

Concentración plasmática de zinc en vacas de cría de la cuenca deprimida del río Salado

Plasma zinc concentrations in beef cows at Salado River Basin

Galarza, Esteban Martín; Lizarraga, Raúl Martín; Mattioli, Guillermo Alberto; Anchordoquy, Juan Mateo; Fazzio, Luis Emilio

 **Esteban Martín Galarza**

Cátedra de Fisiología, Laboratorio de Nutrición Mineral. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina
mgalarzaestebanm@gmail.com

 **Raúl Martín Lizarraga**

Laboratorio de Nutrición Mineral. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

 **Guillermo Alberto Mattioli**

Cátedra de Fisiología, Laboratorio de Nutrición Mineral. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

 **Juan Mateo Anchordoquy**

Cátedra de Fisiología, Instituto de Genética Veterinaria (IGEVEV-CONICET). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

 **Luis Emilio Fazzio**

Laboratorio de Nutrición Mineral, Laboratorio de Patología Especial Veterinaria (LAPEVET). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

ANALECTA VETERINARIA

Universidad Nacional de La Plata, Argentina
ISSN: 1514-2590
Periodicidad: Semestral
vol. 41, núm. 2, e057, 2021
analecta@fcv.unlp.edu.ar

Recepción: 04 Mayo 2021
Revisado: 25 Mayo 2021
Aprobación: 18 Agosto 2021

URL:
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/25/252440001/index.html>

DOI: <https://doi.org/doi.org/10.24215/15142590e057>



Resumen: El zinc (Zn) es un micromineral esencial y su carencia puede afectar la eficiencia productiva y reproductiva del ganado. Con el objetivo de evaluar el estatus de Zn en vacas de cría de la cuenca deprimida del río Salado (centro este de la provincia de Buenos Aires, Argentina), se realizó un estudio observacional multicéntrico en 110 rebaños en el que se recolectaron muestras de sangre ($n = 1.078$ vacas) y se analizaron mediante espectrofotometría de absorción atómica. Las vacas se clasificaron según la concentración plasmática de Zn en fisiológicamente adecuadas ≥ 90 $\mu\text{g}/\text{dl}$, marginales entre 80 y 89 $\mu\text{g}/\text{dl}$ y carentes <80 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Se realizó un análisis estadístico descriptivo mediante el procedimiento MEANS del programa SAS. La media de la concentración plasmática de Zn fue de $102,8 \pm 16,4$ $\mu\text{g}/\text{dl}$ y el 31,4 % de las vacas de cada rebaño presentó valores marginales o de carencia. Durante el invierno se registró el porcentaje más alto de vacas con concentraciones plasmáticas de Zn marginales o carentes (47,7 %), mientras que en otoño se registró el porcentaje más bajo (21,3 %). Los resultados obtenidos demuestran que existen valores plasmáticos marginales y de carencia de Zn en vacas de cría de la cuenca deprimida del río Salado.

Palabras clave: zinc, bovinos, carencia mineral.

Abstract: Zinc (Zn) is an essential micromineral and its deficiency can affect the productive and reproductive efficiency in cattle. A multicenter observational study was carried out to evaluate Zn status in breeding cows at Salado River Basin (Buenos Aires, Argentina). The study included 110 cow-calf operations, in which blood samples ($n = 1078$ cows) were collected and analyzed by using atomic absorption spectrophotometry. Cows were classified according to their plasma Zn concentration values as physiologically adequate (≥ 90 $\mu\text{g}/\text{dl}$), marginal (between 80 to 89 $\mu\text{g}/\text{dl}$) and deficient (<80 $\mu\text{g}/\text{dl}$). A descriptive statistical analysis was performed using the SAS program MEANS procedure. The average plasma Zn concentration was 102.8 ± 16.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ and 31.4 % of the cows in each herd showed marginal or deficient values. The highest percentage of marginal or deficient cows was recorded in winter (47.7 %), while the lowest percentage was recorded in autumn (21.3 %). These results show that there is Zn deficiency in cow-calf operations of Salado River Basin.

Keywords: zinc, cattle, mineral deficiency.

Introducción

La producción de bovinos para carne es una de las principales actividades agropecuarias de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Esta provincia aporta el 34 % del ganado bovino para carne del país, con más de 15,7 millones de cabezas (Rossanigo *et al.*, 2012). La mayor densidad de bovinos de la provincia se encuentra en la región productiva denominada cuenca deprimida del río Salado (CDRS) (SENASA, 2015). Esta región es una extensa llanura anegable, debido a la poca pendiente y lento drenaje, con clima templado húmedo y un promedio de precipitaciones anuales próximo a los 1000 mm (Otondo, 2011; Rojas *et al.*, 2011). La CDRS se encuentra en el centro este de la provincia, y si bien no tiene una delimitación rigurosamente definida, está compuesta por más de veinte municipios (Mattioli, 1998; Ministerio de Agroindustria, 2015; Némoz *et al.*, 2013;) (Figura 1).

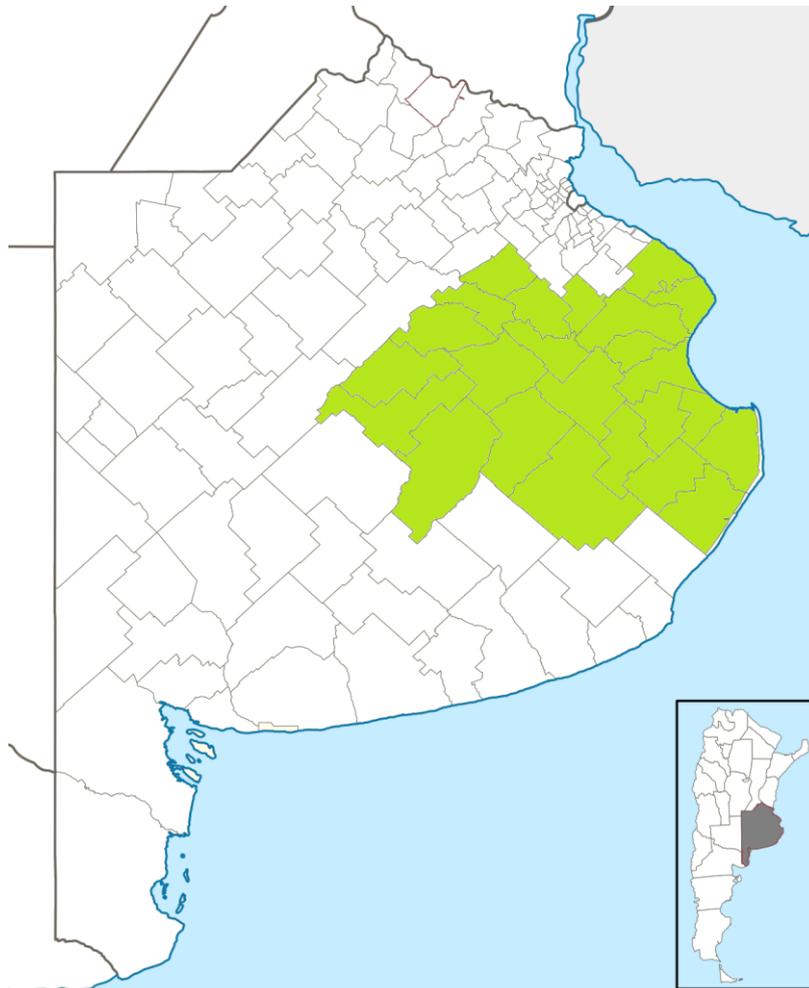


Figura 1. Municipios que componen la zona productiva denominada cuenca deprimida del río Salado.

La producción anual de terneros en la CDRS es aproximadamente de 2 millones de cabezas, lo que representa el 34 % de la existencia provincial y el 17 % de la nacional; lo que la convierte en la principal zona de cría de terneros del país (Némoz *et al.*, 2013). La producción ganadera en la región es de tipo extensiva y la alimentación de los bovinos depende en un 75 % de pastizales naturales, seguido de pasturas implantadas y verdes, con muy poca suplementación con alimentos concentrados (Faverin & Machado, 2019; Vázquez *et al.*, 2008). El hecho de que haya una baja implementación de suplementación condiciona a los animales a que reciban del pasto los nutrientes necesarios para un adecuado desempeño productivo y reproductivo. Dentro de estos nutrientes esenciales se encuentran los microminerales, como lo son el cobre (Cu), el selenio, el manganeso, el yodo, el cobalto, el hierro y el zinc (Zn) (Mattioli, 2019). La concentración de microminerales en el forraje depende de muchos factores, como la concentración del mineral en el suelo, su pH, su solubilidad, la especie forrajera y el estado fenológico de la planta, entre otros (Nicholas, 1975; Robson, 1993; Tyler & Olsson, 2001). Si la concentración de estos minerales en el forraje es menor a la requerida por los animales, sobrevienen los cuadros de carencias (Suttle, 2010). Para el caso del Zn, si bien no están del todo definidos los requerimientos en bovinos en pastoreo, la concentración en la pastura debe ser de, al menos, 30 mg/kg de materia seca (NRC, 2016).

El Zn es un mineral esencial ya que cumple un rol estructural, catalítico y regulatorio de la actividad celular (Levaot & Hershinkel, 2018). En este sentido, más de 2800 proteínas son dependientes de Zn, entre ellas más de 300 metaloenzimas y alrededor del 10 % de las proteínas asociadas a la transcripción génica (Andreini *et al.*, 2006; Andreini & Bertini, 2012; Tapiero & Tew, 2003). Las enzimas dependientes de Zn cumplen funciones muy variadas y forman parte de la mayoría de las vías metabólicas del organismo (Kambe *et al.*, 2015; Olechnowicz *et al.*, 2018; Vallee & Falchuk, 1993). Este mineral, por ejemplo, es necesario para la división y diferenciación celular, ya que participa en la síntesis y en la transcripción del ADN (Bonaventura *et al.*, 2015; Vallee & Falchuk, 1993). Actúa en la defensa antioxidante, debido a que forma parte de la enzima Cu/Zn superóxido dismutasa (Cu/Zn-SOD), induce la síntesis de proteínas con capacidad antioxidante como la metalotioneína y compite por los sitios de unión en las membranas biológicas con otros metales que inducen peroxidación (Lee, 2018). Por otro lado, el Zn interviene en la respiración celular y en el equilibrio ácido base ya que cumple un rol catalítico en la enzima anhidrasa carbónica (Lindskog, 1997). Por lo expuesto, es de esperar que la carencia de este mineral genere consecuencias variadas, tales como alopecia, paraqueratosis, fallas en la respuesta inmune, alteraciones en la función reproductiva y alteraciones en el crecimiento reflejadas como bajas ganancias de peso (Alsaad *et al.*, 2006; Engle *et al.*, 1997; Fallah *et al.*, 2018; Ibs & Rink, 2003; Suttle, 2010; Taneja & Kaur, 1990).

Para determinar el estatus de Zn en animales se han utilizado diversos indicadores, tales como su concentración en tejidos como pelo e hígado, o la actividad sérica o plasmática de las enzimas dependientes de Zn como la fosfatasa alcalina; sin embargo, la concentración plasmática o sérica del mineral es el más utilizado debido a su practicidad (Herdt & Hoff, 2011; Kincaid, 1999). Existe acuerdo en considerar fisiológicamente adecuadas a concentraciones de Zn en plasma por encima de 90 µg/dl, mientras que

valores menores a 80 µg/ dl indicarían carencia, dejando entre ambos un rango de carencia marginal (Enjalbert *et al.*, 2006; Mattioli, 2019). A su vez, concentraciones plasmáticas de Zn superiores a 300 µg/dl indicarían un estado de toxicidad (Kincaid, 1999). Si bien en la CDRS existen antecedentes de forrajes con concentraciones de Zn por debajo de lo requerido por los bovinos (Cseh *et al.*, 1997; Ramírez *et al.*, 1998), poco se conoce acerca del estatus de Zn en las vacas de cría de dicha región.

La hipótesis de este trabajo es que existe carencia de Zn en bovinos de la CDRS. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la concentración plasmática de Zn en vacas de cría, en distintos municipios que componen la CDRS.

Materiales y métodos

Las prácticas en animales fueron aprobadas bajo el protocolo para el uso de animales en investigación científica (Nº 51-5-15T) del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Universidad Nacional de La Plata.

Se realizó un estudio observacional multicéntrico, entre enero de 2015 y diciembre de 2019, en 110 rebaños de cría bovina pertenecientes a 20 municipios de la CDRS. Los establecimientos seleccionados realizaban una producción de cría extensiva, sin suplementación oral de minerales. Se tomaron muestras de sangre, por una única vez, de un total de 1078 vacas (entre 7 y 12 por rebaño) con al menos un parto en su vida y clínicamente sanas al momento del muestreo. Los municipios involucrados y la distribución de los muestreos en los mismos, así como también en los años de muestreo y las estaciones del año, se presentan en la Tabla 1.

Muestras de sangre

Las muestras de sangre fueron tomadas en conjunto con los médicos veterinarios asesores de los rebaños. La extracción se realizó mediante venopunción yugular con agujas y jeringas estériles nuevas. Las muestras de sangre fueron depositadas en tubos plásticos con heparina sódica como anticoagulante. Luego de su obtención, fueron remitidas refrigeradas, dentro de las 12 horas de extraídas, al Laboratorio de Nutrición Mineral de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata (FCV-UNLP) o, según la cercanía, a uno de los tres laboratorios que colaboraron en este trabajo (Laboratorio Regional Rauch, Bazkos Viejos y CSG Laboratorio de Diagnóstico Veterinario, de los municipios de Rauch, General Madariaga y Lezama, respectivamente).

Procesamiento de las muestras

El primer paso (el único realizado en los laboratorios colaboradores) consistió en la separación del plasma por medio de centrifugación a 3000 rpm durante 5 minutos. Una vez obtenido, se depositó en viales plásticos que se conservaron a -20 °C para su posterior envío, refrigerados adecuadamente, a la FCV-UNLP y allí continuar con su procesamiento. Cada muestra fue

desproteinizada con ácido tricloracético al 10 % (p/v) y centrifugada a 5000 rpm durante 10 minutos. Con el sobrenadante obtenido se determinó la concentración plasmática de Zn mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama (AAAnalyst 200–Perkin Elmer, AAS, International Equipment Trading Ltd., Mundelein, USA). Para el procedimiento se utilizaron estándares internos de 0, 50, 100 y 200 µg/dl de Zn.

Municipio	N° de rebaños	N° de animales
Ayacucho	10	100
Azul	2	20
Castelli	4	41
Chascomús	6	58
Dolores	2	20
General Alvear	8	82
General Belgrano	2	17
General Lavalle	10	99
General Madariaga	11	110
General Paz	2	20
Las Flores	2	20
Lezama	3	28
Lobos	2	20
Magdalena	2	20
Maipú	5	51
Pila	3	25
Punta Indio	8	80
Rauch	19	173
Saladillo	4	42
Tapalqué	5	52
Estación del año		
Invierno	21	201
Primavera	13	129
Verano	23	225
Otoño	53	523
Año de muestreo		
2015	23	230
2016	59	568
2017	13	130
2018	10	105
2019	5	45

Tabla 1. Distribución del número de rebaños y de animales muestreados por municipio, estación del año y año de muestreo.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de los datos con el procedimiento MEANS de SAS (SAS 9.4, Inst. Inc.). Se formaron tres grupos de vacas según sus valores de concentración plasmática de Zn: valores adecuados ($\geq 90 \mu\text{g/dl}$), marginales (entre 80 y 89 $\mu\text{g/dl}$) y carentes ($< 80 \mu\text{g/dl}$) (Enjalbert *et al.*, 2006; Mattioli, 2019). Para realizar el análisis se utilizó la media de la concentración plasmática de Zn del rebaño, como así también el porcentaje de animales con valores de concentración plasmática de Zn adecuados, marginales y carentes. Los datos se presentan en función de los municipios donde fueron tomadas las muestras, como así también el año y la estación del año en que se realizó el muestreo.

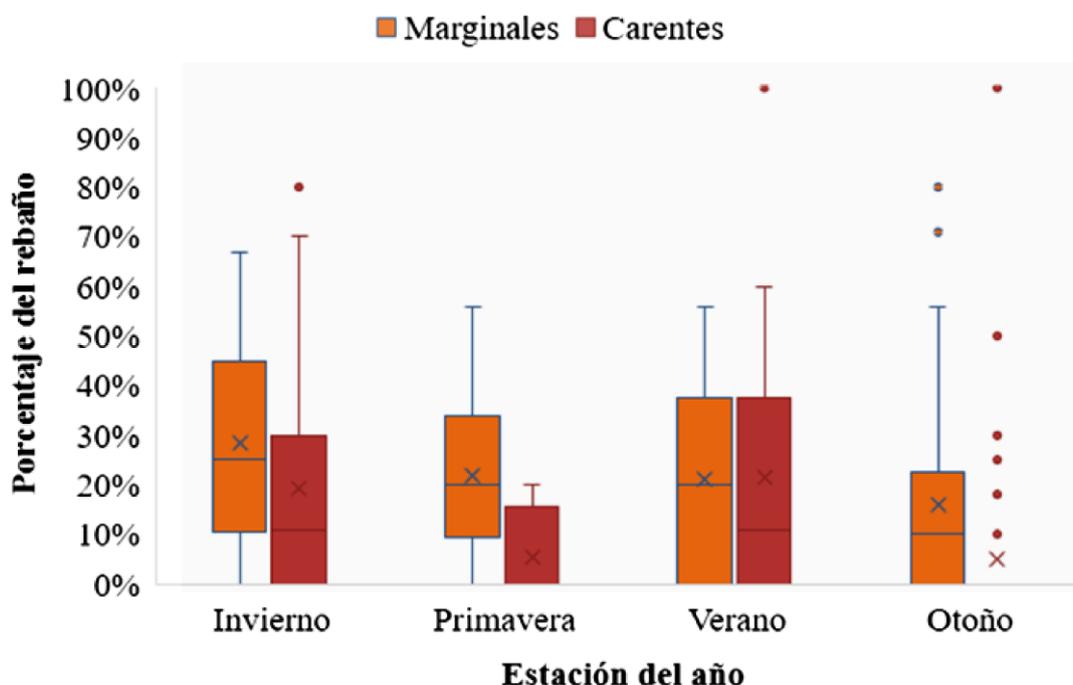


Figura 2. Porcentaje de vacas del rebaño con valores plasmáticos de Zn marginales (80 a 89 $\mu\text{g/dl}$) o carentes ($< 80 \mu\text{g/dl}$) por estación del año, en la cuenca deprimida del río Salado (Buenos Aires, Argentina).

Resultados

La media de la concentración plasmática de Zn en los rebaños evaluados fue de $102,8 \pm 16,4 \mu\text{g/dl}$, donde, en promedio, el 68,6 % ($\pm 29,5 \%$) de las vacas presentaron valores plasmáticos de Zn adecuados, el 20,2 % ($\pm 18,2 \%$) valores marginales y el 11,2 % ($\pm 20,4 \%$) valores de carencia. Los valores medios registrados en invierno, primavera, verano y otoño fueron $93,2 \pm 16,5 \mu\text{g/dl}$, $104,8 \pm 12,4 \mu\text{g/dl}$, $97,4 \pm 19,3 \mu\text{g/dl}$ y $108,4 \pm 13,5 \mu\text{g/dl}$, respectivamente. Los porcentajes de vacas del rebaño con valores plasmáticos de Zn marginales o carentes por estación se presentan en la Figura 2. Los valores medios de concentración plasmática de Zn de los rebaños en los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019 fueron $103 \pm 19,4 \mu\text{g/dl}$, $104,7 \pm 16,7 \mu\text{g/dl}$, $96,9 \pm 11,8 \mu\text{g/dl}$,

100,3 ± 14,4 µg/dl y 99,6 ± 13,2 µg/dl, respectivamente. Los porcentajes de vacas del rebaño con valores plasmáticos de Zn marginales o carentes por año de muestreo se presentan en la Figura 3. Los resultados obtenidos en los diferentes municipios se presentan en la Tabla 2.

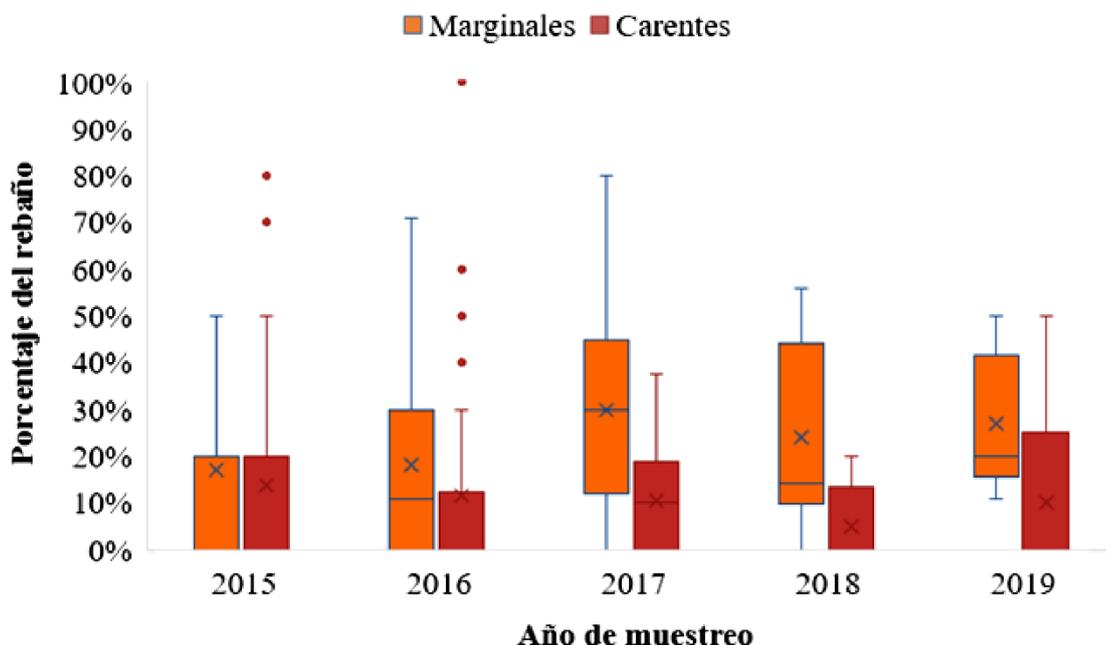


Figura 3. Porcentaje de vacas del rebaño con valores plasmáticos de Zn marginales (80 a 89 µg/dl) o carentes (<80 µg/dl) por año de muestreo, en la cuenca deprimida del río Salado (Buenos Aires, Argentina).

Discusión

En el presente trabajo se determinó que el 31,4 % de las vacas de cada rebaño presentó valores de concentración de Zn plasmático marginales o carentes, es decir, por debajo de los valores considerados adecuados. Por lo tanto, este hallazgo apoya la hipótesis planteada, confirmando que existe carencia de Zn en vacas de la CDRS.

La aparente variación en las concentraciones plasmáticas de Zn en las distintas estaciones del año podría reflejar cambios estacionales en las concentraciones de Zn en el forraje. En este sentido, se han comunicado variaciones estacionales en la concentración de Zn en forrajes en diferentes países, aunque lamentablemente no coinciden entre sí. En Argentina, en la provincia de Formosa, Bernardis *et al.* (2005) informaron que las concentraciones de Zn en pastizales en otoño fueron mayores que en verano. En Uruguay, con un sistema de cría similar a la CDRS, Pittaluga Rossi (2018) informó que la concentración de Zn en los pastizales fue mayor en invierno y primavera, mientras que Ungerfeld (1998), en el mismo país, registró concentraciones mayores de Zn en el período otoño-invernal. En Noruega, Brekken & Steinnes (2004) observaron que algunas especies forrajeras contenían mayores concentraciones de Zn en primavera. Si bien no hay un patrón claro de variación según las estaciones climáticas, cambios en las concentraciones de Zn en el forraje a lo largo del año podrían explicar, al

menos en parte, las variaciones observadas en las concentraciones plasmáticas de Zn en las vacas de la CDRS. Por otro lado, los requerimientos de minerales varían en función del estado fisiológico en el que se encuentran las vacas (Mattioli, 2019). En el invierno, se observaron rebaños en los que un 47,7 % de vacas presentó valores de concentración plasmática de Zn marginales o carentes, mientras que en otoño ese valor fue de 21,3 %. El invierno, es la época de pariciones en la región, ya que entre el 50 y el 80 % de los rebaños (dependiendo el grado de tecnificación) realizan el servicio durante la primavera (Gómez, 2015; Faverin & Machado, 2019; Maresca *et al.*, 2011). Esto implica que durante el invierno las vacas se encuentran finalizando su gestación o en lactancia temprana. Los resultados hallados en el presente trabajo podrían deberse al aumento en la demanda de Zn por parte del feto al final de la gestación (Masters & Somers, 1980) y a un aumento en la excreción a causa de la lactancia, ya que la leche posee una elevada concentración de Zn (3 al 5 mg de Zn/L) (Suttle, 2010). Durante el otoño, generalmente las vacas se encuentran promediando su gestación y sin amamantar, ya que habitualmente el destete de los terneros se realiza en esta época del año (Carrillo, 2007; Faverin & Machado 2019). Esto podría explicar, al menos en parte, el menor porcentaje de vacas con valores de Zn plasmático marginales o carentes, en los rebaños en el otoño con respecto al invierno.

Municipio	Zn			
	plasmático µg/dl ± DE	Adecuado % ± DE	Marginal % ± DE	Carente % ± DE
Ayacucho	106 ± 18	66 ± 36	21 ± 23	13 ± 20
Azul	109 ± 6	90 ± 0	10 ± 0	0 ± 0
Castelli	106 ± 13	85 ± 6	2 ± 5	13 ± 10
Chascomús	99 ± 12	60 ± 22	33 ± 16	7 ± 10
Dolores	104 ± 28	20 ± 28	20 ± 28	60 ± 57
General Alvear	112 ± 27	70 ± 44	14 ± 17	16 ± 31
General Belgrano	115 ± 15	54 ± 36	46 ± 36	0 ± 0
General Lavalle	108 ± 12	83 ± 16	15 ± 15	2 ± 6
General Madariaga	101 ± 14	71 ± 30	22 ± 18	7 ± 15
General Paz	94 ± 6	60 ± 14	35 ± 7	5 ± 7
Las Flores	115 ± 30	80 ± 28	15 ± 21	5 ± 7
Lezama	93 ± 16	71 ± 41	16 ± 19	13 ± 22
Lobos	98 ± 15	65 ± 21	25 ± 7	10 ± 14
Magdalena	96 ± 12	60 ± 28	30 ± 14	10 ± 14
Maipú	109 ± 16	73 ± 29	19 ± 21	8 ± 13
Pila	93 ± 6	56 ± 34	40 ± 35	4 ± 7
Punta Indio	98 ± 21	64 ± 33	21 ± 16	15 ± 25
Rauch	98 ± 18	64 ± 30	20 ± 19	16 ± 25
Saladillo	102 ± 13	72 ± 29	20 ± 14	8 ± 15
Tapalqué	107 ± 12	76 ± 32	12 ± 8	12 ± 27

Tabla 2. Media ± desvío estándar de las concentraciones plasmáticas de zinc de los rebaños y del porcentaje de vacas dentro de cada uno, con concentraciones plasmáticas de Zn adecuadas (≥ 90 µg/dl), marginales (≥ 80 y < 90 µg/dl) y carentes (< 80 µg/dl), por municipio. DE: desvío estándar.

Existen antecedentes en el país de relevamientos realizados con el fin de evaluar el estatus de Zn en rodeos bovinos. En el municipio de Magdalena (el cual forma parte de la CDRS), Ramírez *et al.* (1998) realizaron un relevamiento de 13 rebaños en los que evaluaron bovinos mayores y menores a 2 años, en otoño y primavera, y observaron que durante el otoño hubo un mayor porcentaje de animales con valores de Zn en plasma menores a 80 µg/dl. En el municipio de General Villegas (noroeste de la provincia de Buenos Aires) se registraron valores de Zn en plasma más elevados durante el invierno. En este caso, la alimentación de las vacas consistió en una base forrajera de pasturas implantadas y verdeos, mientras que, en otro rebaño, cuya fuente forrajera principal fue el pastizal natural, las vacas no presentaron variación estacional (Buffarini *et al.*, 2008). También en General Villegas, Minatel *et al.* (2004) relevaron las concentraciones de Zn en plasma en novillos, terneros y vaquillonas de 10 rebaños ganaderos en invierno y verano, observando que, para estas categorías, el valor medio en invierno fue menor al observado en verano (68,5 y 80,5 µg/dl, respectivamente). En el municipio de Balcarce (sudeste de la provincia de Buenos Aires), Cseh *et al.* (1998) reportaron que tanto vacas como terneras, en el mes de junio presentaron valores plasmáticos de Zn más altos que en octubre y diciembre. En el municipio de Guaminí (centro oeste de la provincia de Buenos Aires), Coria *et al.* (2013) realizaron un seguimiento estacional de la concentración plasmática de Zn de vacas en un rebaño durante dos años (2011 y 2012), sin evidencias de diferencias entre estaciones. En todos los muestreos los valores medios de Zn en plasma se encontraron entre 60 y 70 µg/dl. En la localidad de Coronel Cornejo (norte de la provincia de Salta), Micheloud *et al.* (2017) evaluaron las concentraciones de Zn en plasma en vacas y terneras de reposición en las cuatro estaciones del año, sin evidenciar diferencias por estación y con valores medios por encima de 90 µg/dl en las cuatro estaciones, en las dos categorías. Balbuena *et al.* (1989), en un estudio realizado en vacas en lactancia y terneros en crecimiento (entre 1 y 2 años de edad) en 11 establecimientos situados en el este de las provincias de Formosa y Chaco, reportaron que el 30 % de las muestras presentaban valores de Zn plasmático por debajo de 80 µg/dl, sin observar diferencias entre categorías. Al evaluar estos antecedentes en conjunto, resulta evidente que su variabilidad impide hacer generalizaciones con respecto al comportamiento de las concentraciones plasmáticas de Zn en rodeos de cría. Por ende, para conocer el estatus de Zn de los rodeos, parecería adecuado relevar cada zona destinada a la cría bovina de manera particular.

El hecho de que en los rodeos se observara un 31,4 % de las vacas con valores de Zn plasmático por debajo de lo considerado adecuado, indica que existe el riesgo de disminución en la eficiencia productiva y reproductiva de la ganadería en la CDRS. La carencia de Zn en el bovino genera menores ganancias diarias de peso, asociadas a una reducción en el apetito y a una menor eficiencia de conversión (Alsaad *et al.*, 2006; Engle *et al.*, 1997; Suttle, 2010). Si bien poco se sabe acerca del efecto de la carencia de Zn en la reproducción de la hembra bovina, se la ha vinculado a disminución de la fertilidad, interrupción de la gestación y retención placentaria (Enjalbert *et al.*, 2006). En terneros machos, por otro lado, esta carencia produce un menor desarrollo testicular (Miller & Miller, 1962; Pitts *et al.*, 1966). Por último, los

animales carentes de Zn son más susceptibles a enfermarse debido a fallas de la respuesta inmune celular y humoral, alteraciones en la respuesta inflamatoria y daño de la defensa antioxidante (Bonaventura *et al.*, 2015; Engle *et al.*, 1997; Ibs & Rink, 2003; Mattioli, 2019). El conocimiento del estatus de Zn en vacas de cría de la CDRS, permitirá optimizar su manejo nutricional y/o sanitario para evitar potenciales pérdidas productivas y reproductivas.

Conclusión

Los valores de Zn plasmático por debajo de los considerados adecuados alertan sobre el potencial riesgo de menor eficiencia productiva y reproductiva de las vacas en la CDRS. Más estudios son necesarios para caracterizar y cuantificar las posibles pérdidas por mencionada carencia.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses, incluyendo las relaciones financieras, personales o de otro tipo con otras personas u organizaciones que pudieran influir de manera inapropiada en el presente trabajo.

Agradecimientos

El presente trabajo se financió con fondos del Servicio de Nutrición Mineral y el Servicio de Asistencia Clínica Poblacional, ambos de la FCV-UNLP. Agradecemos a todos los médicos veterinarios que colaboraron con la toma de muestras, a los laboratorios Regional Rauch, Bazkos Viejos de General Madariaga y CSG Laboratorio de Diagnóstico Veterinario de Lezama, como también al personal de la Estación Experimental Agropecuaria cuenca del Salado del INTA que participó activamente para generar el vínculo con los profesionales y laboratorios de la región. La participación de todos ellos fue muy importante para que se pudiese llevar a cabo este estudio.

Referencias

- Alsaad KM, Al-Sadi HI, Abdul-Majeed MO. 2006. Clinical and pathological studies on naturally occurring zinc deficiency (hypozincemia) in buffalo calves. Proceedings of the 4th Scientific Conference, College of Veterinary Medicine, University of Mosul, Mosul, Iraq, 1:97-107.
- Andreini C, Banci L, Bertini I, Rosato A. 2006. Counting the zinc-proteins encoded in the human genome. *Journal of Proteome Research*. 5(1): 196-201.
<https://doi.org/10.1021/pr050361j>
- Andreini C, Bertini I. 2012. A bioinformatics view of zinc enzymes. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 111:150-6. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2011.11.020>
- Balbuena O, McDowell LR, Toledo HO, Conrad JH, Wilkinson N, Martín FG. 1989. Estudio de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). *Revista Veterinaria Argentina*. 6:584-94.

- Bernardis AC, Roig CA, Bennasar Vilches M. 2005. Productividad y calidad de los pajonales de *Sorghastrum setosum* (Griseb.) Hitchc. en Formosa, Argentina. *Agricultura Técnica*. 65(2):177-85. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072005000200007>
- Bonaventura P, Benedetti G, Albarède F, Miossec P. 2015. Zinc and its role in immunity and inflammation. *Autoimmunity Reviews*. 14(4):277-85.
- Brekken A, Steinnes E. 2004. Seasonal concentrations of cadmium and zinc in native pasture plants: consequences for grazing animals. *Science of the Total Environment*. 326(1-3):181-95. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.11.023>
- Buffarini MA, Minatel L, Cseh S. 2008. Variaciones estacionales de minerales en sangre en dos rodeos de cría en el partido de General Villegas. *Memoria Técnica, INTA*. 88-92.
- Carrillo J. 2007. Manejo de un rodeo de cría. Décima Reimpresión. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur SA. Coria ML, Cseh SB, Fernández EL. 2013. Diagnóstico de deficiencias minerales en un campo del partido de Guaminí, Buenos Aires. *Revista Argentina de Producción Animal*. 33(1):25.
- Cseh S, Crenovich H, Fay P, Olmos G, Drake M. 1997. Valor nutritivo de pasturas en campos del este de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. XXV Jornadas Uruguayas de Buiatría. IX Congreso Latinoamericano de Buiatría. Paysandú, Uruguay. 29-30.
- Cseh S, Ridao M, San Martino S, Drake M, Yarrar M. 1998. Valores serológicos de hierro y zinc en distintas categorías de bovinos hembra. *Veterinaria México*. 29(1): 23-7.
- Engle TE, Nockels CF, Kimberling CV, Weaver DL, Johnson AB. 1997. Zinc repletion with organic or inorganic forms of zinc and protein turnover in marginally zinc-deficient calves. *Journal of Animal Science*. 75(11):3074-81. <https://doi.org/10.2527/1997.75113074x>
- Enjalbert F, Lebreton P, Salat O. 2006. Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds: retrospective study. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 90(11-12):459-66. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2006.00627.x>
- Fallah A, Mohammad-Hasani A, Hosseinzadeh Colagar A. 2018. Zinc is an essential element for male fertility: a review of Zn roles in men's health, germination, sperm quality, and fertilization. *Journal of Reproduction and Infertility*. 19(2): 69-81.
- Faverin C, Machado C. 2019. Tipologías y caracterización de sistemas de cría bovina de la pampa deprimida. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. 35(1):3-13. <http://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000101>
- Gómez, L. 2015. Adopción de tecnología de la cría de carne vacuna en la cuenca del Salado. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. <https://repositorio.rio.uca.edu.ar/handle/123456789/463>
- Herdt TH, Hoff B. 2011. The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 27(2):255-83. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.02.004>
- Ibs KH, Rink L. 2003. Zinc-altered immune function. *Journal of Nutrition*. 133(5):1452S-6S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1452S>
- Kambe T, Tsuji T, Hashimoto A, Itsumura N. 2015. The physiological, biochemical, and molecular roles of zinc transporters in zinc homeostasis and metabolism. *Physiological Reviews*. 95(3):749-84. <https://doi.org/10.1152/physrev.00035.2014>
- Kincaid R. 1999. Assessment of trace mineral status of ruminants: a review. *Journal of Animal Science*. 77(1):1-10. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77e-suppl1x>
- Lee SR. 2018. Critical role of zinc as either an antioxidant or a prooxidant in cellular systems. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2018/9156285>
- Levaot N, Hershinkel M. 2018. How cellular Zn²⁺ signaling drives physiological functions. *Cell Calcium*. 75:53-63. <https://doi.org/10.1016/j.ceca.2018.08.004>
- Lindskog S. 1997. Structure and mechanism of carbonic anhydrase. *Pharmacology and Therapeutics*. 74(1):1-20. [https://doi.org/10.1016/S0163-7258\(96\)00198-2](https://doi.org/10.1016/S0163-7258(96)00198-2)
- Maresca S, Quiróz García JL, Plorutti F. 2011. Eficiencia reproductiva en rodeos de cría de la cuenca del Salado. Buenos Aires, Publicaciones Regionales INTA.

- Masters DG, Somers M. 1980. Zinc status of grazing sheep: seasonal changes in zinc concentration in plasma, wool and pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 20(102):20-4. <https://doi.org/10.1071/EA9800020>
- Mattioli GA. 1998. Caracterización de la hipocuprosis bovina en el Partido de Magdalena (Provincia de Buenos Aires). Tesis de Doctorado en Ciencias Veterinarias, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata.
- Mattioli GA. 2019. Nutrición mineral y vitamínica de bovinos. 2da Edición. La Plata, CCB Academic Press.
- Micheloud JF, Suárez VH, Martínez GM, Rosa DE, Ventura MB, Mattioli GA. 2017. Niveles séricos de minerales en hembras de cría bovina en un establecimiento de la región de selva y pastizal pedemontano del norte de Salta. *Revista FAVE*. 16:97-100. <https://doi.org/10.14409/favecv.v16i2.7027>
- Miller JK, Miller WJ. 1962. Experimental zinc deficiency and recovery of calves. *Journal of Nutrition*. 76:467-74. <https://doi.org/10.1093/jn/76.4.467>
- Minatel L, Buffarini MA, Scarlata EF, Dallorso ME, Carfagnini JC. 2004. Niveles de cobre, hierro, zinc y selenio de bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Argentina de Producción Animal*. 24(3-4):225-35.
- Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación, Subsecretaría de Ganadería. 2015. Caracterización de la producción bovina. Sistema de monitoreo del sector de la carne bovina. [En línea] Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_caracterizacion_de_la_produccion_bovina.pdf.
- Némoz JP, Giancola SI, Bruno MS, de la Vega MB, Calvo S, Di Giano S, Rabaglio MD. 2013. Causas que afectan la adopción de tecnología en la ganadería bovina para carne de la Cuenca del Salado: enfoque cualitativo. *Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología*. N° 5. INTA.
- Nicholas DJD. 1975. Trace elements in soil-plant-animal systems. Glen Osmond, Australia, Academic Press. National Research Council (NRC). 2016. Nutrient requirements of beef cattle. Eighth revised edition: update 2016. Washington, DC, The National Academies Press.
- Olechnowicz J, Tinkov A, Skalny A, Suliburska J. 2018. Zinc status is associated with inflammation, oxidative stress, lipid, and glucose metabolism. *Journal of Physiological Sciences*. 68(1):19-31. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0571-7>
- Otondo J. 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Tesis de Maestría, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2011otondoJose.pdf>
- Pittaluga Rossi AM. 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 Ciencias y Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/21453>
- Pitts WJ, Miller WJ, Fosgate OT, Morton JD, Clifton CM. 1966. Effect of zinc deficiency and restricted feeding from two to five months of age on reproduction in Holstein bulls. *Journal of Dairy Science*. 49(8):995-1000. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(66\)87997-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(66)87997-3)
- Ramírez CE, Mattioli GA, Giuliadori MJ, Yano H, Matsui I. 1998. Deficiencia de Zn en bovinos de cría de la provincia de Buenos Aires. *Veterinaria Argentina*. 15(142):114-8.
- Robson AD. 1993. Zinc in soils and plants. *Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants'*. University of Western Australia, Perth, Australia, p. 59-71.
- Rojas MC, Vázquez PM, Verdier M, Noseda R. 2011. Componentes del paisaje que favorecen la aparición de carbunco en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*. 30(3):897-909. <https://doi.org/10.20506/rst.30.3.2086>

- Rossanigo CE, Arano A, Rodríguez Vázquez G. 2012. Stock 2012 del ganado bovino. Mapas de existencias e indicadores ganaderos. Información Técnica N° 187. EEA INTA San Luis.
- SENASA. 2015. Indicadores de ganadería bovina. [En línea] Disponible en: http://www.senasa.gob.ar/prensa/DNSA/Control_Gestion_y_Programas_Especiales/Indicadores_ganaderos/1_Indicadores_Ganaderia_Bovina/Ganaderia_Bovina.html.
- Suttle NF. 2010. Mineral nutrition of livestock. 4th Ed. Oxfordshire, Reino Unido, CAB International.
- Taneja SK, Kaur R. 1990. Pathology of ovary, uterus, vagina and gonadotrophs of female mice fed on Zn-deficient diet. Indian Journal of Experimental Biology. 28(11):1058-65.
- Tapiero H, Tew KD. 2003. Trace elements in human physiology and pathology: zinc and metallothioneins. Biomedicine and Pharmacotherapy. 57(9):399-411.
[https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(03\)00081-7](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(03)00081-7)
- Tyler G, Olsson T. 2001. Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming. Plant and Soil. 230:307-21.
<https://doi.org/10.1023/A:1010314400976>
- Ungerfeld E. 1998. Factores que afectan el contenido de minerales en pasturas naturales y el estado nutricional de vacunos y ovinos en Uruguay. INIA Tacuarembó – Revisión Minerales. p. 184-208.
- Vallee BL, Falchuk KH. 1993. The biochemical basis of zinc physiology. Physiological Reviews. 73(1):79-118. <https://doi.org/10.1152/physrev.1993.73.1.79>
- Vázquez P, Rojas MC, Burges JC. 2008. Caracterización y tendencias de la ganadería bovina en la cuenca del Salado. Veterinaria Argentina. 25(248):572-84.