

Nutrición mineral en ganadería

Una adecuada nutrición de los animales requiere que estos reciban una dieta balanceada en cuanto a proteínas, energía, vitaminas y minerales, nutrientes imprescindibles para el crecimiento y producción del ganado. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica de los conceptos básicos de la nutrición mineral para arribar a un buen diagnóstico y poder evaluar las alternativas de suplementación mineral adecuadas para cada caso en particular.

Lic. en Prod. Animal (MsC) María Coria
EEA Cesáreo Naredo, INTA
coria.maria@inta.gob.ar



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

NUTRICIÓN MINERAL EN GANADERÍA

Una adecuada nutrición de los animales requiere que estos reciban una dieta balanceada en cuanto a proteínas, energía, vitaminas y minerales, nutrientes imprescindibles para el crecimiento y producción del ganado.

Clasificación de los Minerales según sus requerimientos

Mineral	Unidad	Requerimientos		Concentración máxima tolerada
		Crecimiento y terminación	Lactancia temprana	
Calcio	%	0,10	0,13	0,40
Magnesio	%	0,15	0,15	0,40
Sodio	%	0,15	0,15	0,40
Fósforo	%	0,05	0,05	0,10
Selenio	mg/kg	0,05	0,10	0,10
Cobalto	mg/kg	0,10	0,10	0,10
Molibdeno	mg/kg	-	-	0,10
Zinc	mg/kg	-	-	0,10
Cloro	mg/kg	-	-	0,10

Factores que influyen:
- Edad
- Estado fisiológico
- Nivel de producción
- Tipo de alimentación
- Sales en el agua de bebida

Deficiencias:
- Hipomagnesemia: primavera/verano, intensas lluvias-sueltos bajos, alta cantidad de Mo y Sulfatos en forraje, invierno.
- Hipomagnesemia: fin de invierno/inicio de primavera, días húmedos, frío, lluvias, forraje aguachento, de rápido crecimiento, vacas en último tercio de embarazo/paridas.

¿Tenemos que llegar a un diagnóstico!
- ¿Clima y suelo? Especies, leguminosas/graminas. Parte de la pizarra. A. Mediana y contenido. Conexión con bajos en Ca, Mg, P y C. Diagnóstico alto en Ca, K, P y C.
- ¿Agua de bebida? IMPORANTE!! Analizar su calidad.
- ¿Forraje? ¿Clima y suelo? Especies, leguminosas/graminas. Parte de la pizarra. A. Mediana y contenido. Conexión con bajos en Ca, Mg, P y C. Diagnóstico alto en Ca, K, P y C.
- ¿En el agua? - Para macrominerales. - Para microminerales y no existen interacciones.
- ¿Qué analizamos? - Alimento. - Agua de bebida. - Clima. - Animal. - Enfermedades multifactoriales!!

SUPLEMENTACIÓN

«¿El tipo de suplementación de microminerales (Ca, Zn) «Concentración preventiva para macrominerales?»

Por loco en forma de piedras para lances, sales minerales
- Para macrominerales.
- Asegurar: diluir-bolivar todo el año.

En forraje
- Para microminerales.
- Para macrominerales y no existen interacciones.

Si observo bajo producción en su rodeo y la disponibilidad forrajera es adecuada, puede estar ante un caso de deficiencia mineral, CONSULTE no se quede con la duda.

INTA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. Lic. María Lucía Coria, IICA, Cereales, Navarra.

Las deficiencias minerales

Una adecuada nutrición de los animales requiere que estos reciban una dieta balanceada en cuanto a proteínas, energía, agua, vitaminas y minerales, nutrientes imprescindibles para el crecimiento y producción del ganado. La mayor demanda de alimentos a nivel mundial, hacen que el ganado deba soportar elevadas presiones de producción aumentando sus requerimientos. Esta situación impone grandes esfuerzos al metabolismo de los bovinos, generando una mayor predisposición a sufrir deficiencias nutricionales. En condiciones de pastoreo, las deficiencias de proteína y energía son las causas más frecuentes del bajo desempeño productivo y reproductivo en rumiantes. Sin embargo, en algunas ocasiones animales que pastorean pasturas naturales con mayor disponibilidad ganan poco peso o presentan bajos índices reproductivos; en estos casos se ha demostrado que alguna deficiencia mineral puede ser la causa de las mismas. Incluso pueden presentar pérdidas de peso superiores a aquellas observadas en animales que están en pasturas deficientes en energía y proteína (Cseh, 2015a).

Cuando el aporte de minerales en la dieta no es el adecuado en calidad y/o cantidad se originan las deficiencias, encuadradas dentro de las enfermedades metabólicas o enfermedades de la producción. Estas han sido informadas en casi todo el mundo y son responsables de importantes pérdidas económicas en los rodeos bovinos para carne y leche (Bavera, 2006).

El conocimiento del contenido de minerales en los rodeos de Argentina, en el alimento que consumen es de gran importancia para implementar medidas adecuadas de control de los posibles deficiencias/desequilibrios minerales. Conocer la presencia de las mismas es fundamental para poder corregirlas así como para evitar el uso de suplementos en zonas donde no se necesitan, cuidando el aspecto ambiental que resulta estratégico para el desarrollo de los territorios.

En los sistemas de cría bovina extensiva de Argentina, los minerales necesarios para el mantenimiento y producción de los animales, se adquieren del aporte que realizan los alimentos y el agua de bebida. Es frecuente que el aporte de estos minerales no cubran los requerimientos, ya que suelen ocurrir cambios en la concentración de los diferentes minerales en el alimento, debido a variaciones climáticas a lo largo del año y por diferencias en cuanto a tipo de suelos entre las regiones. Por esta razón, estimar las concentraciones de los minerales que incorpora el ganado en pastoreo no es sencillo (Bavera, 2006). En Argentina, hay carencias minerales de calcio, fósforo, magnesio, sodio, cobre, selenio, yodo y zinc, localizadas en distintas regiones del país (Cseh, 2015b).

Clasificación y funciones de los minerales

Los minerales se pueden dividir en dos grandes grupos, dependiendo de sus requerimientos, en macroelementos y microelementos. Los primeros se encuentran en concentraciones altas en el organismo (más de 100 mg/Kg de peso vivo) y están involucrados principalmente en la formación de tejidos: fósforo (P), calcio (Ca), sodio (Na), cloro (Cl), azufre (S), magnesio (Mg) y potasio (K) se ubican en esta categoría. Los microelementos o elementos traza se encuentran en el organismo en concentraciones bajas (menos de 100 mg/Kg de peso vivo) y están involucrados en funciones regulatorias, como co-factores de enzimas. Dentro de este grupo se encuentra al cobre (Cu), cobalto (Co), manganeso (Mn), cinc (Zn), yodo (I), hierro (Fe), selenio (Se), molibdeno (Mo), flúor (F), cromo (Cr), níquel (Ni) y silicio (Si).

Los minerales en el organismo son componentes del esqueleto, dientes, tejidos blandos, líquidos corporales, pigmentos respiratorios y están involucrados en el funcionamiento celular facilitando la realización de distintos pasos metabólicos en el organismo. Asimismo, son constituyentes de vitaminas (B12) y hormonas (tiroideas). Participan en más de 300 reacciones enzimáticas y son fundamentales para la actividad de los microorganismos del rumen (Mc Dowell, 1992). Participan en sistemas enzimáticos, transferencia de energía, regulación del metabolismo ácido-base, permeabilidad de membranas biológicas, actividad de neurotransmisores, constitución de vitaminas. También son fundamentales a nivel reproductivo e inmunológico (NRC, 2001).

Contenido de minerales en el forraje

La composición mineral de los forrajes varía de acuerdo a numerosos factores, entre los cuales se destacan el estado vegetativo, las diferencias entre especies y aún entre variedades, el suelo, la fertilización, las inundaciones, el clima, las estaciones del año, la parte de la planta, la sanidad de la planta, la frecuencia de defoliación, el sistema de pastoreo, la digestibilidad, el retorno de los minerales al suelo, la estructura de la pastura, el método de conservación del forraje y otras variables (Bavera, 2006).

No es la intención de esta publicación desarrollar cada ítem mencionado en el párrafo anterior, simplemente mencionar algunos aspectos que nos permiten visualizar la gran variabilidad que presentan los forrajes en cuanto al contenido de minerales y la dependencia que tiene su concentración de factores externos a la planta.

Estado vegetativo. Durante las etapas tempranas de crecimiento de la planta, usualmente existe una rápida tasa de absorción de minerales. A medida que va madurando, el contenido de materia seca se incrementa más rápidamente que la absorción de minerales, provocando una disminución en su concentración. El efecto consiste en que los niveles de nitrógeno, potasio y fósforo disminuyen a medida que la planta avanza en su estado fisiológico. También disminuyen los niveles de cobre, zinc, cobalto, hierro, níquel y molibdeno a medida que se incrementa la madurez. El pastoreo de verdes de verano diferidos (maíz y principalmente sorgo), práctica muy común en los rodeos de cría del sudoeste bonaerense, es un ejemplo claro del desbalance mineral del forraje ofrecido.

Especie. Las diferencias más apreciables son las existentes entre las leguminosas, más ricas en minerales, y las gramíneas. Las leguminosas suelen ser tres o cuatro veces más ricas en calcio que las gramíneas en todos sus estados fenológicos y bajo condiciones ambientales similares, pero son pobres en sodio. Las concentraciones de potasio, magnesio, azufre, hierro, zinc, cobre, cobalto y molibdeno son también más

elevadas en las leguminosas, aunque las diferencias no son tan amplias como sucede con el calcio. Las gramíneas normalmente tienen en su composición mineral mayor cantidad de sodio, cloro, yodo, manganeso y silicio que las leguminosas y suelen ser deficientes en fósforo y magnesio. Las gramíneas anuales estivales (sorgo forrajero y maíz) manifiestan una deficiencia relativa de calcio menos pronunciada que la de los verdes invernales, y son menores sus niveles de fósforo y potasio. Las gramíneas perennes presentan en general un mayor contenido de calcio y magnesio, y un menor nivel de potasio y fósforo que las gramíneas anuales. El pasto llorón ofrece una composición más equilibrada en verano que en invierno, siendo en esta última estación muy pobre en fósforo y potasio. La composición del agropiro alargado, normalmente cultivado en suelos salitrosos, refleja las condiciones de desequilibrio químico de los mismos, teniendo marcada acumulación sódica.

Requerimientos minerales

Aunque no se conoce con exactitud las cifras relativas a las necesidades minerales de las distintas categorías de bovinos sometidos a distintas condiciones productivas, podemos utilizar como guía las investigaciones que resume el Consejo Nacional de Investigaciones de EE.UU. (NRC, 2000). (Tabla 1).

Hay elementos, como el fluor y arsénico que no son requeridos, o lo son en muy pequeñas cantidades, y que pueden causar toxicidad en los animales. Para estos elementos existe una concentración máxima tolerable (Tabla 1).

Algunos de los minerales esenciales se encuentran en concentraciones suficientes en los alimentos mientras que otros son insuficientes y la suplementación es necesaria para optimizar la salud y performance animal.

Los requerimientos de Ca y P varían según el nivel de producción, el estado fisiológico del animal y por tal motivo solo se menciona la concentración máxima tolerable (Tabla 1).

Tabla 1. Requerimientos minerales y máximos tolerables por kg de materia seca (MS) en bovinos para carne (adaptado de NRC, 2001).

Mineral	Unidad	Requerimientos			Concentración máxima tolerable
		Crecimiento y terminación	Gestación	Lactancia temprana	
Calcio	%	-	-	-	10
Magnesio	%	0,10	0,12	0,20	0,40
Azufre	%	0,15	0,15	0,15	0,40
Fosforo	%	-	-	-	20
Potasio	%	0,60	0,60	0,70	3,00
Sodio	%	0,06-0,08	0,06-0,08	0,10	-

Selenio	mg/kg	0,10	0,10	0,10	2,00
Cobre	mg/kg	0,10	0,10	0,10	100
Molibdeno	mg/kg	-	-	-	5
Arsénico	mg/kg	-	-	-	0,50
Flúor	mg/kg	-	-	-	40-100

Adaptado de NRC, 2001.

Las deficiencias minerales pueden tener dos formas de presentación: clínica, cuando hay síntomas y signos en los animales y subclínica cuando no presentan ninguna manifestación y en este caso sólo los análisis de laboratorio permiten detectar el problema.

Las deficiencias clínicas pueden estar acompañadas por bajos porcentajes de parición, abortos, retenciones placentarias, incremento del intervalo entre partos, baja producción de leche, menor peso al nacimiento y al destete, menor porcentaje de destete, menor ganancia de peso, mayor incidencia de enfermedades infecciosas, fracturas espontáneas, diarrea, deformación de huesos y mortandad (Mc Dowell, 1993; Kinura et al., 2002; Cseh, 2007; Ramos et al., 2008).

Las deficiencias subclínicas son las que causan las mayores pérdidas económicas en los rodeos ya que estas suelen acompañar a los animales durante toda su etapa productiva.

Diagnóstico

Para poder detectar y caracterizar las deficiencias minerales en un rodeo se debe efectuar un diagnóstico de situación: suelo, forraje, agua de bebida, tipo de animal y condiciones climáticas. Tener en cuenta los exámenes bioquímicos en sangre y órganos que se pueden realizar, el análisis del perfil mineral del forraje y agua de bebida, las características del suelo sobre la cual se encuentra el rodeo y las condiciones climáticas así como los signos/síntomas clínicos presentes (Hall, 2010). De todos estos factores, el agua, es el elemento que menor importancia ha recibido a la hora de realizar análisis de laboratorio. Sin embargo, la calidad del agua de bebida para los animales es tan importante como la cantidad. La ingesta de agua de baja calidad determina pérdida de estado en los animales, falta de apetito, trastornos digestivos, reducción en la producción láctea, alteración en la reproducción y en los casos más extremos la muerte.

En el partido de Guamini, de un relevamiento de calidad de agua (N=24 muestras) realizado en diferentes establecimientos ganaderos, se determinó que el 4% no eran fisico-químicamente aptas para consumo animal. Cuando se clasificaron dichas muestras en base a la concentración de nitratos, el valor aumento a un 8% y en base solamente al contenido de fluor, las aguas no aptas aumentaron a un 38% (Fernández y col. 2015). Es importante no solamente realizar un análisis fisico-químico de rutina sino uno más completo que incluya la determinación de elementos no tan comunes pero cuya presencia aunque sea a muy bajas concentraciones puede resultar tóxica para el ganado, como es el caso del flúor y arsénico. Estos dos minerales fueron detectados en varios establecimientos del distrito de Guamini.

No es conveniente realizar una suplementación mineral si no se ha efectuado un diagnóstico de situación y se tiene la certeza de que el establecimiento ganadero presenta efectivamente desequilibrios minerales.

Toda muestra que se envía a un laboratorio para su análisis deberá estar acompañada de los datos del establecimiento y animales (ubicación geográfica, tipo de explotación, pasturas, calidad del agua, cantidad de animales, categorías, manejo sanitario) y si hay un problema sanitario asociado al pedido del análisis, se deberá enviar una anamnesis de la problemática, para facilitar el posterior diagnóstico.

Existe información a nivel regional de diferentes problemáticas relacionadas con deficiencias y/o excesos de minerales que nos pueden orientar en el diagnóstico de lo que puede ocurrir a nivel de un establecimiento específico.

En el laboratorio de Bioquímica Clínica de Salud Animal de la EEA Balcarce se analizó el resultado de muestras de suero de varios años que llegaban al laboratorio, 704 (11,85%) dieron hipocupremia severa, 2504 (42,16%) hipocupremia moderada y 2730 (45,97%) estaban dentro de los parámetros fisiológicos normales. Después de analizar la totalidad de sueros bovinos, el alimento y el agua que consumían, se pudo establecer un diagnóstico para confirmar el origen de la deficiencia y los antagonistas asociados a la hipocupremia secundaria. Con respecto a las muestras de agua, el 40% de las analizadas de las regiones Patagónica, Pampeana, NOA y Cuyo tenían elevadas concentraciones de sulfatos. Los análisis confirmaron que la hipocuprosis es un problema endémico en Argentina, mayoritariamente de origen secundario, causada principalmente por elevados valores de Fe (en todo el país), Mo (en el NOA) y sulfatos (en algunos de los establecimientos analizados). No se pudo corroborar una estacionalidad clara de la hipocuprosis ya que se observó variación entre las regiones analizadas, encontrándose hipocupremias anuales en algunas, y estacionales con los valores máximos y mínimos en distintas estaciones en otras (Poo, 2016).

Durante el período 2011-2017, en el partido de Guamini se realizó el seguimiento de 5 establecimientos dedicados a la cría bovina, que no utilizaban ningún tipo de suplementación mineral. El muestreo consistió en la toma de muestras de sangre de vacas de cría mayores a 3 años (n=20 por establecimiento), forraje y agua de bebida durante 2 años y en las 4 estaciones del año. En la primer etapa del estudio se detectaron deficiencias de magnesio y cobre de origen primario y secundario, por exceso de potasio y sulfatos, respectivamente. Las vacas no presentaban sintomatología clínica pero sí bajos porcentajes de preñez (Coria y col., 2015). En la segunda etapa del estudio se seleccionaron 4 establecimientos de cría con diferentes niveles de fluor en el agua de bebida. En todos ellos se detectó aumento del contenido de fluor en sangre durante la época invernal e hipocuprosis condicionada. La base forrajera de los establecimientos sí bien difería bastante (verdeos de invierno, alfalfa, pasto llorón, rollos), se detectó deficiencia de calcio, fósforo y magnesio (Fernández, E. 2019).

Suplementación

Una vez realizado el diagnóstico de la deficiencia mineral, el origen de la misma, si es primario (el aporte del mineral no cubre los requerimientos mínimos del animal) o secundario (el aporte del mineral es el adecuado pero por distintas causas no está disponible para ser utilizado por el animal) se deberá realizar

un adecuado planteo de suplementación mineral. Para ello es importante tener en cuenta que cada establecimiento constituye un caso particular.

Para la elección de un suplemento mineral siempre se deberá tener en cuenta la calidad del producto a utilizar ya que el empleo de sales de baja calidad puede provocar intoxicaciones debido a las impurezas y contaminantes que las mismas suelen contener (Mc Dowell, 1993). Una vez implementada una corrección mineral es conveniente realizar un seguimiento bioquímico-sanitario-productivo para asegurarse del resultado que se está obteniendo con el mismo, teniendo en cuenta que dependiendo del tipo de deficiencia y de la gravedad de la misma muchas veces es necesario continuar con la suplementación durante períodos largos.

Inyectables. En el caso de los macroelementos la vía inyectable solamente se debe utilizar cuando se quiere recuperar a un animal caído (hipomagnesemia/hipocalcemia). En el caso de los oligoelementos como Cu, Se, Zn el aporte del mineral se puede realizar por vía oral o parenteral dependiendo del elemento a suplementar y del tipo de deficiencia (primaria o secundaria) diagnosticada. En el caso de los suplementos inyectables que contienen Cu y Se, dada su liberación lenta, requieren sólo 2 a 3 dosis anuales.

Por boca (orales). Es la forma de suplementación más común. En los sistemas de producción intensivos, los minerales y demás nutrientes se proveen a través de la suplementación de un alimento balanceado y/o mediante una ración totalmente o parcialmente mezclada. De esta manera, la incorporación directa de cada nutriente en la ración garantiza que, mayormente, cada animal consuma diariamente la cantidad presupuestada para cubrir los requerimientos de producción. Contrariamente, en los sistemas de producción extensivos, particularmente en los rodeos de cría, la entrega de minerales en bloques para lamer o en comederos son los métodos de suplementación más utilizados. El éxito de que cada animal reciba, en mayor o menor medida, la dosis mineral diaria requerida dependerá del interés (apetito) de cada animal por el suplemento. Existe mucha variación en el consumo, no solo entre animales sino que un mismo animal varía su consumo ya que este depende de numerosos factores inherentes al animal y su dieta (edad, estado fisiológico, raza, nivel de producción, tipo de alimentación, etc.), y también debido a la forma de suministro del suplemento, bloques o en comederos, contenido de sal o melaza (Bretschneider G. 2018).

La elevada variabilidad en el consumo se asocia a la reducida palatabilidad de los minerales y, para el caso particular de los bloques, también a la consistencia; a mayor dureza, menor consumo. Entre otros factores que afectan el consumo de minerales se citan: el contenido mineral del agua de bebida, particularmente el contenido de sales, la accesibilidad a los bloques o comederos, y también, la dureza de las mezclas de minerales ofrecidas en comederos.

En el forraje. Se realiza a través del rociado del forraje en pie (puede haber mortandad por intoxicación) o cuando se confeccionan las reservas (rollos, silajes) y se puede utilizar tanto para macro como para

microminerales (si no hay interacciones). En el caso de la fertilización en paja hay que ser cuidadosos con los excesos para evitar contaminar las fuentes de agua. En un ensayo realizado en la EEA Balcarce en el año 2002, se evaluó en vacas de cría (n= 42) el uso de rollos confeccionados con y sin magnesio aplicado en la andana previa confección del heno. No hubo diferencias en los niveles de Mg en sangre entre ambos grupos durante el período de evaluación (45 días). (Cantón, 2014). Este tipo de suplementación presenta algunos inconvenientes debido a las interrelaciones suelo-planta-animal, variaciones climáticas y el costo de esta práctica.

En el agua de bebida. Se utiliza para corregir deficiencias de macrominerales. Es importante tener en cuenta la solubilidad de las sales o suplementos y que el contenido de sales en el agua de bebida no supere los 2 gr/litro. Este tipo de suplementación presenta gran variabilidad en el consumo por parte de los animales.

Finalmente

El diagnóstico de una deficiencia mineral en los bovinos se debe tener en cuenta a la hora de plantear el tipo de manejo sanitario-productivo de un establecimiento agropecuario. El muestreo en sangre del contenido de minerales en los animales que componen los rodeos en sus distintas categorías así como el forraje y el agua que consumen deberían ser analizados. Esto permitirá conocer cada situación en particular, planificar una suplementación/corrección y mejorar los sistemas productivos.

Bibliografía citada

Bretschneider G. 2018. Suplementación de minerales en pastoreo. Libre elección, consumo variable. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_article_supl_minerales_pastoreo.pdf 4 pp.

Bavera, G. . Suplementación mineral y con nitrógeno no proteico. Editorial Hemisferio Sur. ISBN 987-05-1157-0. 280 pp

Cantón, G. 2014. Hipomagnesemia. www.inta.gob.ar/balcarce. 8 pp.

Cseh, S. 2015a. Enfermedades parasitarias, infecciosas y tóxicas metabólicas que afectan la productividad de los bóvidos para producción de carne y leche. Programa Nacional de Salud Animal. http://Calidad%20de%20Agua/Coordinación/impresion_PNSA-1115054_archivos/impresion_PNSA-1115054.htm.

Cseh, S. 2015b. Deficiencias minerales en bovinos para carne. Diagnóstico, caracterización y control. Revista Científica Maskana, Actas del 1er Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en Bovinos. Vol. 6: 143-148.

Coria, M. Cseh, S. y Fernández, E. 2013. Diagnóstico de deficiencias minerales en un campo del partido de Guaminí, Buenos Aires. Revista Argentina de Producción Animal Vol 33 Supl. 1: 17-43.

Hall, J.O., 2010. Appropriate methods of diagnosing mineral deficiencies in cattle. Extension, 3 pp. Available at http://www.extension.org/pages/25317/appropriate-methods-of-diagnosing-mineral-deficiencies-in-cattle#.VjDG_5VdHIU.

Kinura, K., J.P. Goff, M.E. Kerhlie, 2002. Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. *J. Dairy Sc.*, 85, 544-550.

Fernández, E. 2019. Valoración de los niveles sanguíneos de macro y microminerales, en bovinos para carne expuestos a exceso de ión fluoruro en la alimentación. Teiss para optar al título de Magister en Salud Animal. Fac. Ciencias Agrarias. UNMDP. <http://intrabalc.inta.gob.ar/dbtw-wpd/images/Fernandez-E-L-2019.pdf> 92 pp.

Fernández, E., Cseh, S., Coria, M., Brambilla, E, Poo, J. y Drake, M. 2015. Variación en el criterio de aptitud de agua para consumo animal en función de los parámetros analizados. *Revista Argentina de Producción Animal Supl. 1*: 63-82.

Mc Dowell, L.R., 1992. Minerals in animals and human nutrition. USA, California: Academic Press. Inc., 524 pp.

Mc Dowell, L.R., J.H. Conrad, F.G. Hembry, L.X. Rojas, G. Valle, J. Velazquez, 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, USA, 92 pp.

National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.

Poo, J. 2017. Cupremia en ganado bovino para carne en distintas regiones agro-ganaderas de Argentina. Tesis para optar al título de Lic. en Biología. 124 pp.

Ramos, A.E., S.B. Cseh, F.A. Paolicchi, 2008. Efecto de la suplementación con selenio sobre la presencia de mastitis en vacas lecheras. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 28(3), 217-225