

Calf Notes.com

Calf Note #243 – Necesidades de minerales y vitaminas para los terneros, parte 1

Introducción

El comité NASEM evaluó los datos publicados desde la publicación de la NRC de 2001, así como los requisitos publicados por otros (por ejemplo, Requisitos de nutrientes para el ganado vacuno de 2016). Adoptaron un enfoque más cuantitativo y determinaron las necesidades minerales netas para el mantenimiento y las funciones productivas como el crecimiento, el embarazo y la lactancia. Por supuesto, para los terneros jóvenes, sólo se consideraron los requisitos de mantenimiento y crecimiento. Luego, los requerimientos netos se ajustaron según los coeficientes de absorción (AC) para determinar los requerimientos dietéticos de cada mineral.

Las necesidades de terneros se dividieron en dos secciones: terneros antes del destete y terneros post destetados. Se asumió que los terneros destetados tenían un rumen funcional y, como tal, diferentes coeficientes de digestión y absorción. Además, había menos datos disponibles sobre terneros destetados, por lo que el Comité ocasionalmente se basó en datos de animales monogástricos para determinar las necesidades.

La Tabla 1 contiene ecuaciones para terneros antes y después del destete. Para los terneros post destetados, la suma de los valores de mantenimiento y ganancia se divide por el coeficiente de absorción para determinar el requerimiento diario. Este es el mismo enfoque adoptado por el Comité NASEM para el ganado adulto; sin embargo, los AC difieren de los de las vacas adultas para reflejar diferencias en la madurez del animal. En el caso de los terneros predestetados, en la mayoría de los casos no hubo datos suficientes para calcular los requerimientos utilizando este enfoque factorial. Por lo tanto, el Comité calculó la “ingesta adecuada” en lugar de los requerimientos de minerales basándose en las ecuaciones de Castro et al. (2019). El denominador en las ecuaciones de la Tabla 1 para terneros predestetados se considera “coeficientes de retención” en lugar de coeficientes de absorción, por lo que los valores en las columnas respectivas no son directamente comparables.

Los requisitos en la octava edición de Necesidades de nutrientes para el ganado lechero se calculan en gramos o miligramos por día cuando se disponía de información suficiente. El cálculo de la concentración de minerales y vitaminas en las dietas de los terneros destetados puede basarse en el supuesto de que los terneros antes de los cuatro meses de edad recibirán dietas que contengan entre un 85 y un 95 % de concentrado y entre un 5 y un 15 % de forraje (normalmente heno de pasto). Antes del destete, los terneros reciben alimentos líquidos y secos; por lo tanto, es necesario dividir la ingesta de minerales entre estas dos fuentes de alimento. El Comité calculó las concentraciones recomendadas de minerales y vitaminas utilizando un enfoque iterativo: evaluando las proporciones de MS del sustituto de leche y del iniciador para terneros y luego determinando las tasas de inclusión apropiadas para lograr la IA en varias edades y alcanzar la GMD objetivo. La Tabla 2 contiene las concentraciones de minerales recomendadas por NASEM en sustitutos de leche para terneros, alimentos de inicio y de crecimiento utilizando este enfoque iterativo. Tenga en cuenta que hay algunos errores en el texto y el software de NASEM (a julio de 2023). Estos errores se resumen en el Apéndice A.

Calculé las concentraciones recomendadas de vitaminas y minerales en sustitutos de leche, iniciadores para terneros y en crecimiento utilizando dos enfoques de modelado, descritos en el Apéndice B. Brevemente, utilicé GPS, un modelo patentado de crecimiento de terneros, como plataforma para modelar las variables de entrada necesarias para calcular los requerimientos minerales. (es decir, BW, GMD, DMI) en g/día o mg/d y

luego calcularon los requisitos para cada día de un período de crecimiento de 122 días que comenzó el día 3 de edad. Luego se evaluaron las concentraciones de cada mineral en todos los alimentos utilizando un enfoque iterativo para minimizar la cantidad de días en que la ingesta de minerales estuvo por debajo del requerimiento diario. El segundo enfoque fue un cálculo no lineal (usando la función Solver de Excel) de las concentraciones minerales de cada alimento en cuatro dietas diferentes (baja, media, alta y muy alta en leche) para cumplir con los requerimientos mínimos de minerales (mg o g/día).

Los valores de la Tabla 2 son resultados de la simulación bajo el título "Ajustado". En muchos casos, las concentraciones mínimas recomendadas son similares a las recomendaciones de NASEM en la Tabla 2. Sin embargo, en otros casos, las diferencias son significativas. El modelo utilizado en GPS difiere del modelo NASEM; por lo tanto, mi cálculo de concentraciones mínimas de minerales difiere en algunos casos de los de NASEM.

Por ejemplo, las concentraciones recomendadas de P de NASEM en iniciadores y en crecimiento son 0,37 y 0,33%, respectivamente. Calculo la necesidad de que P sea mayor en iniciadores y en crecimiento. Por ejemplo, a los 64 días de edad, estimé que un ternero previamente alimentado con hasta 800 g de CMR/día pesará 83 kg, consumirá 2,33 kg de MS/día y tendrá una GMD de 0,89 g/día. Utilizando la ecuación de la Tabla 1 para terneros post-destetados, y suponiendo un peso corporal maduro = 680 kg, estimamos que el ternero requiere 12,8 g/d de Ca, o 0,55% de MS. Teniendo en cuenta que se proyecta que los terneros coman aproximadamente el 6% de su MS del forraje (se supone que contiene alrededor del 0,2% de MS como P), entonces el P requerido en el criador de terneros debe ser mayor que el 0,33% recomendado por NASEM.

Fuentes minerales orgánicas. El papel de los oligoelementos orgánicos se ha estudiado en diferentes clases de ganado vacuno, incluidos los terneros lecheros. Generalmente, el reemplazo de fuentes inorgánicas de Cu, Zn, Se, Fe y/o Mn no ha resultado en mejoras consistentes en las respuestas productivas (crecimiento, consumo, eficiencia), pero muchos estudios han documentado mejoras en la salud y la resistencia a las enfermedades cuando los terneros estaban criados. suplementado con fuentes orgánicas de Se (Salles et al., 2014; Gelsinger et al., 2016) y Cu, Zn, Mn y/o Co (Jacometo et al., 2015; Pino et al., 2017; Price et al., 2017; Ogilvie et al., 2023). El uso de minerales orgánicos puede ser más útil para mejorar el rendimiento de los terneros cuando se alimentan con niveles más altos de leche (Osorio et al., 2015). Se han demostrado respuestas similares a una respuesta inmune mejorada en novillas de carne de mayor edad suplementadas con zinc (Chirase y Greene, 2001; Kegley et al., 2001), aunque no todos los estudios informaron efectos positivos de los oligoelementos orgánicos en terneros de carne (p. ej., Ryan et al., 2001). otros, 2015). Finalmente, Caramalac et al. (2017) informaron una mejor palatabilidad de las dietas que contienen fuentes de hidroxloruro de Zn, Cu y Mn en comparación con las formas de sulfato/óxido de estos minerales.

Abdollahi et al. (2019) informaron que aumentar la concentración de Zn en la dieta de 35 a 50 mg/kg MS mejoró el crecimiento de 7 a 100 días y la CMS de 31 a 100 días de edad en terneros Holstein. Además, la incidencia de enfermedades (neumonía y diarrea) se redujo y los índices de competencia inmunológica mejoraron cuando se agregó Zn a la dieta. Se agregó Zn suplementario mediante ZnO estándar o de alta superficie. Se informó que una superficie alta de ZnO aumenta el consumo post-destete y la digestibilidad del alimento. Investigadores chinos (Chang et al., 2020) informaron que suplementar a los terneros con 80 mg/día de Zn procedente de ZnO (104 mg de ZnO por día) durante los días 1-3 redujo la diarrea durante los primeros 3 días de vida. Además, la suplementación con 80 mg/d de Zn a partir de Zn-metionina (457 mg de Zn-met/día) aumentó el crecimiento y redujo la incidencia de diarrea durante los primeros 14 días de vida. También se observaron cambios en la microflora fecal debido a la suplementación con Zn. De manera similar, Ma et al. (2020) informaron que 80 mg de Zn suplementario procedente de Zn-met redujeron la incidencia de diarrea y mejoraron el crecimiento durante la segunda semana de vida. Se añadió zinc a través de un sustituto de leche a una dieta basal de leche (4,05 mg Zn/kg MS) y iniciador para terneros (176 mg/kg). La adición de 80 mg de Zn a través de ZnO no tuvo ningún efecto sobre la diarrea o el crecimiento en este estudio, lo que sugiere que el Zn orgánico puede ser más eficaz que el ZnO para promover la integridad intestinal y reducir el riesgo de enfermedades.

Los investigadores de Pensilvania alimentaron a vacas secas con minerales orgánicos e inorgánicos durante 60 días antes del parto. Sus terneros también fueron asignados para recibir minerales orgánicos o inorgánicos en sustituto de leche, iniciador y TMR, hasta el día 110 en leche después del parto. Las novillas alimentadas con minerales orgánicos tendieron a parir antes que aquellas suplementadas con minerales inorgánicos ($P = 0,07$). La producción total de leche hasta los 100 DIM fue mayor en las novillas suplementadas con minerales orgánicos ($P = 0,09$)

Se agregó un programa general de minerales traza orgánicos (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Se y Zn) al iniciador para terneros para cumplir aproximadamente con las recomendaciones de minerales de NASEM de 2021 (Mousavi-Haghshenas et al., 2022). En comparación con los terneros suplementados con cantidades similares de minerales de fuentes inorgánicas, los terneros alimentados con minerales orgánicos eran más saludables (menos incidencias de diarrea) y tenían una mayor ingesta de iniciador y GMD antes del destete, particularmente en terneros con un peso corporal más ligero.

Varios ensayos han informado una mejor salud de los terneros y una mayor resistencia a las enfermedades cuando las vacas secas fueron suplementadas con oligoelementos orgánicos (p. ej., Jacometo et al., 2015; Pino et al., 2017; Price et al., 2017; Ogilvie et al., 2023). En el estudio de Ogilvie et al., las vacas fueron alimentadas con minerales orgánicos e inorgánicos durante 45 días antes del parto en concentraciones objetivo de 0,25, 13,7, 40,0, 0,3 y 40,0 mg/kg de Co, Cu, Mn, Se y Zn, respectivamente, para ambos tratamientos. Se observaron reducciones en los problemas de salud de los terneros nacidos de vacas primíparas, pero no de vacas múltiparas. Precio y col. (2017) alimentaron vacas Angus × Brangus con sulfato o formas orgánicas de Se, Co, Cu, Mn y Zn (levadura de Se y proteínatos). Los terneros nacidos de vacas suplementadas con minerales orgánicos tuvieron una mejor absorción de IgG e IgA y un mejor crecimiento. Jacometo et al. (2019) sugirieron que la nutrición materna puede alterar la respuesta inmune innata neonatal, potencialmente a través de cambios en la expresión de genes y ARNm.

Resumen y recomendaciones. Las ecuaciones actualizadas para calcular los requerimientos minerales para terneros antes y después del destete se encuentran en la Tabla 1. Estas ecuaciones se pueden usar en modelos para calcular los requerimientos o ingestas adecuadas en miligramos o gramos por día. Las concentraciones requeridas se pueden calcular dividiendo la ingesta por la ingesta de MS para un día determinado. Las recomendaciones para concentraciones mínimas en iniciadores, de crecimiento y sustitutos de la leche se encuentran en la Tabla 2. Las diferencias entre las recomendaciones NASEM y ajustadas reflejan diferencias en las predicciones de crecimiento e ingesta utilizando los modelos respectivos. Recomendamos utilizar las recomendaciones ajustadas en la Tabla 2 para las matrices de formulación.

En la mayoría de los estudios publicados (a pesar del sesgo de publicación) se ha demostrado que los oligoelementos orgánicos (p. ej., Cu, Mn, Zn, Co) afectan positivamente la salud de los terneros y, en algunos casos, el crecimiento y el consumo. Es probable que la producción futura de leche mejore con la suplementación a largo plazo de minerales orgánicos. Las investigaciones publicadas recomiendan la suplementación en CMR y fórmulas iniciadoras para terneros con oligoelementos orgánicos que reemplazan las fuentes inorgánicas. La mayoría de las investigaciones realizadas con fuentes inorgánicas versus orgánicas en CMR y alimentos de inicio han sido el reemplazo completo de fuentes inorgánicas por fuentes orgánicas. Por lo tanto, los datos publicados generalmente no respaldan la sustitución parcial de formas inorgánicas.

APÉNDICE A. Errores en los requisitos de minerales de NASEM de 2021

1. Errores en el texto
 - a. Ecuación 7-2. No debería haber ningún signo menos para Mature BW. La ecuación correcta es:
 $((9,83 * MBW^{0,22}) * BW^{-0,22}) * ADG$.
 - b. Ecuación 7-6. Los requisitos se expresan en g/d, no en kg/d.
 - c. Ecuación 7-40. Crecimiento = $0,7 * GMD$, no $2,0$.
 - d. Tabla 10-12. El coeficiente de absorción difiere de la ecuación. 10-27.
2. Errores en el Software
 - a. **Magnesio.** El coeficiente de absorción de Mg se fija en el 100% en lugar del 26% como se indica en el texto.
 - b. **Sodio.** El coeficiente de absorción es incorrecto. Cuando se suman los requerimientos basales + crecimiento, no equivalen al requerimiento total absorbible.

APÉNDICE B – Modelización de las necesidades de nutrientes minerales

Se utilizaron dos métodos para estimar los requerimientos mínimos de minerales para terneros jóvenes.

1. El primero fue el uso de un enfoque de modelado no lineal. Simulamos la ingesta y el crecimiento utilizando GPS a los 7, 35, 56, 63, 70, 77, 84, 98, 105 y 112 días. Los terneros Holstein fueron alimentados con 700, 800, 900 o 1000 g/d de sólidos CMR (24% de proteína y 18% de grasa) hasta el destete a los 56 días de edad. El iniciador para terneros (18% PB, 35% almidón) se ofreció para consumo ad libitum desde los 3 a los 89 días de edad y el crecimiento (16% PB y 25% almidón) se ofreció desde los 90 a los 122 días de edad. Los requerimientos mínimos de minerales se calcularon usando las ecuaciones de la Tabla 1. A cada alimento (CMR, iniciador y de crecimiento) se le asignó una concentración inicial de un nutriente y se calculó la diferencia entre la ingesta y el requerimiento mínimo. Se utilizó la estrategia de minimización GLG de Excel para calcular las concentraciones de cada alimento que minimizaron la diferencia entre el consumo y el requerimiento. No se permitía que las diferencias fueran inferiores a cero. Se incluyeron restricciones distintas de cero para las concentraciones de minerales en cada alimento. Excel limita los conjuntos de datos de minimización no lineal a 200 puntos de datos y 100 restricciones; por lo tanto, sólo se utilizó un subconjunto de los datos del GPS.
2. El segundo enfoque también utilizó GPS y modeló un programa de alimentación típico con CMR (24/18), iniciador para terneros (20% CP, 18% FND) ofrecido ad libitum desde el día 3 al día 60, crecimiento (16% CP, 25 % FDN) hasta un máximo de 3 kg del día 61 al 122, y se ofreció heno de pasto. Se calcularon los requerimientos de vitaminas y minerales para cada día de la simulación (122 días) y se calculó la diferencia entre la ingesta y el requerimiento. Las cantidades en el sustituto de leche, el iniciador y el cultivo de crecimiento se ajustaron para garantizar cero días de ingesta insuficiente de nutrientes y al mismo tiempo minimizar el exceso de ingesta de minerales.

Tabla 1. Ecuaciones para calcular los requerimientos minerales recomendados para terneros jóvenes (NASEM, 2021).

Mineral	Predestetado ¹	Post destetado
Ca, g/d	$(0.0127*EBW + (14.4*EBW^{-0.139}*EBG)) / 0.73$	$((0.9*DMI) + (((9.83*MBW^{0.22})*BW^{-0.22})*ADG)) / 0.6$
P, g/d	$(0.0118*EBW + (5.85*EBW^{-0.027}*EBG)) / 0.65$	$((1.2+((4.635*MBW^{0.22})*(BW^{-0.22}))*0.9)+(0.8*DMI + 0.0006*BW)) / 0.75$
Mg, g/d	$(0.0035*EBW + (0.60*EBW^{-0.036}*EBG)) / 0.30$	$((0.3*DMI + 0.0007*BW) + (0.45*ADG)) / 0.26$
K, g/d	$(0.0203*EBW + (1.14*EBW^{-0.048}*EBG)) / 0.13$	$((2.5*DMI + 0.07*BW) + (2.5*ADG)) / 1$
Na, g/d	$(0.00637*EBW + (1.508*EBW^{-0.045}*EBG)) / 0.24$	$((1.45*DMI) + (1.4*ADG)) / 1$
Cl, g/d	Na requirement*0.8	$((1.11*DMI) + (1.0*ADG)) / 0.92$
S, g/d		DMI*2†
Cu, mg/d	$(0.0145*BW + 2.5*ADG) / 0.5$	$((0.0145*BW) + (2.0*ADG)) / 0.1$
Fe, mg/d	$(34*ADG) / 0.25$	$(34*ADG) / 0.1$
Mn, mg/d	$(0.0026*BW + 0.7*ADG) / 0.01$	$((0.0026*BW) + (0.7*ADG)) / 0.005$
Zn, mg/d	$(2* DMI + 24*ADG) / 0.25$	$((5*DMI) + (24*ADG)) / 0.25$
Co, mg/d	NA‡	0.2*DMI†
I, mg/d	0.8*DMI	$0.216*BW^{0.528†}$
Se, mg/d	0.3*DMI	0.3*DMI†

1Requisito diario total para terneros predestetados. PC = peso corporal (kg); GMD = ganancia diaria promedio (kg/d); EBW = BW vacío (BW * 0,94); EBG (kg/d) = ganancia de peso corporal vacío (ADG * 0,91); IMS = ingesta de MS (kg/d); MBW = peso corporal maduro (kg).

2Requerimiento neto para mantenimiento en terneros postdestetados.

3Requerimiento neto para el crecimiento en terneros post-destetados.

4Calcule el requerimiento diario como (mantenimiento + crecimiento) / AC.

†Requerimiento dietético total; no se utiliza aire acondicionado.

‡No se incluye ningún requerimiento de cobalto, debido a la supuesta síntesis microbiana limitada de vitamina B12 en el rumen.

Tabla 2. NASEM y concentraciones recomendadas ajustadas de minerales en sustituto de leche e iniciador para proporcionar un consumo adecuado para terneros de 35 a 125 kg. Los valores están en base a DM. Cálculos ajustados basados en la minimización no lineal de la ingesta de minerales por encima de los requisitos y el modelado de la ingesta diaria de minerales frente a los requisitos (g/d o mg/d).

Mineral	NASEM			Ajustado		
	CMR	Iniciador	Productor	CMR	Iniciador	Productor
Ca, %	0.80	0.75	0.65	0.85	0.75	0.65
P, %	0.60	0.37	0.33	0.60	0.60	0.60
Mg, %	0.15	0.15	0.16	0.18	0.18	0.18
K, %	1.10	0.60	0.60	1.35	0.75	0.75
Na, %	0.40	0.22	0.20	0.50	0.25	0.25
Cl, %	0.32	0.17	0.15	0.40	0.20	0.20
S, %				0.20	0.20	0.20
Co, mg/kg	NA	0.2	0.2	NA	0.20	0.20
Cu, mg/kg	5	12	12	5	12	12
I, mg/kg	0.8	0.8	0.5	0.8	0.8	0.5
Fe, mg/kg	85	60	55	90	110	110
Mn, mg/kg	60	40	60	70	60	70
Se, mg/kg	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Zn, mg/kg	65	55	50	75	50	50

Referencias

- Abdollahi, M., J. Rezaei, and H. Fazaeli. 2019. Performance, rumen fermentation, blood minerals, leukocyte and antioxidant capacity of young Holstein calves receiving high-surface ZnO instead of common ZnO. *Archives of Anim. Nutr.* 74:189-205. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1690389>.
- Caramalac, L. S., A. S. Netto, P.G.M.A. Martins, P. Moriel, J. Ranches, H. J. Fernandes, and J. D. Arthington. 2017. Effects of hydroxychloride sources of copper, zinc, and manganese on measures of supplement intake, mineral status, and pre- and post-weaning performance of beef calves. *J. Anim. Sci.* 95:1739-1750. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.0934>.
- Castro, M.M.D., A. L. Silva, L. F. Costa e Silva, P. P. Rotta, T. E. Engle, and M. I. Marcondes. 2019. Determination of macromineral requirements for preweaned dairy calves in tropical conditions. *J. Dairy Sci.* 102:2973-2984. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15166>.
- Chang, M. N., J. Y. Wei, L. Y. Hao, F. T. Ma, H. Y. Li, S. G. Zhao, and P. Sun. 2020. Effects of different types of zinc supplement on the growth, incidence of diarrhea, immune function, and rectal microbiota of newborn dairy calves. *J. Dairy Sci.* 103:6100-6113. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17610>.
- Chirase, N. K., and L. W. Greene. 2001. Dietary zinc and manganese sources administered from the fetal stage onwards affect immune response of transit stressed and virus infected offspring steer calves. *Anim. Feed Sci. Technol.* 93:217-228. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00277-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00277-2).
- Gelsinger, S. L., F. Pino, C.M. Jones, A.M. Gehman, and A. J. Heinrichs. 2016. Effects of a dietary organic mineral program including mannan oligosaccharides for pregnant cattle and their calves on calf health and performance. *Prof. Animal Sci.* 32:205-213. <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01475>.
- Jacometo, C. B., J. S. Osorio, M. Socha, M. N. Corrêa, F. Piccioli-Cappelli, E. Trevisi, and J. J. Loor. 2015. Maternal consumption of organic trace minerals alters calf systemic and neutrophil mRNA and microRNA indicators of inflammation and oxidative stress. *J Dairy Sci.* 98:7717-7729. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9359>.
- Kegley, E. B., S. A. Silzell, D. L. Kreider, D. L. Galloway, K. P. Coffey, J. A. Hornsby, and D. S. Hubbell III. 2001. The immune response and performance of calves supplemented with zinc from an organic and an inorganic source. *Prof. Anim. Scientist.* 17:33-38. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31565-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31565-5).
- Ma, F. T., Y.Q.L. Wo, Q. Shan, J. Y. Wei, S. G. Zhao, and P. Sun. 2020. Zinc-methionine acts as an anti-diarrheal agent by protecting the intestinal epithelial barrier in postnatal Holstein dairy calves. *Animal Feed Sci. Technol.* 270:114686. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114686>.
- Mousavi-Haghshenas, M. A., F. Hashemzadeh, G. R. Ghorbani, E. Ghasemi, H. Rafiee, and M. H. Ghaffari. 2022. Trace minerals source in calf starters interacts with birth weights to affect growth performance. *Sci. Rep.* 12:18763. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23459-4>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Ogilvie, L., B. Van Winters, B. Mion, K. King, J. F. W. Spricigo, N. A. Karrow, M. A. Steele, and E. S. Ribeiro. 2023. Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in the diet

- of prepartum cows on quality of colostrum and immunity of newborn calves. *J. Dairy Sci.* 106:3493–3508. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21913>.
- Osorio, J. S., R. L. Wallace, D. J. Tomlinson, T. J. Earleywine, M. T. Socha, and J. K. Drackley. 2012. Effects of source of trace minerals and plane of nutrition on growth and health of transported neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95:5831–5844. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5042>.
- Pino, F., N. L. Urrutia, S. L. Gelsinger, A. M. Gehman, and A. J. Heinrichs. 2018. Long-term effect of organic trace minerals on growth, reproductive performance, and first lactation in dairy heifers. *Prof. Anim. Sci.* 34:51-58. <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01680>.
- Price, D. M., K. K. Arellano, M. Irsik, D. O. Rae, J. V. Yelich, K. Mjoun, and M. J. Hersom. 2017. Effects of trace mineral supplement source during gestation and lactation in Angus and Brangus cows and subsequent calf immunoglobulin concentrations, growth, and development. *Prof. Animal Sci.* 33:194-204 <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01549>.
- Ryan, A. W., E. B. Kegley, J. Hawley, J. A. Hornsby J. L. Reynolds, and S. B. Laudert. 2015. 2015. Supplemental trace minerals (zinc, copper, and manganese) as sulfates, organic amino acid complexes, or hydroxy trace-mineral sources for shipping-stressed calves. *Appl. Anim. Sci.* 31:333-341. <https://doi.org/10.15232/pas.2014-01383>.
- Salles, M.S.V., M. A. Zanetti, L. C. Roma, F. A. Salles, A.E.C.S. Azolane, E. M. Soares, L. H. Faccioli, and Y.M.L. Valim. 2014. Performance and immune response of suckling calves fed organic selenium. *Anim. Feed Sci. Technol.* 188:28-35. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.11.008>.

Escrito por: Dr. Jim Quigley (25 de julio del 2023)

© 2023 por: Dr. Jim Quigley

Calf Notes.com (<https://www.calfnotes.com>)