de la glicosil transferasa (Baran, 1995). Estas enzimas cumplen funciones específicas y esenciales para un correcto funcionamiento del organismo: son importantes para la constitución de la matriz orgánica ósea y dental, y participa en la síntesis de hormonas esteroideas.

La proporción de manganeso que es absorbida es muy baja y es afectada por otros minerales como calcio, fósforo y hierro (Underwood, 1981).

Requerimientos: Los requerimientos de manganeso varían entre 20 y 40 mg por kilo de materia seca, para todas las categorías (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: La media de 203 observaciones de contenido de manganeso en pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 223 ppm en la materia seca (24,4 a 753 ppm) (Ungerfeld, 1998).

Riesgo de carencias: Esta carencia es poco frecuente: los requerimientos de manganeso se cubren en un 100 % en otoño, 98,2 % en invierno, 95,8 % en verano y 92,2 % en primavera (Pittaluga, 2008).

En todas las especies animales, la deficiencia de manganeso se manifiesta por crecimiento lento, anormalidades esqueléticas y desórdenes nerviosos en el recién nacido y disturbios en la función reproductiva. La expresión de estos signos varía con el grado y duración de la deficiencia y con la edad y función productiva de los animales (Underwood, 1981).

4.1.12. SELENIO (Se)

Función: El selenio es fundamental para el crecimiento, reproducción y prevención de enfermedades. Su importancia radica en que actúa en la protección de las membranas celulares y de las proteínas, lo que sucede por la acción de la enzima glutatión peroxidasa (Underwood, 1981).

Se relaciona en gran medida con la vitamina E: en conjunto protegen la integridad de las membranas celulares contra la degeneración y muerte tisular, y son de suma importancia en la respuesta inmune (Mc Dowell & Arthington, 2005).

Requerimientos: Los requerimientos de selenio para bovinos de engorde es de 0,1 mg por kilo de materia seca (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: Hasta la fecha hay pocos estudios sobre su disponibilidad en campo natural uruguayo. Se describe su presencia en pasturas sembradas de trébol blanco y subterráneo, que es de 0,090 ppm en invierno, y entre 0,056 ppm y 0,045 ppm en primavera (Podestá, 1976).

Los menores niveles se encuentran en suelos en formación y suelos livianos. La concentración de selenio en los pastos tiene escasa correlación con la calidad del forraje, pero alta con el contenido de cenizas y de hierro. El contenido de selenio en las pasturas de primavera es generalmente bajo (Bavera, 2006; Silva et al., 2000).

Riesgo de carencias: Esta carencia es frecuente, ya que no se colman los requerimientos con el contenido en pasturas. En rumiantes y otras especies se han descrito diferentes cuadros asociados a la deficiencia de selenio, entre otros, se encuentra la miodegeneración nutricional o enfermedad del músculo blanco en corderos y terneros (Van Vleet, 1975).

En el ganado destinado a la reproducción, su bajo aporte en la dieta se pone de manifiesto con sintomatología variada, como puede ser retención de placenta, mastitis, abortos, mortinatos, terneros débiles y, ocasionalmente, la caída de la vaca postparto, aunque tal vez su mayor impacto sea una baja tasa de concepción. En animales jóvenes, una deficiencia marcada de este mineral está relacionada con severos desórdenes musculares que pueden desencadenar la muerte del animal (Pittaluga, 2018).

4.1.13. ZINC (Zn)

Función: El zinc juega un rol vital en la síntesis de DNA y los ácidos nucleicos y en el metabolismo de las proteínas, de manera que todos los sistemas corporales sufren la deficiencia de este mineral, particularmente cuando las células se encuentran en una etapa activa de división, crecimiento y síntesis. Por estas razones, el crecimiento y reproducción son especialmente afectados por su carencia (Underwood, 1981).

Requerimientos: Los requerimientos son de 30 mg por kilo de materia seca (NRC, 2000).

Contenido en pasturas: La media de 120 observaciones del contenido de zinc en pasturas naturales uruguayas fue de 24,2 ppm en la materia seca (6,2 a 65,4 ppm en MS) (Ungerfeld, 1998).

Riesgo de carencias: Esta carencia es frecuente si comparamos los requerimientos del animal con la disponibilidad de dicho mineral en las pasturas. Las carencias de zinc disminuyen considerablemente la incorporación de diversos aminoácidos a proteínas de la piel. La deficiencia en los estados iniciales de la enfermedad o en forma subclínica puede producir mermas en la producción láctea y en la ganancia de peso diario (Corbellini et al., 1997; Drugueri, 2000).

4.2. DEFICIENCIAS MINERALES Y FACTORES QUE LA PRODUCEN

Una deficiencia mineral se origina, fundamentalmente, por un desequilibrio entre la cantidad del elemento que ingresa al organismo y es absorbida, circula en la sangre y es depositada en los compartimientos u órganos de reserva, y la que egresa por conceptos de mantenimiento y producción (Mulligan & Doherty, 2008; Wittwer, 2007).

Las deficiencias minerales son clasificadas como *primarias* cuando el mineral en cuestión no se encuentra disponible para el consumo del animal en cantidades suficientes, y *secundarias* cuando un mineral se encuentra en altas cantidades e inhibe la absorción o aumenta la excreción de algún otro mineral. (Rodríguez & Banchero, 2007).

Se reconocen tres etapas en la deficiencia de minerales en el organismo. En primer lugar, el agotamiento de minerales en los tejidos; en esta etapa no se ve afectada la producción, ya que el organismo regula la ingesta deficiente o marginal a través de cambios en la excreción y absorción (Rodríguez & Banchero, 2007).

En segundo lugar y con mayor severidad, se encuentra la carencia subclínica, que sí conlleva a una menor producción, pero sin signos clínicos evidentes. En estos casos, la respuesta a la suplementación de los minerales deficitarios en la dieta es muy notoria, con mejoramiento de peso vivo, mayor ganancia diaria,

aumento de la producción de leche o un incremento en los índices reproductivos del rebaño (Rodríguez & Banchero, 2007).

En tercer y último lugar, y siendo el más severo de los casos, se encuentra la carencia que se manifiesta como una entidad clínica, con signos que pueden ser específicos o inespecíficos. Algunos de los síntomas son el apetito por elementos extraños como ser huesos, piedras, suelo, madera, etc. (vulgarmente llamado *pica*), pérdida de peso, pelo seco y descolorido (Rodríguez & Banchero, 2007).

Existen muchos otros factores que llevan a que el animal pueda presentar una enfermedad clínica, como lo son la edad a la que sufren la carencia, diferencias genotípicas, ocurrencia simultánea de parasitos o enfermedades infecciosas, gestación, lactación, reservas orgánicas, entre otras tantas (Rodríguez & Banchero, 2007).

Hoy en día, debido principalmente a la utilización de genotipos de muy alto potencial de producción, los requerimientos minerales en general en los sistemas productivos han aumentado considerablemente, y, como consecuencia, las probabilidades de incidencia de síntomas clínicos y subclínicos debido a su bajo aporte han aumentado (Corah, 1996).

Por otro lado, es relevante considerar que cuando en la estrategia de suplementación mineral se considera únicamente el o los aportes de los minerales deficientes de las pasturas —concepto conocido como *suplementación mineral selectiva* (Tokarnia et al., 2000)— habrá una disminución sustancial de los costos de producción sin afectar la productividad y la salud de los animales (Malafaia et al., 2004).

En su mayor parte, las deficiencias minerales se ven asociadas a factores geológicos topográficos, como pueden ser características del suelo en diferentes regiones. Otro factor relevante es el grado de maduración y disponibilidad de la pastura. La cantidad de minerales es inversamente proporcional al grado de maduración del forraje, debido a un efecto de dilución y migración de estos a la raíz (Pittaluga, 2018).

También se observan variaciones en la concentración mineral de diversas especies de plantas en una misma región; en campos fertilizados se obtienen diferentes concentraciones de minerales (Frick, 1976). Los factores que se analizan a efectos de explicar los contenidos de minerales obtenidos por distintos investigadores son: material madre, ubicación topográfica, textura, composición botánica, variación estacional, disponibilidad de materia seca, método de corte.

Por otra parte, la relación entre los requerimientos de un nutriente y su contenido en la pastura es solamente la primera aproximación al estatus nutricional de animales en pastoreo, dado que el contenido en la ingesta puede ser diferente debido a la selectividad del animal. Además, debe tenerse en cuenta la biodisponibilidad del elemento y la capacidad de reserva en el organismo (Ungerfeld, 1998).

Los requerimientos de los minerales son afectados por factores como el tipo y nivel de producción, la edad, la raza, la dieta, el ambiente, entre otros. Por ejemplo, se ha identificado que las razas británicas tienen mayores requerimientos de ciertos minerales en comparación con razas continentales en los trópicos, ya que el aumento de sudoración de estos implica una mayor pérdida de minerales (Carriquiry, 2017a).

El fósforo y el sodio han sido ampliamente reconocidos como deficitarios en las pasturas naturales; algunos autores indican niveles insuficientes de microelementos como el cobre, el zinc, el cobalto, el yodo y el selenio (Pittaluga, 2009; Ungerfeld, 1998).

Se recomienda la suplementación con fósforo cuando su nivel en las pasturas sea inferior al 0,14 % de la materia seca, pero se carece de un sistema que brinde recomendaciones más precisas sobre el estado de los animales y las pasturas (Pittaluga, 2009).

En las pasturas tropicales de Brasil, durante la estación seca, los niveles de fósforo son bajos, sin embargo, no se recomienda su suplementación debido a que las limitantes mayores en esa situación son la energía y la proteína (Riet Correa et al., 2001).

En Australia, la suplementación con fósforo se recomienda especialmente durante la estación húmeda, mientras que en la estación seca se sugiere la suplementación con proteína y energía, agregando fósforo en bajos niveles solo a las vacas lactando (Jackson et al., 2012).

El contenido de sodio también es bajo en muchas de las pasturas naturales. En una profunda revisión y análisis retrospectivo, Ungerfeld (1998) reporta que el 60 % de las muestras analizadas resultó con niveles insuficientes de dicho mineral.

En cuanto al costo de la suplementación, en Argentina se ha reportado que la suplementación con fósforo es el principal componente del gasto en suplementación mineral (Mufarrege, 2004).

La sal mineral usada en el ganado de carne en el centro-oeste de Brasil representa aproximadamente el 20 % del costo de los insumos, y el fósforo representa entre un 60 y un 70 % del costo del suplemento (Riet Correa et al., 2012).

Carriquiry (2017a), en un estudio sobre un grupo de empresas ganaderas del norte del país, indica un gasto en suplementos minerales de 8 U\$/cabeza bovina, cuyo valor es superior a la suma de todos los costos sanitarios a nivel de establecimiento.

Quienes sostienen este tipo de suplementación mineral lo hacen en un formato de prevención, mediante el cual, a un bajo costo en dinero y trabajo, se evitan posibles depresiones de la performance asociadas a la deficiencia de uno o varios minerales. Más aun, teniendo en cuenta el hecho de que las deficiencias

de minerales traza en sistemas pastoriles comienzan a generar depresiones en la performance del ganado previo a la aparición de síntomas clínicos (difícilmente detectables) (Pittaluga, 2018).

El agua de bebida de los animales es una fuente potencial de minerales. Se observa que, en establecimientos que usan pozos semisurgentes, un alto porcentaje de requerimientos de cloruro de sodio y sodio se cubren de esa forma (Fernandez Cirelli et al., 2010).

Hoy en día es una práctica común la suplementación mineral con sales comerciales estándar y/o preparaciones hechas a medida, procurando cubrir requerimientos específicos (Carriquiry, 2017b). Se presentan muchos escenarios con distintas variables: las diferentes regiones del país, las estaciones del año, los tipos de suelos y la variedad de sus pasturas, así como el manejo propio de cada predio, incluida la suplementación con concentrados energéticos o proteicos en épocas puntuales del año, la administración de complejos vitamínicos/minerales sistémicos, y la suplementación con sales minerales.

Esta suplementación se realiza, en la mayoría de los casos, sin tener datos medidos de forma objetiva de sus carencias reales; como consecuencia, no hay certezas en cuanto a la eficiencia productiva y/o económica de esa práctica (Carriquiry, 2017b).

Teniendo un conocimiento a nivel predial de la situación de los minerales presentes en las pasturas, el agua y el animal, se pueden formular los suplementos minerales específicos que ajusten mejor los requerimientos con la oferta de minerales.

En las últimas décadas, la relevancia de los minerales en la nutrición ha cobrado mayor protagonismo, acompañada de un avance significativo en la comprensión de sus diversas funciones (Ungerfeld, 1998). En este contexto, este estudio se ha enfocado en analizar las concentraciones minerales en los tres componentes del sistema productivo: animales, plantas y agua, y de esta manera proporcionar una visión integral a nivel de establecimientos agropecuarios, contribuyendo así a una mejor gestión nutricional y productiva.

5. HIPÓTESIS

Las vacas de primera cría que se alimentan en base a campo natural en Uruguay pueden presentar algunas deficiencias de macrominerales (calcio, fosforo, y magnesio) y microminerales (cobre, zinc y selenio) que pueden identificarse mediante análisis de sangre.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es evaluar la nutrición mineral de vacas a pastoreo en campo natural a través de la medida de micro y macrominerales en sangre, pasturas y agua.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los niveles de minerales (calcio, sodio, magnesio, cobre, zinc y selenio) en los principales componentes de la alimentación de vacas a pastoreo en campo natural (pastura y agua de bebida).

Determinar los niveles de minerales en sangre de vacas a pastoreo (calcemia, fosfatemia, magnesemia, cupremia y zinquemia).

Identificar posibles desajustes en la nutrición mineral y las medidas aplicadas para su corrección a nivel de establecimientos ganaderos.

Identificar las principales estrategias de suplementación mineral que utilizan los productores y las principales características de sus sistemas de producción.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

La propuesta fue aceptada por la CHEA (CEUAFVET 111900-000289-21), protocolo nº 1337.

La evaluación se llevó a cabo a partir de una muestra de conveniencia en catorce establecimientos rurales que formaron parte del proyecto «Mejora en la sostenibilidad de la ganadería familiar de Uruguay» UFFIP (INIA, 2018).

Los establecimientos están ubicados en distintas zonas agroecológicas del país (Basalto, Cristalino centro, Este y Cuenca sedimentaria). La distribución de los muestreos se encuentra representada en la siguiente figura; las flechas rojas indican la ubicación de los establecimientos estudiados.

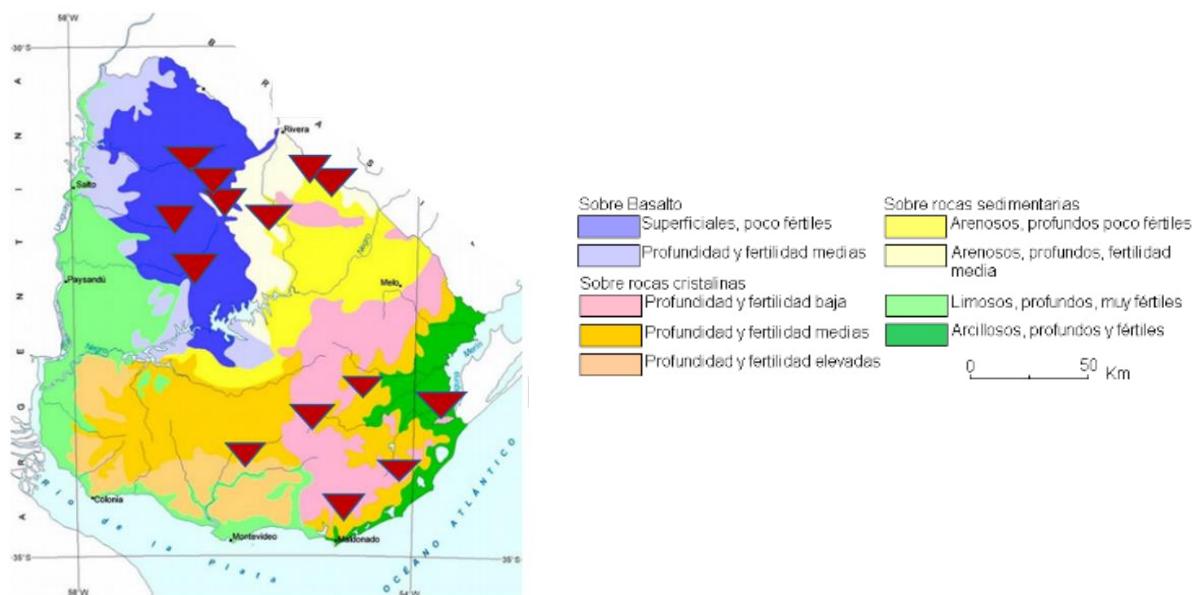


Figura 1. Ubicación de los establecimientos de acuerdo con zona agroecológica (Mapa original extraído de Mapas de Uruguay, s.f.).

Se realizó una entrevista semiestructurada con el responsable de cada establecimiento para recoger información de pasturas, animales, manejo y el uso de suplementos. Para ello se elaboró una pauta de entrevista y se realizó el análisis del discurso, extrayendo los principales conceptos que permitieron conocer y registrar la percepción y las medidas que los productores aplican.

En las entrevistas se buscó registrar las principales características de cada predio, así como los antecedentes de uso de suplementos minerales; para ello se estableció un diálogo con el responsable del manejo de los animales.

Se promovió un diálogo natural, usando la pauta de la entrevista como una guía general, no como cuestionario; de esta manera se buscó recoger la información

más completa y fidedigna posible. Las preguntas se completaron y/o reorientaron de acuerdo con la observación del ambiente y de los lugares de trabajo.

La información se registró de forma escrita, luego se sistematizó y se presentó en planillas descriptivas. Información como la superficie de la explotación, dotación animal y el tipo de suplementos utilizados se presenta con el fin de contextualizar los predios.

7.1. DETERMINACIÓN DE LOS MINERALES EN LOS ANIMALES

En cada establecimiento se seleccionaron quince vacas al azar de primera cría lactando. Se eligió esta categoría para el estudio por ser la que cuenta con mayores requerimientos y demanda de alimento, ya que a los requerimientos de mantenimiento y lactación se le suman los requerimientos para completar su propio desarrollo (Instituto Plan Agropecuario [IPA], 2011).

La condición corporal en bovinos es un concepto subjetivo que intenta, a través de apreciación visual, evaluar el estado nutricional de las vacas con base en el grado de gordura que presentan en relación con su tamaño (Evans, 1978).

Existen diferentes escalas para realizar la medición de condición corporal. En Uruguay se utiliza la escala validada: los grados de condición corporal según esta escala varían entre 1 (animal extremadamente flaco) y 8 (animal extremadamente gordo). En este trabajo se determinó la condición corporal de las vacas seleccionadas mediante escala de 1 a 8 validada por Vizcarra et al. (1986).

Las muestras de sangre fueron extraídas por venopunción coccígea con aguja 18G descartable. Se introdujo una muestra en tubos limpios y secos, y otra en tubos heparinizados.

Las muestras de sangre se centrifugaron antes de 24 horas de extraídas. El suero obtenido se acondicionó en alícuotas en microtubos cónicos tipo Eppendorf de 1,5 ml que se congelaron para su almacenamiento hasta su procesamiento para determinar los niveles de calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc.

Para determinar los niveles de selenio se extrajo el plasma de las muestras de sangre en tubos heparinizados y fue congelado hasta su procesamiento.

La determinación de los niveles de minerales se realizó posteriormente en el laboratorio DILAVE de acuerdo con su rutina de análisis por medio de espectrofotometría de absorción atómica. Se determinaron directamente concentraciones plasmáticas de calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc, e indirectamente la de selenio a través de la enzima glutatión peroxidasa.

La información obtenida se presenta mediante estadística descriptiva: promedio y desvío estándar de las determinaciones en sangre comparando los resultados obtenidos con valores referencia para los niveles de cada mineral en sangre. Los

valores de referencia utilizados para la comparación son los valores que utiliza el laboratorio DILAVE.

7.2. DETERMINACIÓN DE LOS MINERALES EN LAS PASTURAS

Para medir la altura de la pastura se realizaron 50 estimaciones mediante un disco de levante (Rising Plate Meter, Farmworks Ltd., Feilding, Nueva Zelanda), cuidando que el disco baje paralelo al suelo. El disco (o plato) de levante es un instrumento que integra la altura del forraje y la densidad de la pastura en una única medida. El principio de este método es que la biomasa de una pastura está relacionada con la densidad y la altura de sus componentes (Pravia et al., 2013).

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (IVDN) se midió utilizando el equipo GreenSeeker (Trimble Inc., Sunnyvale, CA, Estados Unidos) en dos transectas de 25 metros. Este sensor de IVDN permitió obtener información en tiempo real para distintas escalas, ya que existe una asociación entre los valores de IVDN que arroja el instrumento y el volumen de forraje cosechado en las parcelas (Giorno & Quiroga, 2018). El índice de vegetación normalizada es una variable que permite estimar el desarrollo de una vegetación.

Para la simulación de pastoreo se cosecharon entre 15 y 25 «bocados simulados» al azar en una transecta del campo. La simulación se realizó observando el estrato pastoreado, intentando imitar el bocado del animal. Con 100 g de peso de forraje fresco se realizó el mismo procedimiento de separación de forraje verde y seco descripto anteriormente.

La estimación de relación verde-seco fue realizada mediante apreciación visual a campo previo a cada corte de la pastura, y luego en laboratorio por separación manual. Se utilizó otra muestra de 100 g de forraje fresco para la separación de material verde y material seco. Se pesaron cada una de las fracciones en fresco, y luego en seco luego de 72 horas en estufa a 60 °C.

7.3. DETERMINACIÓN DE LOS MINERALES EN EL AGUA

Siguiendo el protocolo del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2011), se tomaron muestras de dos litros de agua de la principal fuente de abrevadero del potrero donde se encuentran las vacas. Estas fueron analizadas en el laboratorio de Nutral SA. Para el calcio, el cobre y el zinc se utilizó espectrofotometría de absorción atómica en llama (AOAC 975.03), para el selenio, horno grafito (AOAC 986.15) y para el fósforo, espectroscopía visible (AOAC 965.17).

La información obtenida se presentó mediante estadística descriptiva: promedio y desvío estándar de las determinaciones en sangre, pasturas y agua, comparando los resultados obtenidos con valores referencia para los niveles de cada mineral en sangre o con los requerimientos indicados por la bibliografía para la categoría estudiada.

8. RESULTADOS

Los catorce establecimientos que fueron seleccionados para este estudio están ubicados en distintas zonas agroecológicas del país dedicadas a la ganadería (Basalto, Cristalino centro y este y Cuenca sedimentaria). Son empresas ganaderas familiares que tenían como condición principal ser gestionadas por productores y que la producción del predio constituyera el principal ingreso familiar.

En la Tabla 2, a continuación, se encuentra la información recabada en las entrevistas sobre la percepción del problema del déficit de minerales y sobre los manejos realizados por parte de los entrevistados, además de información descriptiva de los establecimientos.

Tabla 2. Caracterización de los establecimientos y uso de suplementos

Est.	Sup. (ha)	Stock	Percepción del problema	Suplementación	Injectables	Dot. animal (UG/ha)
1RE	620	250 bovinos; 390 ovinos	Cat. afectada: vaca de cría	Sí	Calcio y fósforo	0,42
2ES	1226	900 bovinos; 2000 ovinos	No tan grave	Sí	No	0,85
3CA	477	812 bovinos	Sí, ve pica	Sí	Selenio	1,36
4MO	389	170 bovinos; 225 ovinos	No	Sí	No	0,44
5BR	398	244 bovinos	No sabe, nunca lo pensó	Sí	No	0,49
6NI	179	185 bovinos; 250 ovinos	No cree que sea un problema	Sí	No	1,0
7DS	520	500 bovinos; 50 ovejas	No	Sí	Calcio	0,78
8AL	316	240 bovinos	Mal de paleta	Sí	Sí, genfos	0,6
9LO	420	301 bovinos; 500 ovinos	Cat. afectada: vaca de cría	No	No	0,76
10QU	715	600 bovinos; 900 ovinos	No ve problema	Sí	No	0,87
11OL	330	350 bovinos; 100 ovinos	Sí, mal de paleta	Sí	No	0,89
12BA	190	200 bovinos	No sabría	Sí	Selenio	0,84
13OLV	140	240 bovinos; 50 ovinos	Sí	Sí	Selenio	1,42
14GO	256	263 bovinos; 200 ovejas de cría	No	Sí	No	0,94

Los propietarios los describen como establecimientos de cría (principalmente orientados a la producción de terneros. Se trata de establecimientos de producción mixta, la mayoría (71,42%) de bovinos y ovinos, y su tamaño varía entre 179 y 1226 hectáreas.

A continuación se presentan los resultados sobre la percepción de los productores en cuanto al déficit de minerales.

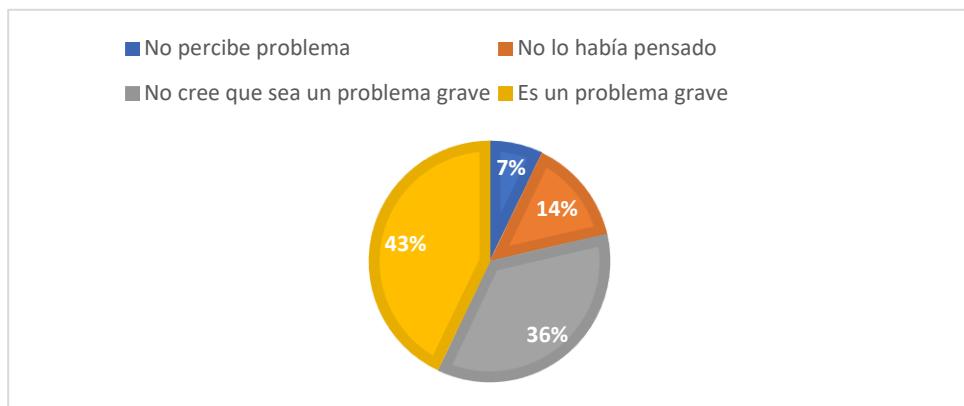


Figura 2. Percepción de los productores sobre el déficit de minerales.

Como se puede observar, en cinco (36 %) de los catorce establecimientos no se percibe que la carencia de minerales sea un problema; en dos establecimientos (14 %) no lo saben o no lo habían pensado; en uno de ellos (7 %) no se percibe como un problema grave, y en seis (43 %) lo tienen identificado como un problema grave, y nombran distintas manifestaciones clínicas en los animales.

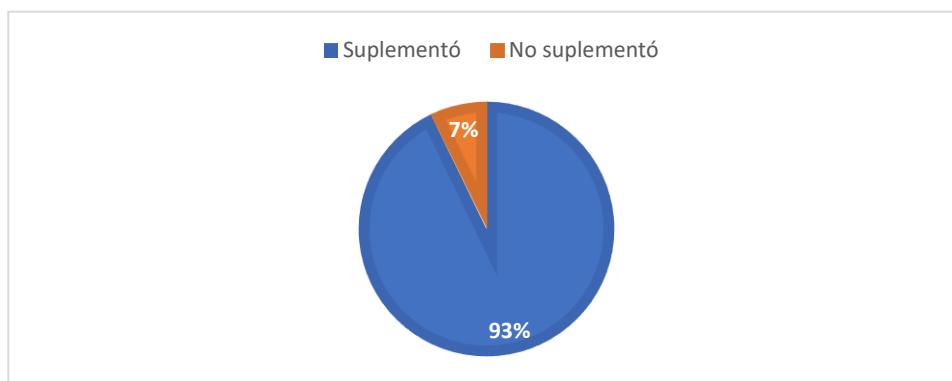


Figura 3. Porcentaje de establecimientos que suplementaron y que no suplementaron.

Trece establecimientos realizaron algún tipo de suplementación en alguna estación del año y un establecimiento no realizó ningún tipo de suplementación.

En cuanto a la administración de minerales a través de inyectables, seis establecimientos utilizaron esta herramienta.

Con respecto al estado general de los animales, la condición corporal observada en los catorce establecimientos, dos de ellos fue superior a 4; en cuatro fue 4,0, y en el resto fue inferior a 4,0 (ver figura 3).

Tabla 3. Condición corporal en cada establecimiento.

Establecimiento	Condición corporal
1RE	4
2ES	3,3
3CA	3,6
4MO	3,5
5BR	4,5
6NI	3,8
7DS	3,9
8AL	4
10QU	3,3
11OL	4
12BA	4
13OLV	3,8
14GO	4,2

8.1. RESULTADOS EN PASTURAS

La altura promedio del pasto fue 5,9 cm (2,7 cm el mínimo y 16,4 el máximo), el IDVN 0,6 (0,56 el mínimo y 0,77 el máximo), y la relación material verde/muerto 0,6 (0,55 el mínimo y 0,7 el máximo) (ver Tabla 4).

Tabla 4. Altura e Índice verde de las pasturas por establecimiento.

Est.	Altura (RP)	IDVN
1RE	7,45	0,70
2ES	16,40	0,70
3CA	7,80	-
4MO	3,17	0,63
5BR	s/d	-
6NI	8,40	-
7DS	5,30	0,77
8AL	8,20	0,68
9LO	11,00	0,62
10QU	5,40	-
11OL	6,65	0,56
12BA	6,05	0,62
13OLV	8,00	0,65
14GO	-	0,6

Tabla 5. Contenido de minerales en pastura disponible para cada establecimiento.

Est.	Ca (%)	Na (ppm)	Mg (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Se(ppm)
1RE	0,26	856,3	0,25	5,42	27,16	0,03
2ES	0,36	424,2	0,22	6,79	29,33	0,1
3CA	0,42	166,5	0,11	0,29	20,38	0,09
4MO	0,21	693,2	0,14	5,6	70,7	0,09
5BR	0,39	437,63	0,14	8,2	15,1	0,07
6NI	0,29	1.456,70	0,17	4,3	66	0,23
7DS	0,42		0,19	5,2	35	0,01
8AL	0,25		0,14	6,5	42,4	0,24
9LO	0,21	284,9	0,12	4,34	24,37	0,2
12BA	0,25	541,4	0,15	8,1	103,3	0,06
13OLV	0,4	323	0,16	4,8	22,61	0,16
Prom. y desviación	0,31 ± 0,08	575,98 ± 391,7	0,16 ± 0,04	5,41 ± 2,17	41,48 ± 27,31	0,1 ± 0,071

Cuenca et al. (1981) encontraron niveles altos de calcio en pasturas (0,23 a 0,74 %/ de la MS), niveles altos de magnesio en pasturas (0,17 a 0,25 % de la MS), niveles muy bajos de cobre en pasturas (1,28 a 2,98 % de la MS), y niveles muy bajos y normales de zinc en pasturas (6,23 a 38,9 %/ de la MS).

La concentración de calcio en las muestras de pasturas fue siempre superior a los requerimientos, lo que concuerda con la información bibliográfica de que este mineral no es un problema para el bovino que consume forraje de campo natural (Cuenca et al., 1981).

La media de 120 observaciones de contenido de zinc en pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 24,2 ppm en la MS (6,2 a 65,4 ppm) (Ungerfeld, 1998). Orcasberro & Alonso (1990), basados en resultados de 434 muestras de varios autores reportan un contenido medio de zinc inferior, de 18 ppm (6 a 60 ppm).

Por otro lado, Underwood (1981) citado por Ungerfeld (1998) sostiene que una alta proporción de plantas creciendo en suelos promedio contiene entre 25 y 50 ppm de zinc. Pasturas mejoradas en Nueva Zelanda tenían entre 23 y 70 ppm en la Isla Norte y 17 a 27 ppm en la Isla Sur (Pittaluga, 2018).

En esta investigación se obtuvo un promedio de 41,48 ppm, lo cual coincide con el rango de los trabajos mencionados.

En cuanto al selenio, las leguminosas suelen ser más pobres que las gramíneas. Sin embargo, a medida que la concentración en el suelo declina, estas diferencias suelen acortarse (Mattioli et al., 2013).

En la Tabla 6, a continuación, se comparan los resultados obtenidos en estudios realizados por diferentes autores en distintos años. Se puede observar que los datos son muy similares a los datos observados en este estudio. Las variaciones pueden deberse a varios factores, como ser: estación del año, precipitaciones y zonas geográficas.

Tabla 6. Tabla comparativa sobre el contenido de minerales en campo natural por diferentes autores.

	Cu (ppm)	Mg (%)	Zn (ppm)	Se (ppm)	Ca (%)	Na (ppm)
Ungerfeld (1998)	6,8	0,17	24	0,09	0,42	424
Piaggio y Uriarte (2005)	7,1	0,18	26	-	-	-
Schlegel et al. (2016)	8,1	0,21	28	0,02	0,71	250
Pittaluga (2018)	4,4	0,22	17	0,1	-	-
Cuenca et al. (1981)	1,77	0,20	19,70	-	0,44	-
Promedio Datos obtenidos	5,63	0,20	22,94	0,07	0,52	337
	5,41	0,16	41,48	0,11	0,31	575,98

8.2. RESULTADOS EN SANGRE

A continuación, en las Tabla 7, 8 y 9, se puede ver el detalle de los valores promedio de minerales en plasma por establecimiento con su correspondiente desviación estándar y porcentajes relacionados con el umbral de referencia.

Tabla 7. Porcentaje de predios con valores promedio inferiores al umbral de referencia para alguno de los minerales estudiados en el suero de los animales.

Ca	P	Mg	Cu	Zn
42%	50 %	14,28%	7,14 %	14,28 %

Tabla 8. Valores promedio de minerales en plasma por predio (umbral de referencia).

Est.	Ca (2,25) mmol/L	P (1,45) mmol/L	Mg (0,82) mmol/L	Cu (0,65) Ppm	Zn (0,9) Ppm
1RE	2,04 ± 0,13	1,17 ± 0,56	0,87 ± 0,11	0,69 ± 0,22	1,06 ± 0,11
2ES	1,98 ± 0,05	1,63 ± 0,08	0,82 ± 0,03	0,82 ± 0,11	1,09 ± 0,28
3CA	1,98 ± 0,10	1,35 ± 0,31	0,87 ± 0,07	0,76 ± 0,14	1,33 ± 0,49
4MO	1,93 ± 0,09	1,40 ± 0,29	0,90 ± 0,10	0,78 ± 0,33	1,16 ± 0,41
5BR	2,33 ± 0,16	1,92 ± 0,35	1,02 ± 0,12	0,79 ± 0,20	1,01 ± 0,25
6NI	2,66 ± 0,39	1,68 ± 0,36	1,07 ± 0,17	0,17 ± 0,17	0,90 ± 0,09
7DS	2,75 ± 0,34	1,79 ± 0,23	0,58 ± 0,79	0,76 ± 0,10	0,76 ± 0,09
8AL	2,76 ± 0,32	1,60 ± 0,37	0,66 ± 0,11	0,79 ± 0,14	0,14 ± 0,05
9LO	2,07 ± 0,09	0,97 ± 0,21	0,98 ± 0,07	0,74 ± 0,08	0,97 ± 0,09
10QU	1,99 ± 0,01	1,35 ± 0,06	0,98 ± 0,07	0,75 ± 0,09	1,02 ± 0,03
11OL	2,00 ± 0,07	1,45 ± 0,30	0,87 ± 0,05	0,77 ± 0,12	1,13 ± 0,16
12BA	1,99 ± 0,14	1,48 ± 0,11	0,82 ± 0,10	0,74 ± 0,14	1,68 ± 0,01
13OLV	2,21 ± 0,08	1,30 ± 0,39	0,96 ± 0,10	0,76 ± 0,12	1,13 ± 0,23
14GO	2,84 ± 0,35	1,81 ± 0,34	0,83 ± 0,70	0,75 ± 0,10	0,90 ± 0,11
Promedio y desviación estándar	2,25 ± 0,34	1,49 ± 0,26	0,87 ± 0,13	0,71 ± 0,16	1,02 ± 0,33

Nota: Se señalan en rojo los valores por debajo del umbral de referencia.

Tabla 9. Porcentaje de animales con niveles minerales en sangre por debajo del umbral de referencia.

Est.	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Déficit nutricional
1RE	42	83	8	8	17	Sí
2ES	57	44	6	0	6	Sí
3CA	60	73	7	0	7	Sí
4MO	80	53	7	7	13	Sí
5BR	0	13	13	7	20	No
6NI	0	27	15	0	54	Sí
7DS	7	31	7	13	47	Sí
8AL	7	27	7	14	33	Sí
9LO	21	100	7	7	14	Sí
10QU	75	67	0	0	8	Sí
11OL	36	57	14	7	14	Sí
12BA	60	40	10	10	0	Sí
13OLV	0	87	0	0	7	Sí
14GO	0	13	7	0	47	Sí

Nota. En la última columna se identifica, a nivel predial, situaciones críticas de déficit nutricional (al menos 30 % de animales con valores por debajo del umbral en alguno de los minerales estudiados).

Los resultados de las determinaciones de selenio fueron descartadas, ya que arrojaron valores incoherentes debido a la pérdida de la cadena de frío de la enzima que se utiliza para su procedimiento analítico (GPx).

Según los datos recabados reflejados en la tabla, se observa que nueve de catorce establecimientos (64,26 %) tenían la calcemia por debajo del umbral de referencia. Siete (50 %) presentaron un contenido de fósforo en sangre por debajo del umbral de referencia. Las deficiencias más marcadas se encuentran en los niveles de calcio y fósforo.

Al observar la información obtenida sobre el calcio en sangre, es importante tener en cuenta que se trata de una categoría de vaca de cría, por lo tanto, a los requerimientos de mantenimiento y lactación se le suman los requerimientos para completar su propio desarrollo, y el hecho de que durante la lactación hay una movilización de calcio hacia la leche.

Con respecto al magnesio y al zinc, dos establecimientos presentaron niveles por debajo del umbral de referencia para cada mineral.

El cobre fue el mineral que presentó menos frecuencia de bajos niveles: solamente uno (7,14%) de los predios presentó la cupremia por debajo del umbral de referencia, lo cual nos indica que es muy baja la posibilidad de esta carencia.

Tabla 10. Porcentaje de establecimientos con más del 30 % de sus animales con valores por debajo del umbral.

Ca	P	Mg	Cu	Zn
50 %	71 %	0 %	0 %	29 %

Se observó que siete de los catorce establecimientos tienen más del 30 % de los animales con su calcemia por debajo del umbral. Con respecto al fósforo, nueve del total tienen más del 30 % de sus animales con la fosfatemia por debajo del umbral.

El 50 % de los establecimientos mostró más del 30 % de sus animales con bajos valores de calcio en sangre.

Se observó que en el 71 % de los establecimientos más del 30 % de sus animales tiene valores deficientes de fósforo.

Ninguno de los establecimientos muestra más de un 30 % de sus animales con contenido de magnesio en sangre por debajo del umbral, siendo el mismo caso con el cobre. Por último, cuatro del total tienen más de 30 % de sus animales con contenido de zinc por debajo del umbral.

8.3. RESULTADOS EN AGUA

Los niveles de minerales en agua fueron indetectables, es decir que el aporte de minerales por esta fuente es despreciable en todos los casos estudiados. Las fuentes de agua de los predios eran cañadas y arroyos, por lo que la recarga de agua de estas fuentes es principalmente la lluvia.

No se encontró información sobre el contenido de minerales en agua de cuencas en ambientes de ganadería extensiva.

9. DISCUSIÓN

Según Gutiérrez et al. (2011), alturas de pasto inferiores a 4 cm comprometen el resultado productivo del bovino, ya que disminuyen la capacidad de consumo de forraje. Por otro lado, IVDN superiores a 0,6 indican una buena calidad de la pastura.

En este caso, en relación con la altura del pasto, el IDVN y la estimación verde-seco, se puede decir que la cantidad y calidad aparente del campo natural eran buenas o muy buenas, lo que se reflejaba parcialmente en el estado de las vacas. Sin embargo, en el 92,8 % de los establecimientos hay más del 30 % de animales con valores bajo el umbral de algún nutriente.

Las diferencias en el contenido de minerales obtenido podrían estar explicadas, según Pittaluga (2018), por diferentes regiones geográficas, material madre, ubicación topográfica, textura, composición botánica, variación estacional, disponibilidad de materia seca, método de corte, fertilización y año, ya que todas estas variables influyen en los resultados obtenidos en una investigación.

Hay factores que interfieren más que otros, como es el caso del calcio: según Ungerfeld (1998), los factores que explicarían mejor la calcemia están relacionados con el estado fisiológico del animal, y no solamente por el aporte de las pasturas. Por esta razón en este trabajo los valores de la calcemia podrían estar explicados por la categoría de ganado con la cual se trabajó: vaca de primera cría en lactación.

Cuenca et al. (1981) encontraron niveles altos de calcio en pasturas (0,23 a 0,74 % de la MS), niveles altos de magnesio en pasturas (0,17 a 0,25 % de la MS), niveles muy bajos de cobre en pasturas (1,28 a 2,98 % de la MS), y niveles muy bajos y normales de zinc en pasturas (6,23 a 38,9 % de la MS).

La concentración de calcio en las muestras de pasturas fue siempre superior a los requerimientos, lo que concuerda con la información bibliográfica de que este mineral no es un problema para el bovino que consume forraje de campo natural (Cuenca et al., 1981).

La media de 120 observaciones de contenido de zinc en pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 24,2 ppm en la MS (6,2 a 65,4 ppm) (Ungerfeld, 1998). Orcasberro & Alonso (1990), basados en resultados de 434 muestras de varios autores reportan un contenido medio de zinc inferior, de 18 ppm (6 a 60 ppm).

Por otro lado, Underwood (1981) citado por Ungerfeld (1998) sostiene que una alta proporción de plantas creciendo en suelos promedio contiene entre 25 y 50 ppm de zinc. Pasturas mejoradas en Nueva Zelanda tenían entre 23 y 70 ppm en la Isla Norte y 17 a 27 ppm en la Isla Sur (Pittaluga, 2018).

En esta investigación se obtuvo un promedio de 41,48 ppm, lo cual coincide con el rango de los trabajos mencionados.

En cuanto al selenio, las leguminosas suelen ser más pobres que las gramíneas. Sin embargo, a medida que la concentración en el suelo declina, estas diferencias suelen acortarse (Mattioli et al., 2013).

Sin duda el selenio es uno de los ejemplos más llamativos de las diferencias en la composición mineral de las pasturas de acuerdo con la especie forrajera. Por ejemplo, algunas especies de astrágalo (*astragalus*) creciendo en suelos seleníferos contienen entre 3000 y 5000 ppm de selenio, mientras que otras especies solo contienen entre 10 y 20, aunque crezcan en el mismo tipo de suelo (Underwood, 1981).

Con respecto al fósforo, los valores más trascendentes son el material madre y la fertilización del suelo, además de las precipitaciones. Según Pittaluga (2018), el contenido de fósforo cubriría los requerimientos de las diferentes categorías en términos generales y, según la información recabada en su estudio, fue el año que hubo mayor promedio de precipitaciones (en relación con los demás trabajos de los diferentes autores y años, como Ungerfeld (1998)). Además, el ambiente edáfico no fue tan relevante como sí lo fue la estación del año.

Estos datos obtenidos por Pittaluga (2018) sobre el fósforo difieren de los recabados en este estudio, en los cuales el fósforo fue el mineral que mostró mayor cantidad de establecimientos con más del 30 % de sus animales con valores por debajo del umbral de referencia.

Esto puede compararse con un interesante relevamiento de Cuenca et al. (1981) en vacas lactando en primavera y novillos de sobreño en crecimiento durante el otoño, en la que se detectó la baja concentración de fósforo como carencia principal.

Para Uriarte y Murphy (1981), con este porcentaje ya se podía hablar de carencias en un predio. Los valores en nuestra investigación coinciden con la información encontrada en sistemas pastoriles extensivos a nivel mundial, en los cuales el fósforo ha sido el mineral más frecuentemente catalogado como deficiente (Mattioli et al 2013; 2005; Underwood, 1981; Ungerfeld 1998).

Mc Dowell y Conrad, citados por Ungerfeld (1998), colocan a Uruguay dentro de los países en los cuales ocurren más deficiencias de fósforo.

Los resultados del cobre (solamente uno de los predios presentó la cupremia por debajo del umbral de referencia) resultan novedosos, ya que este mineral es frecuentemente catalogado como insuficiente a nivel mundial (Mattioli, 2013; Ungerfeld, 1998).

Siguiendo la misma línea de los resultados obtenidos, la carencia del magnesio no es frecuente: Mufarrege (1999) señala que la hipomagnesemia no afecta a los vacunos en el NEA (provincias de corrientes y norte de Entre Ríos de la República Argentina).

Por otro lado, Barcellos (2003) afirma que para Río Grande del Sur (Brasil) el contenido de magnesio en las pasturas cubre las necesidades de la mayoría de las categorías animales.

En este estudio, ningún establecimiento mostró valores por debajo del valor de referencia.

Con respecto a la percepción de los productores sobre la carencia de minerales, el 42,9 % de ellos la percibe como un problema en su predio, y 13 de los 14 establecimientos utilizó suplementos minerales en alguna estación del año. No se encontró información fidedigna sobre el comercio o la venta de suplementos minerales a nivel nacional.

A la vista de los resultados obtenidos y la información recabada, se considera de suma importancia el diagnóstico de las deficiencias de macro y microminerales a nivel de cada predio y el correcto uso de la suplementación mineral.

El diagnóstico de los posibles desequilibrios de macro y microminerales es posible y se convierte en una necesidad a la hora de planificar el manejo nutricional del rodeo, orientando y permitiendo realizar ajustes en lo que respecta a la suplementación en sí.

La mayoría de los establecimientos incluidos en el estudio usaban suplementos minerales, sin embargo, muchos de ellos presentaban diversas deficiencias, lo que sugiere la necesidad de una orientación objetiva para mejorar las estrategias de suplementación mineral. En este sentido, el análisis de sangre para determinar los perfiles minerales se presenta como una buena herramienta para orientar y ajustar la suplementación mineral a nivel predial.

Hay que tener en cuenta que el perfil mineral en los animales es el resultado de la relación suelo-planta-animal, bajo un cierto manejo del sistema de producción, que es particular de cada predio.

10. CONCLUSIONES

Según la información recabada, se puede afirmar que se han encontrado deficiencias de diferentes minerales en vacas de primera cría en campo natural y que pueden ser identificadas mediante análisis de sangre.

Frente a la evidencia del rol fundamental que cumplen los minerales para obtener la performance deseada en los rumiantes y la realidad de las posibles carencias en las condiciones en nuestro país, el diagnóstico de posibles carencias minerales se convierte en una herramienta fundamental.

Siempre se debe tener en cuenta que el perfil mineral de un rodeo es el resultado de la interacción del suelo, el animal y el alimento que tenga disponible, bajo determinadas condiciones de producción que son individuales para cada predio y dinámicas en el tiempo.

A partir del análisis de pasturas es posible conocer la situación puntual del predio sobre cada mineral en un año determinado y estación en diferentes zonas agroecológicas, y puede, de esta manera, servir como una herramienta a la hora de seleccionar qué producto y cómo utilizarlo para optimizar los recursos disponibles.

Se debe tener en cuenta que el aporte de minerales de las pasturas depende de muchos factores y pueden ser diferentes para cada mineral en particular.

El contenido de minerales en pasturas y el contenido en sangre de los animales no se pueden asociar: los minerales en pasturas no dependen únicamente de su concentración en estas, sino que dependen también de la biodisponibilidad, la cantidad de forraje consumido y la selectividad de dicho consumo por parte de los animales.

A partir de este trabajo, se puede afirmar que es posible realizar estudios sobre estado de minerales en animales y pasturas en diferentes establecimientos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, V.G., Batello, C., Berretta, E.J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science. Revista Plan Agropecuario*, 160, 173.
- Barcellos, J.O., Ospina, H., Prates, E.R. y Mülbach, R.F. (2003). *Suplementação mineral de Bovinos em Regiões Subtropicais* (Tesis de maestría). Facultad de Veterinaria, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Baran, E.J. (1995). *Química Bioinorgánica*. Madrid: Mc Graw-Hill.
<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/303/tesis.pdf?sequence=1>
- Barriel, C., Gonzales, D. y Michelena, S. (2014). Efecto de la suplementación del selenio sobre las características productivas y reproductivas de vaquillonas de razas de carne (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR.
- Bavera, G. (2006). *Suplementación mineral y con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo*, (3^a ed.). Río Cuarto.
https://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/79-Suplementacion_mineral_libro_completo.pdf
- Carriquiry, R. (2017a). Suplementación mineral selectiva (parte 1). *Revista del Plan Agropecuario*, 161, 46-48.
- Carriquiry, R. (2017b). Suplementación mineral selectiva (parte 2). *Revista del Plan Agropecuario*, 162, 42-44.
- Carriquiry, R. & Frade, S. (2017). Estudio de la nutrición mineral de bovinos sobre pasturas naturales del Uruguay. *Revista del Plan Agropecuario*, 164, 30-32.
- Contreras, P. (1998). Síndrome de movilización grasa en vacas lecheras al inicio de la lactancia y sus efectos en salud y producción de los rebaños. *Archivo Médico Veterinario*, 30, 17-27.
- Corah, L. (1996) Trace mineral requirements of grazing cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 59, 61-70.
- Corbellini, C.N., Mangion, A.R., De Mattos, C.A y Auzmendi, J. (1997). INTA Pergamino. Proyecto lechero. Efecto de la suplementación con óxido de cinc o metionina-cinc en vacas lecheras marginalmente deficientes. *Revista de Medicina Veterinaria*, 78(6), 439-447.
- Cuenca, L., Fernández, A., Alonso, T., y Decia, J.C. (1981). Niveles de minerales en pasturas y tejidos de bovinos de carne en el Uruguay. *Veterinaria* (77), 103-109.
- Dessein, P. H., Joffe, B.I., y Stanwix, A.E. (2004). Subclinical hypothyroidism is associated with insulin resistance in rheumatoid arthritis. *Thyroid*, 14, 443-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15242571/>
- Drugueri, L. (2000). El diagnóstico y evaluación de la deficiencia de cinc en los bovinos.
https://www.zoetecnocampo.com/Documentos/zinc_bovinos
- Durand, M., Beaumatin, P., y Dumay, C. (1983). Estimation in vitro à laide du phosphore radioactif des besoins en phosphore des microorganismes du rumen. *Reproduction Nutrition Development*, 23, 727-739.

- Evans, D. G. (1978). The interpretation and analysis of subjective body condition scores. *Animal Production*, 26, 119-125.
- Farmworks (2006). Manual rising plate meter user manual.
<http://www.agrisupplieservices.co.uk/ekmps/shops/651a17/resources/Other/f75-manual.pdf>
- Fernández Cirelli, A., Schenone, N., Pérez Carrera, A. L., Volpedo, A. V. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *Augm Domus*, 1, 45-66.
- Frick, C. (1976). El fósforo en la producción ganadera. En *Anuario del Plan Agropecuario* (pp. 17-28). Montevideo: MGAP.
- Giorno, A., y Quiroga, E. (2018). Producción y calidad de praderas. Hacia un manejo de precisión en la zona CREA Sudoeste. *Revista CREA*, 448, 18-22.
- Grace, N.D. (1983). Manganese. En N.D., Grace (Ed.), *The Mineral Requirement of Grazing Ruminants* (Ocassional publication, pp. 80-83). New Zealand: New Zealand Society of Animal Producers.
- Gutiérrez, M., Cadet, E., Rodríguez, W., y Araya, J. (2011). El Greenseeker y el diagnóstico del estado de salud de los cultivos. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 397-403.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v22n2/a16v22n2.pdf>
- Holmes, T. (2003). Trastornos del metabolismo del calcio en vacas lecheras y su prevención. (Tesis de doctorado). Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) (2018). Mejora de la sostenibilidad de la ganadería familiar en Uruguay. *Revista INIA Serie Técnica*, 240.
- INIA. (2024). Intensificación sostenible de la ganadería extensiva uruguaya, 2019 – 2024.
<https://inia.uy/proyectos/intensificacion-sostenible-de-la-ganaderia-extensiva-uruguaya-2019-2024>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2011). Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego).
https://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/107-Protocolo_Aguas_INTA.pdf
- Instituto Plan Agropecuario. (2011). Manejo del rodeo de cría sobre campo natural.
https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21_manual.pdf
- Jackson, D., Rolfe, J., English, B., Holmes, B., Matthews, R., Dixon, R., MacDonald, N. (2012). Phosphorus management of beef cattle in Northern Australia. North Sydney: Meat & Livestock Australia Limited.
<https://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/8756/1/11-10699.pdf>
- Jiménez, R., Domínguez, P., Rosales, R., y Flores, H. (2014). Nutrición mineral en el ganado bovino. Coyoacán: INIFAP.
- Kincaid, R. (1993). Macrominerales para los rumiantes. En D. C. Church, *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición* (373-390). Acritia.
- Komisarczuk, S., y Durand, M. (1991). Nutrient requirement of rumen microbes. En *Proceedings of the 3rd International Symposium on the Nutrition of Herbivores* (pp. 133-14). Pinang.

- Larratea, F., y Soutto, J. P. (2013). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad inverno primaveral de un campo natural del litoral (Tesis de grado). Facultad de Agronomía, UDELAR, Montevideo.
- Macrae, A. I., Whitaker, D. A., Burroughs, E., Dowell, A., y Kelly J. M. (2006). Use of metabolic profiles for the assessment of dietary adequacy in UK dairy herds. *The Veterinary Record*, 159, 655-661.
- Malafaia, P., Peixoto, P.V., Gonçalves, J.C.S., Moreira, A.L., Costa, D.P.B., y Correa, W.S. (2004). Ganho de peso e custos em bovinos de corte submetidos a dois tipos de suplementos minerais. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 24(3), 160-164.
- Mapas de Uruguay. (s.f.)
<https://mapasdeuruguay.com/mapa-de-suelos-de-uruguay/>
- Mattioli, G. (1998). *Caracterización de la hipocuprosis bovina en el Partido de Magdalena (Provincia de Buenos Aires)* (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires.
- Mattioli, G. (2013). Deficiencia de fósforo. En *Nutrición mineral y vitamínica de bovinos* (1^a ed., pp. 41-60). CCB Academic.
- McDowell, L.R. (1996). Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*, 60, 247-271.
- McDowell, L. (2002). Recent advances in minerals and vitamins on nutrition of lactating cows. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1(1) 8-19.
- McDowell, L. y Arthington, J. (2005). Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. En *Minerals for grazing ruminants in tropical regions* (4^a ed., p. 35). SICOMO.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). (2003). *Declaración jurada anual de existencias 2022-2023*.
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNzM5ZjhMSTMtZTk4YS00ZTc3LWJmOTctZDM1NGIzZTq4YWU5IwidCI6IjNIY2RjZTkxLWEwOTctNDdiYy1iMWUzLWJiOWIzNjExNGI1NSIsImMiOjR9>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). (2022). *Anuario Estadístico 2022*. Montevideo: Dirección de Investigación de Estadística Agropecuaria. <http://www.mgap.gub.uy/Diae/>
- Mufarrege, D. (1999). Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina.
https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/60-minerales_en_la_alimentacion_vacunos.pdf
- Mufarrege, D. (2004). El fósforo en los pastizales de la región.
https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/52-fosforo_en_pastizales_corrientes.pdf
- Mulligan, F.J., & Doherty, M.L. (2008). Production diseases of the transition cow. *Veterinary Journal*, 176, 3-9.
- National Research Council (NRC). (2000). Subcommittee on Beef Cattle Nutrition 2000. *Nutrients requirements of beef cattle*, 7, 57-74.
- National Research Council (NRC). (2005). Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals. *Mineral Tolerance of Animals*, 2, 495
- Orcasberro, R., & Alonso, T. (1990). Mineral nutrition and reproductive performance of beef cattle in Uruguay. Research Project. En *First Research Coordination Meeting on Development of Feed Supplementation Strategies for Improving Ruminant Productivity on*

- Small-Holder Farms in Latin America through the Use of Radioimmunoassay Techniques* (pp. 14-18). Santiago de Chile.
- Pérez, A., Moscuzza, C., Grassi, D. y Fernández, A. (2007). Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera de Córdoba, Argentina. *Veterinaria México*, 38(2), 154.
- Pittaluga, O. (2008) Rol de los minerales en las producciones de vacunos de carne de Uruguay. *Revista INIA Serie Técnica*, 174, 135-146.
- Pittaluga, O. (2009) Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en Uruguay. *Revista INIA Serie Técnica*, 96, 4-16.
- Pittaluga, A. (2018). Minerales en campo natural: variación estacional y por sitio geográfico del contenido de fósforo, cobre, manganeso, zinc, hierro y selenio (Tesis de maestría). Facultad de Agronomía, UDELAR, Montevideo.
- Podestá, M., Colucci, P., Armentano, J., Da Fonseca, D. y Ohanian, C. (1976). Distrofia muscular nutricional (DMN). Primera comprobación en bovinos del Uruguay. *Veterinaria*, 63, 19-35.
- Pravia, M., Montossi, F., Gutiérrez, D., Ayala, W., Andregnette, B., Invernizzi, G., y Porcile, V. (2013). Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en predios de Giprocar II: ajustes del “rising plate meter” para las condiciones de Uruguay. *Revista INIA, Serie Técnica*, 211, 31-67.
- Proyecto Mejora de la Sostenibilidad de la Ganadería Familiar en Uruguay. (s.f.) <http://www.uffip.uy/>
- Repetto, J., Donovan A., y García F. (2004). Carencias minerales, limitantes de la producción. *Motivar*, 2(18), 6-7.
- https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/18-carencias_limitantes_produccion.pdf
- Riet Correa, F., Schild, A., Lemos, R., y Mendez, M. (2001). Doenças de ruminantes e eqüinos. Livraria.
- Rodríguez, A., & Banchero, G. (2007). Deficiencia de minerales en rumiantes. *Revista INIA*, 13, 11-15.
- Rosol, T.J., Chew D.J., Nagode L.A., Schenck P. (2000). Disorders of calcium. Hipercalcemia and hipocalcemia. En S.P. Dibartola (Ed.): *Fluid therapy in small animal practice* (pp. 108-162). Philadelphia: Ed Saunders Co.
- Salamanca, A. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. *Revista electrónica de Veterinaria*, 11(9).
- Scaglia, G. (1997). Nutrición y reproducción de la vaca de cría; uso de la condición corporal. Montevideo, *INIA Serie Técnica*, 91, 14.
- Schild, C. (2022). *Osteomalacia en bovinos del Uruguay* (Tesis de doctorado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Sienra, R. (1987). Deficiencias nutricionales y su relación con la fisiopatología de la reproducción. En *XI Jornadas de Reproducción Animal* (pp. 3-33), Santa Fe.
- Silva, J.H., Quiroga, M.A., y Auza, N.J. (2000). Selenio en el rumiante. Relaciones suelo, planta y animal. *Medicina veterinaria*, 17(10), 229-246.
- Sosa, J.C., & Guerrero, J. (1983). Composición mineral de forrajes de algunos establecimientos al norte del Río Negro. En *Primeras Jornadas Técnicas de la Facultad de Veterinaria*, UDELAR, Montevideo.
- Stöber, M. (2005). Paresia Puerperal Hipocalcémica. En *Medicina Interna y Cirugía del Bovino* (4^a ed., pp: 1125-1132). Buenos Aires: Editorial Intermédica,

- Terevinto, A., Cabrera, M.C., y Saadoun, A. (2015). Catalase, SOD and GPx Activities in Triceps brachii Muscle from Aberdeen Angus Steers Finished on Pasture, Pasture and Concentrate, or Concentrate. *American Journal of Food and Nutrition*, 3(5), 118-124.
- Tokarnia, C.H., Dobereiner, J.; Moraes, S.S., y Peixoto, P.V. (1999). Deficiencias e desequilibrios minerais em bovinos e ovinos - Revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*. 19, 47-62.
- Towers, N.R. (1983). Chlorine (Cl). The mineral requirements of grazing rumiants. New Zealand Society of Animal Production, 9, 125-128.
- Towers, N.R. & Grace, N.D. (1983). Iron (Fe). The mineral requirements of grazing rumiants. New Zealand Society of Animal Production, 9, 76-79.
- Trimble. (2012). Ficha técnica de GreenSeeker. <https://agriculture.trimble.ar/product/sensor-de-cultivos-greenseeker9->
- Underwood, E.J. (1981). *The Mineral Nutrition of Livestock*. (2^a ed.) Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Underwood, E.J., Suttle, N.F. (1999). *The Mineral Nutrition of Livestock*. (3^a ed.) CAB International, Wallingford.
- Ungfeld, E. (1998). Factores que afectan el contenido de minerales en pasturas naturales y el estado nutricional de vacunos y ovinos en Uruguay. Revisión Bibliográfica (Edición preliminar). Tacuarembó: INIA.
- Uriarte, G., & Murphy, G. (1981). Evaluación preliminar de algunos parámetros sanguíneos seleccionados en ganado de carne en Uruguay. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *IX Jornada Uruguaya de Buiatría*. Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Van Vleet, J. F. (1975). Retention of selenium in tissue of calves lambs and pigs after parenteral injection of selenium-vitamin E preparation. *American Journal of Veterinary Research*, 36, 1335-1340.
- Vizcarra, J. A., Ibáñez, W., Orcasberro, R. (1986). Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas* (7), 45-47.
- Wittwer, F. (2007). Diagnóstico y control de carencias minerales en bovinos. En *Seminario Internacional de Nutrición y Alimentación Animal*, UNISARC, Risaralda, Colombia.

12. ANEXOS

Valores de referencia					
Mineral	Calcio	Fosforo	Magnesio	Cobre	Zinc
Valor referencia	<2 mmol/L	<1,45 mmol/L	<0,74 mmol/L	<0,6 U/g Hb	<0,9 U/g Hb

Figura 1. Valores de referencia para cada mineral en sangre.

ESTABLECIMIENTO	CODIGO
Productor Recurt [BARRIGA NEGRA-LAVALLEJA]	1RE
Productor Escobal [LOS ORIENTALES- SALTO]]	2ES
Productor Caravia (QUEBRACHO-PAYSANDÚ)	3CA
Productor Moutoun [UCHILLA CASA DE PIEDRA-TACUAREMBO]	4MO
Productor Bracesco [COLONIA JUAN GUTIERREZ- PAYSANDU]	5BR
Productor Nicora [MALDONADO]	6NI
Productor Dos Santos [18 DE JULIO-ROCHA]	7DS
Productor Alicia [CANELON CHICO-ROCHA]	8AL
Productor Silvia López [SANJA DEL TIGRE-SALTO]	9LO
Productor Quevedo [UCHILLA DE GUAVIYU-SALTO]	10QU
Productor Olden Olivera [ATAQUES-RIVERA]	11OL
Productor Barrios [MOLLES DE OLIMAR CHICO- TREINTA Y TRES]	12BA
Productor Olveira [ATAQUES-RIVERA]	13OLV
Productor Gonzalez [MOLLES DE TIMOTE-FLORIDA]	14GO

Figura 2. Establecimientos con su código correspondiente.

RAZON SOCIAL:			
DICOSE:			
UBICACION:			
PADRONES:			
PAISAJE / ZONA AGROECOLÓGICA:			
SUPERFICIE:			
STOCK:			
SISTEMA DE PRODUCCION	CRIA	OVINOS	Edad de entore
PASTURAS UTILIZADAS (% O Há en C/U):			
Percepción del problema:			
<p>¿Las carencias minerales son un problema en su establecimiento? Por que? En qué magnitud y en qué categoría? Observa síntomas clínicos sospechosos? Tiene algún diagnóstico clínico, patológico, etc?</p> <p>Cuál es la alimentación de la categoría vaca de cría? Y el resto del ganado? Utiliza suplementación? De que tipo? Cuando? Para Que categoría? En qué cantidad?</p>			

Figura 3. Guía de relevamiento de información sobre nutrición mineral.

Establecimientos	Sup (has)	Stock	Percepcion del problema	Suplementacion proxima	Suplementacion remota	Inyectables
2ES	1226	900 bovinos, 2000 ovinos	No tan grave			
12BA	190	200 reses	No sabria	Siempre en entore y verano utiliza sales comerciales	Afrechillo en primer y segundo invierno	Selenio inyectable
5BR	398	244 reses	No sabe, nunca lo penso	Sales minerales a las categorias de cria	Solamente en el entore	No
6NI	179	185 bovino 250 ovinos	No cree q sea un problema		Block proteico en épocas de sequia, recría con cascarrilla de soja	
13OLV	140	240 bovinos 50 ovinos	Si	Sal todo el año	En cierto momento proteína, creep feeding	Selenio inyectable
3CA	477	812 reses	Si, ve pica	Sal mineral a medida a partir de enero 17	Todo el año utiliza sal, afrechillo a la recría en invierno	Selenio inyectable
8AL	316	240 reses	Mal de paleta	No usa sales minerales	Usa blocks en invierno, racion al destete	Si, genfos
10QU	715	600 bovinos 900 ovinos	No ve problema		Sal común	
1RE	620	250 bovinos 390 ovinos	Categoría afectada vaca de cria	Suplemento mineral en entore		Calcio y fosforo
9LO	420	301 bovinos y 500 ovinos	Categoría afectada vaca de cria			
7DS	520	500 bovinos y 50 ovejas	No		Racion en primer invierno	Calcio inyectable
14GO	256	265 bovinos, 200 ovejas de cria	No	Sal mineral fosforada al entore, bloque torrevieja invierno	Racion primer invierno	No
4MO	389	170 bovinos, 225 ovinos	No	Solo afrechillo a los terneros, sal para juntar ganado	Afrechillo a terneros	
11OL	330	350 bovinos, 100 ovinos	Si, mal de paleta	Sal mineral todo el año, ms en verano	Block protico en invierno a las pefiadas	No

Figura 4. Resultados la encuesta.

Tabla 1. Concentración de minerales en sangre – Productor Recurt (Barriga Negra, Lavalleja)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	494	2,05	2,33	0,90	0,76	0,65*
2	2465	2,42	0,97*	1,14	0,43*	
3	436	1,92*	0,94*	0,94	0,82	
4	6157	2,18	1,30*	0,90	0,79	1,17
5	9206	2,25	0,92*	0,78	0,08	0,86*
6	6170	2,10	0,95*	0,96	0,95	
7	2404	1,99*	1,28*	0,85	0,83	
8	6196	1,80*	0,62*	0,80	0,75	
9	511	1,70*	1,54	0,86	0,72	
10	6162	1,86*	0,81*	0,76	0,80	
11	37	2,06	1,18*	0,63*	0,72	1,23
12	9206	2,15	1,25*	0,86	0,67	1,38
PROMEDIO		2,04	1,17	0,87	0,69	1,06

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 2. Concentración de minerales en sangre – Productor Escobal (los Orientales, Salto)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	4532	2,00	1,81	0,84	0,85	1,11
2	4600	1,78*	2,87	0,68*	0,97	1,19
3	8828	2,14	1,37*	0,91	0,63	
4	8979	1,87*	0,99*	0,86	0,76	1,00
5	4630	1,87*	1,47	0,80	0,74	1,00
6	8876	2,09	1,00*	0,89	0,91	1,38
7	4614	2,12	1,06*	0,83	0,83	
8	4615	1,93*	2,12	0,77	0,88	
9	7843	1,97*	1,40*	0,81	0,79	
10	4538	1,92*	1,49	0,78	0,76	
11	4518	2,12	1,91	0,82	0,68	
12	4619	1,92*	2,30	0,74	0,85	
13	7842	1,99*	1,88	0,85	1,41	
14	4459	2,07	1,75	0,83	0,66	
15	4601	1,93*	1,27*	0,82	0,67	
16	4505	2,02	1,40*	0,87	0,68	0,83*
PROMEDIO		1,98	1,63	0,82	0,82	1,09

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 3. Concentración de minerales en sangre – Productor Caravia (Quebracho, Paysandú)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	9070	1,98*	1,24*	1,00	1,23	1,18
2	9338	1,89*	2,36	0,81	0,75	
3	9059	1,87*	1,71	0,84	0,74	
4	9193	2,26	1,07*	0,90	0,67	
5	9074	1,98*	1,05*	0,91	0,66	
6	9058	2,02	1,62	0,92	0,79	1,18
7	9141	1,73*	1,27*	0,77	0,67	1,60
8	9110	2,12	1,37*	0,92	0,84	0,89*
9	9330	1,79*	1,00*	0,66*	0,73	1,14
10	9160	1,90*	1,73	0,85	0,61	2,50
11	9187	2,11	0,83*	0,92	0,78	1,88
12	9054	1,92*	1,04*	0,78	0,75	0,94
13	9352	2,27	1,03*	0,98	0,69	1,06
14	9364	2,11	1,37*	0,91	0,74	1,24
15	9116	1,81*	1,61	0,92	0,77	1,02
PROMEDIO		1,98	1,35	0,87	0,76	1,33

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 4. Concentración de minerales en sangre – Productor Moutoun (Cuchilla Casa de Piedra, Tacuarembó)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	6560	1,94*	1,30*	0,93	0,62	1,19
2	6591	1,90*	1,62	0,91	0,65	1,12
3	661	2,05	1,59	0,92	0,78	1,06
4	4384	2,21	1,01*	1,06	0,67	1,03
5	662	1,75*	1,43*	0,72*	0,59	
6	7083	1,88*	1,52	0,89	0,93	0,97
7	6580	1,94*	1,06*	1,09	0,74	0,88*
8	659	1,95*	1,40*	0,77	0,62	1,18
9	656	2,06	0,81*	0,95	0,63	1,15
10	6500	1,75*	1,62	0,76	0,80	2,37
11	4386	1,93*	0,99	0,80	0,76	
12	6564	1,99*	1,95	0,98	1,90	0,89*
13	645	1,92*	1,86	0,94	0,62	
14	6568	1,79*	1,58	0,85	0,85	1,07
15	6582	1,90*	1,19*	0,95	0,58	0,98
PROMEDIO		1,93	1,40	0,90	0,78	1,16

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 5. Concentración de minerales en sangre – Productor Bracesco (Colonia Juan Gutiérrez, Paysandú)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	7090	2,40	1,75	1,18	0,70	1,01
2	3731	2,28	2,42	1,24	0,76	1,09
3	4601	2,33	2,57	1,15	0,72	0,88*
4	7033	2,24	2,59	1,13	0,66	0,91
5	7047	2,35	1,52	1,23	0,93	0,92
6	2935	2,19	1,84	1,07	1,01	0,87*
7	2908	2,25		0,01*	0,63	0,96
8	7093	2,86	0,99*	1,47	0,57*	1,04
9	7081	2,23	2,04	1,16		
10	7088	2,33	1,19*	1,09	0,63	0,95
11	4609	2,27	2,13	0,03*	0,69	1,66
12	2826	2,32	1,46	1,10	0,86	
13	7086	2,43	2,33	1,29	1,28	0,82*
14	3732	2,19	1,86	1,15		
15	7041	2,24	2,30	1,01		
PROMEDIO		2,33	1,92	1,02	0,79	1,01

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 6. Concentración de minerales en sangre – Productor Nicora (Maldonado)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	8446	2,16	2,09	0,87	0,90	
2	8350	2,26	1,91	1,01	1,17	0,95
3	8458	2,65	2,62	1,12	0,78	0,90
4	8454	2,71	1,91			
5	6859	2,13	2,01	1,03	0,84	1,03
6	4523	3,07	1,10*	1,32	0,93	1,12
7	8713	2,77	1,67		0,80	0,75*
8	8403	2,65	1,84		0,83	0,80*
9	6849	3,01	2,03		0,88	0,71*
10	8444	2,73	2,41		0,71	0,91
11	8451	3,00	1,45		0,76	1,11
12	4530	2,41	1,47		0,83	0,85*
13	8459	3,52	1,14*		0,50*	0,94
14	8329	2,21	0,69*		0,66	0,87*
15	3969	2,66	0,89*		0,77	0,83*
PROMEDIO		2,66	1,68	1,07	0,81	0,91

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 7. Concentración de minerales en sangre – Productor Dos Santos (18 de Julio, Rocha)

Muestras	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	799	2,80	1,79	0,02*	0,75	1,14
2	690	2,62	2,04		0,63	0,90
3	1090	2,16	1,38*	1,14	0,97	-0,13*
4	714	2,17	1,05*		0,61	0,71*
5	2767	2,89	2,04			1,08
6	796	2,38	1,89		0,70	1,02
7	2603	2,86	1,36*		0,75	0,81*
8	9385	2,80	2,31		0,83	0,86*
9	8551	3,18	2,20		0,87	0,93
10	726	2,75	0,98*		0,73	1,00
11	782	3,24	2,14		0,70	0,67*
12	3944	2,89	2,36		0,75	0,71*
13	9274	3,04	1,70		0,77	0,13*
PROMEDIO		2,75	1,79	0,58	0,76	0,76

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 8. Concentración de minerales en sangre – Productor Alicia (Canelón Chico, Rocha)

MUESTRA	ID	Calcio	Fosforo	Magnesio	Cobre	Zinc
1	3888	2,87	1,93		0,59*	1,10
2	3894	2,88	1,81		0,71	1,02
3	8221	1,95*	0,33*	0,89	0,90	1,01
4	7770	3,16	1,69		0,98	0,84*
5	8223	2,26	1,10*	1,05	0,94	0,82*
6	8232	3,08	0,62*		0,94	1,05
7	8213	2,64	0,82*		0,71	0,73*
8	8260	3,02	2,86		0,66	0,69*
9	8261	2,20	2,13		0,68	0,93
10	3834	2,90	1,72		0,85	0,85*
11	8215	2,82	1,99		0,78	0,82*
12	3915	2,57	2,11		0,57*	
13	3369	3,35	1,52	0,05*	0,61	1,01
14	1973	2,85	1,68		1,08	0,88*
15	8262	2,91	1,62		0,91	1,06
PROMEDIO		2,76	1,60	0,66	0,79	0,92

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 9. Concentración de minerales en sangre – Productor Silvia López (Zanja del Tigre, Salto)

Muestras	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	3242	2,25	0,83*	1,19		
2	9045	2,11	0,77*	1,00	0,70	0,91
3	2341	2,03	1,15*	0,97	0,76	1,13
4	6262	2,04	0,96*	1,10	0,77	0,87*
5	9038	2,20	0,94*	1,05	0,79	0,90
6	9641	2,16	0,93*	1,07	0,90	0,94
7	9058	2,29	0,51*	1,04	0,65	1,12
8	3236	2,06	1,32*	1,08	0,63	1,13
9	3224	1,93*	1,09*	1,08	0,76	0,94
10	2357	2,17	0,83*	0,03*	0,74	1,01
11	3209	2,05	1,05*	1,14	0,76	1,02
12	8961	1,78*	0,84*	1,00	0,75	0,92
13	2443	1,90*	1,26*	0,95	0,51*	0,77*
14	2358	2,07	1,08*	1,06	0,86	0,99
PROMEDIO		2,07	0,97	0,98	0,74	0,97

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 10. Concentración de minerales en sangre – Productor Quevedo (Cuchilla de Guaviyú, Salto)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	6242	1,98*	1,42*	0,88	0,66	1,07
2	8583	1,98*	1,39*	1,04	0,74	1,03
3	8419	1,97*	1,42*	0,98	0,90	1,09
4	6171	1,99*	0,96*	0,83	0,63	1,04
5	8451	2,09	0,89*	1,03	0,71	1,06
6	6181	2,10	1,48	0,94	0,68	1,04
7	8931	1,90*	1,54	0,95	0,80	1,02
8	8935	1,97*	1,42*	0,98	0,79	0,97
9	4217	1,96*	1,47	1,06	0,63	0,80*
10	6132	2,08	1,30*	1,05	0,79	1,07
11	6139	1,91*	1,60	1,02	0,84	1,05
12	9873	1,94*	1,30*	1,03	0,84	1,00
PROMEDIO		1,99	1,35	0,98	0,75	1,02

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 11. Concentración de minerales en sangre – Productor Olden Olivera (Ataques, Rivera)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	4016	2,06	1,18*	0,91	0,79	0,83*
2	4792	2,07	1,40*	0,93	0,68	0,94
3	2324	2,01	1,30*	0,97	0,63	1,06
4	4018	1,94*	1,22*	0,94	0,56	1,04
5	4017	2,13	1,05*	0,61*	0,94	1,26
6	6044	1,97*	1,21*	0,94	0,90	1,19
7	4797	2,21	2,01	0,95	0,64	1,17
8	3794	2,09	1,61	0,89	0,80	1,19
9	2935	1,99*	1,69	0,97	0,75	1,30
10	1256	1,68*	1,29*	0,79	0,90	1,51
11	8901	2,00	1,08*	0,87	0,67	0,73*
12	2329	1,76*	1,53	0,72*	0,79	
13	s/n	2,01	1,50	0,89	0,85	1,38
14	4796	2,10	2,26	0,86	0,89	1,11
PROMEDIO		2,00	1,45	0,87	0,77	1,13

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 12. Concentración de minerales en sangre – Productor Barrios (molles de Olimar Chico, Treinta y Tres)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	4973	1,94*	1,30*	0,78	0,91	1,68
2	4995	1,91*	1,56	0,87	0,63	1,67
3	5017	1,98*	1,28*	0,80	0,62	
4	5001	2,07	1,57	0,91	0,53	
5	5008	1,81*	1,46	0,85	0,94	
6	5015	2,03	1,57	0,86	0,66	
7	4976	1,84*	1,41*	0,86	0,77	
8	5007	2,33	1,51	0,75	0,69	
9	4979	1,98*	1,79	0,89	0,88	
10	5016	2,04	1,37*	0,58	0,81	
PROMEDIOS		1,99	1,48	0,82	0,74	1,68

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 13. Concentración de minerales en sangre – Productor Oliveira (Ataques, Rivera)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	8243	2,26	1,02*	1,13	0,81	1,81
2	8324	2,31	1,34*	0,79	0,62	1,20
3	8242	2,29	1,43*	0,99	0,82	1,03
4	8280	2,15	1,16*	1,11	0,78	1,00
5	8615	2,26	1,14*	0,98	0,68	0,99
6	8322	2,22	0,94*	0,80	0,61	1,07
7	4087	2,06	1,26*	0,87	0,99	1,20
8	8249	2,05	1,32*	0,91	0,60	0,90
9	8210	2,29	1,21*	0,99	0,84	1,18
10	8320	2,15	2,42	0,95	0,93	
11	8214	2,27	1,88	0,98	0,79	1,22
12	8272	2,15	1,19*	0,87	0,68	0,89*
13	8200	2,24	1,17*	1,03	0,64	0,96
14	8246	2,14	1,15*	0,99	0,77	1,05
15	8202	2,27	0,87*	1,05	0,84	1,27
PROMEDIO		2,21	1,30	0,96	0,76	1,13

*valor insuficiente para cada mineral

Tabla 14. Concentración de minerales en sangre – Productor González (Molles de Timote, Florida)

Muestra	ID	Ca	P	Mg	Cu	Zn
1	9566	2,86	1,84		0,83	0,77*
2	9549	2,71	1,86	1,19	0,66	0,96
3	9550	3,37	1,80		0,91	0,95
4	9563	2,97	1,78		0,85	0,84*
5	9542	2,73	1,95		0,72	0,96
6	9541	3,07	1,78		0,78	0,88*
7	9586	2,84	1,75		0,70	0,95
8	9543	3,55	1,07		0,68	0,62*
9	9562	2,71	1,71		0,79	0,95
10	9567	2,35	2,34		0,63	0,88*
11	9555	2,80	1,32		0,74	0,89*
12	9564	2,99	1,91	0,02*	0,59	0,82*
13	9561	2,26	1,74		0,93	1,04
14	9557	2,90	2,53		0,75	1,15
15	9547	2,43	1,75	1,28	0,89	1,25
PROMEDIO		2,84	1,81	0,83	0,75	0,93

*valor insuficiente para cada mineral