

Evaluación de la concentración de azufre en dietas de bovinos en engorde a corral del sur de Córdoba y Santa Fe

Castro, D.J.¹; Poo, J.²; Brambilla, E.²; Fernández, E.²; Cantón, G.²

¹INTA-EEA Marcos Juárez, Ruta 12, km 3, Marcos Juárez, Córdoba. ²INTA-EEA Balcarce, Ruta 226, km 73, Balcarce, Buenos Aires. E-mail: castro.damian@inta.gov.ar

Resumen

Castro, D.J.; Poo, J.; Brambilla, E.; Fernández, E.; Cantón, G.: Evaluación de la concentración de azufre en dietas de bovinos en engorde a corral del sur de Córdoba y Santa Fe. Rev. Vet. 31: 2, 178-182, 2020. En el sudeste de Córdoba y el sudoeste de Santa Fe, han proliferado sistemas de engorde a corral (EC) de bovinos, con creciente inclusión de burlanda de maíz húmeda (BMH) en sus dietas. Según antecedentes de altas concentraciones de azufre (S) en dicho alimento, y de sulfatos (SO_4) en el agua de bebida de la región, podría existir un excesivo aporte dietético de S total. En ECs de la región se han comunicado problemáticas productivo-sanitarias compatibles con las causadas por exceso de S dietético, asociadas al consumo de BMH y/o agua de bebida con altas concentraciones de SO_4 . El objetivo del presente trabajo fue estimar y evaluar la concentración de S total en las dietas de bovinos de EC en la mencionada región del país. En verano e invierno del año 2017 se recolectaron muestras de agua de bebida de 46 establecimientos para cuantificar la concentración de SO_4 , y se recolectaron muestras de 26 lotes de BMH provenientes de la planta industrial abastecedora de la región en estudio para la determinación de S total. La estimación de la concentración de S dietético total se realizó para cada perforación de agua, considerando el aporte del alimento sólido como el del agua de bebida. La estimación del S aportado por el alimento sólido se realizó considerando el aporte de dietas estándar de EC con 0 (B0), 15 (B15), 30 (B30) y 45% (B45) de BMH. Las concentraciones medias de SO_4 en el agua fueron de 196 y 90 mg/l, en los muestreos estival e invernal respectivamente. La concentración media de S en BMH fue de 0,68%. Las concentraciones medias estimadas de S total en verano fueron de 0,23, 0,29, 0,34 y 0,43% para las dietas B0, B15, B30 y B45 respectivamente, mientras que en el invierno fueron de 0,22, 0,28, 0,33 y 0,42% para las dietas B0, B15, B30 y B45 respectivamente. En la región estudiada, es poco probable que los niveles de S dietético sean perjudiciales para la salud y desempeño de bovinos de EC.

Palabras clave: bovinos, engorde a corral, burlanda de maíz húmeda, sulfato, agua de bebida.

Abstract

Castro, D.J.; Poo, J.; Brambilla, E.; Fernández, E.; Cantón, G.: Sulfur concentration in feedlot diets from southeast of Córdoba and Santa Fe provinces. Rev. Vet. 31: 2, 178-182, 2020. In the southeast of Córdoba and southwest of Santa Fe provinces, feedlot cattle (FC) systems have proliferated, with the inclusion of wet corn distillers grains (WCDG) in their diets. According to the background of high concentrations of sulfur (S) in WCDG, and sulfates (SO_4) excess in drinking water of the region, an excessive dietary S is possible. Productive-health problems have been reported in FC from this region, compatible with those caused by excessive dietary S, associated with WCDG and / or high SO_4 drinking water consumption. The objective of the present work was to estimate and evaluate the concentration of total S in the FC diets in this region of Argentina. During the summer and winter of 2017, drinking water samples were collected from 46 farms in order to quantify SO_4 concentration and twenty-six WCDG batches from the regional supply plant were sampled for total S determination. The estimation of dietary S concentration was performed for each water well, considering solid food and drinking water contribution. The estimation of S solid food contribution was performed considering the contribution of standard FC diets with 0 (B0), 15 (B15), 30 (B30) and 45% (B45) WCDG inclusion. The average water SO_4 concentrations were 196 and 90 mg/l, in the summer and winter samples, respectively. The average WCDG S content was 0.68%. Estimated total dietary S averages in summer were 0,23, 0,29, 0,34 and 0,43% for B0, B15, B30 and B45 diets respectively, while in winter they were 0,22, 0,28,

0,33 and 0,42% for B0, B15, B30 and B45 diets, respectively. In most FC farms from the studied region, it is unlikely that dietary S levels are detrimental to health and productive performance of FC.

Key words: cattle, feedlot, wet corn distillers grains, sulfate, drinking water.

INTRODUCCIÓN

El azufre (S) es un macromineral esencial para la vida y el óptimo desempeño de los bovinos. Para bovinos productores de carne, el requerimiento de S total es del 0,15% de la materia seca (MS) ingerida, contemplando al S aportado por el alimento sólido como por el agua de bebida ¹⁴.

Sin embargo, su exceso puede limitar el rendimiento productivo de los bovinos e incrementar la incidencia de polioencefalomacia (PEM) ^{8, 17, 21}, siendo mayor la susceptibilidad de los animales en crecimiento y consumiendo dietas basadas en concentrados ¹. Con este tipo de dietas el ambiente ruminal se torna ácido, de manera que gran parte del exceso de S ingerido es transformado en sulfuro de hidrógeno (H₂S) ruminal, cuyas altas concentraciones se responsabilizan de los mencionados perjuicios ⁸.

Con el avance de la agricultura y la consecuente intensificación de la ganadería bovina, en el sudeste de Córdoba y el sudoeste de Santa Fe han proliferado sistemas de engorde a corral (EC) ¹⁸, con creciente inclusión de burlanda de maíz húmeda (BMH) en sus dietas. La BMH es un subproducto de la elaboración del bioetanol a partir de la fermentación controlada del grano de maíz.

Al ser un alimento proteico-energético de bajo costo relativo para los EC cercanos a las plantas elaboradoras, la BMH puede reemplazar parcial o totalmente a otros ingredientes proteicos en las dietas de EC, e incluso parcialmente al maíz ². A pesar de las excelentes cualidades nutricionales de este alimento, se ha reportado que una de sus desventajas es el elevado contenido de S ¹². En Argentina la información al respecto es escasa, existiendo un único estudio, el cual reportó contenidos de S elevados y muy variables en este subproducto ⁶.

Otra fuente de S para los bovinos es el agua de bebida, principalmente en forma de sulfatos (SO₄) ¹¹. En el caso de los bovinos de EC, la principal fuente de agua de bebida es la subterránea. Si bien la información es desactualizada, escasa y/o inespecífica, en la región sudeste de Córdoba y sudoeste de Santa Fe existen reportes de elevadas concentraciones de SO₄ en el agua subterránea ^{3, 5, 9, 16}.

En sistemas de EC del sudeste de Córdoba y sudoeste de Santa Fe se han observado problemáticas productivo-sanitarias compatibles con las causadas por exceso de S dietético, tales como brotes de PEM y deficiente desempeño productivo, asociadas al consumo de BMH y/o agua de bebida con altas concentraciones de SO₄ (Margineda C., 2018, comunicación personal).

En este contexto, el objetivo del trabajo fue estimar y evaluar las concentraciones de S en BMH, de SO₄ en el agua de bebida y de S dietético total, suministrados a bovinos de EC en la mencionada región del país.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el verano e invierno del año 2017, se recolectaron muestras de agua de un bebedero abastecido por cada una de las 57 perforaciones utilizadas en 46 engordes a corral, ubicados en el sudeste de Córdoba (departamentos Presidente Roque Sáenz Peña, Marcos Juárez, General San Martín, Juárez Celman y Unión) y sudoeste de Santa Fe (departamentos Belgrano, Iriondo, Caseros, San Lorenzo y General López).

Sobre dichas muestras se determinó la concentración de SO₄ mediante turbidimetría ⁷. Para bovinos de EC, el límite máximo sugerido de SO₄ en el agua de bebida es de 600 mg/l ¹⁴, por lo cual las perforaciones se clasificaron como de concentración baja, media o alta de SO₄ según presentaran menos de 250, entre 250 y 600, o más de 600 mg/l respectivamente.

A fin de estimar la concentración de S en las dietas de cada establecimiento, contemporáneamente a la visita para el muestreo de agua se consultó al personal actuante si se suministraba o no BMH. Adicionalmente, se recolectaron muestras del subproducto elaborado por la planta industrial abastecedora de la región en estudio.

El muestreo se realizó semanalmente sobre lotes de BMH arribada a un establecimiento de EC ubicado en Villa Eloísa (Departamento Iriondo, Provincia de Santa Fe) durante agosto, septiembre y noviembre del año 2017, y enero, febrero y marzo del año 2018, totalizando el muestreo de 26 lotes (5 lotes en agosto y septiembre, y 4 lotes en cada uno de los restantes meses). Las muestras se llevaron a estufa a 100°C hasta peso constante para la obtención de materia seca, sobre la cual se determinó el porcentaje de S total (método Dumas LECO®).

La estimación de la concentración de S dietético total se realizó para cada perforación de agua, sumando el porcentaje aportado por el alimento sólido como por el agua de bebida de la correspondiente perforación. La estimación del S aportado por el alimento sólido se realizó considerando el aporte de S de dietas estándar de EC para la región en estudio ².

De este modo, para las perforaciones de establecimientos que no suministraban BMH se utilizó la dieta B0 (sin BMH), mientras que para cada perforación de aquellos que sí lo hacían, se realizaron tres estimaciones de S total, correspondientes a dietas con tres niveles de inclusión de BMH: 15% (B15), 30% (B30) y

Tabla 1. Composición (base seca) de las dietas estándar de engorde a corral utilizadas para estimar la concentración de azufre en el alimento sólido.

ingrediente	aporte de Sa (%)	dieta B0(%)	dieta B15(%)	dieta B30(%)	dieta B45(%)
heno alfalfa	0,28	10	10	10	10
maíz	0,11	72	64	57	42
harina soja	0,46	15	8	-----	-----
BMH	Xb	-----	15	30	45
vitam.-min.	1	3	3	3	3
S total	-----	0,20	Xc	Xc	Xc

^aPromedios reportados por la bibliografía ¹⁵. ^bConcentración promedio de S en BMH a determinarse mediante el presente estudio. ^cConcentración de S total a calcularse una vez obtenido el contenido promedio de S en BMH. S: azufre. BMH: burlanda de maíz húmeda.

45% (B45). El contenido de S total en las dietas con BMH se obtuvo asumiendo que dicho alimento tendría un aporte de S equivalente al promedio a observarse en el presente estudio (Tabla 1).

El porcentaje de S aportado por el agua de bebida se estimó para cada una de las perforaciones muestreadas mediante la fórmula donde: consumo estimado diario de agua de bebida por animal (litros/kg diario de MS consumida); concentración de SO₄ (g/l) y SO₄ (aporta 33% de S). El consumo estimado de agua (CEDA) se obtuvo mediante los datos estimados del consumo de agua de bebida por parte de bovinos en EC (adaptada de *Nutrient Requirements of Beef Cattle* ¹⁵).

A: temperatura máxima diaria (F°). Se asumieron temperaturas máximas diarias de 86,9 F° (30,5 C°) y 70,3 F° (21,3 C°) para las estimaciones estival e invernal respectivamente. Dichos valores corresponden a los promedios diarios registrados por el Sistema de Información y Gestión Agro-meteorológica (SIGA) ¹⁹ en los meses de febrero y setiembre del año 2017 en Marcos Juárez (Provincia de Córdoba).

B: consumo diario de materia seca (Kg/animal). Se lo asumió constante en 9 kg.

C: precipitaciones (ml/día). Se asumió un valor de 0, dado que no se registraron lluvias en los días de muestreo.

D: cloruro de sodio dietético (%MS). Se consideró un aporte constante de 0,25% (nivel recomendado para bovinos en engorde ²⁰).

RESULTADOS

Las concentraciones medias de SO₄ en agua de bebida fueron de 196 ± 173 mg/l y 90 ± 82 mg/l en verano e invierno respectivamente, de manera que el 95 y 100% de las perforaciones presentaron menos de 600 mg/l de SO₄, en verano e invierno respectivamente. De este modo, la mayoría las perforaciones brindaron agua de bebida apta para bovinos de EC en cuanto a su aporte de SO₄ (Figura 1).

De las 57 perforaciones muestreadas, el 25% (14/57) suministraba agua de bebida a bovinos consumiendo BMH. Las concentraciones promedio de S en las mues-

Tabla 2. Concentración estimada de azufre en dietas de bovinos de engorde a corral en la región estudiada, según estación y nivel de inclusión de BMH.

estación	dieta	% S (media ±DE)	n
verano	B0	0,234 ± 0,023	43
	B15	0,286 ± 0,016	14
	B30	0,343 ± 0,016	14
	B45	0,429 ± 0,015	14
invierno	B0	0,216 ± 0,009	43
	B15	0,275 ± 0,006	14
	B30	0,333 ± 0,006	14
	B45	0,419 ± 0,006	14

n: perforaciones.

tras de BMH analizadas fueron de 0,68 ± 0,07% con un coeficiente de variación (CV) de 10,3%.

El CEDA por animal, fue 4,0 y 3,3 litros/kg diario de MS consumida, lo cual considerando un consumo de alimento de 9 kgMS/animal/día, equivale a 36,4 y 29,8 litros/animal/día, para el verano e invierno respectivamente.

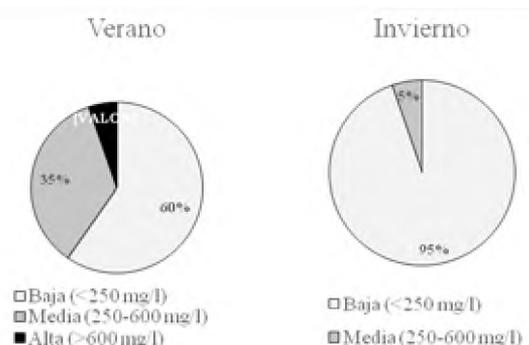
Las mayores concentraciones estimadas de S dietético total correspondieron a las perforaciones de establecimientos que suministraban BMH (Tabla 2).

DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo fue estimar y evaluar las concentraciones de S en BMH, de SO₄ en el agua de bebida y de S dietético total, suministrados a bovinos de EC en el sudeste de la Provincia de Córdoba y sudoeste de la Provincia de Santa Fe.

La estimación de la concentración de S dietético total se realizó en base a la cuantificación de los aportes del agua de bebida y BMH, dado que son los ingredientes dietéticos con aportes de S potencialmente mayores, variables y regionalmente poco conocidos.

Por el contrario, el contenido de S del resto de los ingredientes comúnmente usados en las dietas de EC, es relativamente menor, constante y mejor caracterizado. En 1968, Bitesnik catalogó como hipersulfatada al agua subterránea del departamento Marcos Juárez y

**Figura 1.** Distribución porcentual de las perforaciones de agua utilizadas por establecimientos de engorde a corral, según estación y concentración de SO₄.

regiones aledañas del sudeste de Córdoba y sudoeste de Santa Fe, con un rango de 39 a 2564 mg/l de SO_4 y un promedio de 400 a 700 mg/l³.

Por su parte, Fresina organizó y analizó datos recabados en 1968 y 1969, sobre la hidroquímica subterránea de la cuenca del río Carcarañá, que atraviesa la región en estudio. Dicha autora, también caracterizó como hipersulfatada al agua subterránea del norte del departamento Marcos Juárez, con un promedio de 1184 mg/l de SO_4 ⁹.

No obstante, las concentraciones de SO_4 observadas en este trabajo fueron inferiores respecto de los mencionados antecedentes, lo cual podría deberse a los excesos hídricos de los últimos 30 años en la región⁵. En adición, las concentraciones estivales de SO_4 pudieron ser reducidas debido al elevado régimen pluviométrico registrado semanas previas al muestreo de verano¹⁹.

En este sentido se ha comprobado que hasta un 20% de recarga de los acuíferos de la región, proviene del agua directamente precipitada sobre la misma⁵. A su vez, las concentraciones invernales de SO_4 observadas en el presente estudio fueron menores a las estivales, lo que pudo deberse a que el lapso otoño-invernal constituye el período de recarga hídrica para los acuíferos de la región⁴, implicando un efecto diluyente sobre los solutos del agua subterránea.

Este proceso se basa en la menor evaporación de agua durante el otoño e invierno debido a las menores temperaturas ambientales, lo que resulta en una mayor retención neta de agua en los acuíferos^{4,9}. En coincidencia, en un estudio sobre calidad de agua para consumo bovino realizado en la Región Pampeana, se observó que las menores concentraciones de solutos en el agua de bebida fueron las invernales¹⁰.

En Estados Unidos, país pionero en la utilización de co-productos de la industria del bioetanol², las concentraciones promedio de S en BMH por fábrica se han observado⁹. En Argentina, el único estudio al respecto registró un promedio de 0,65% y un CV de 38,46%⁶.

El promedio y CV de la concentración de S en BMH observados en este estudio se ubicaron dentro de los rangos registrados en Estados Unidos. La concentración media de S en el presente fue muy similar a la registrada por el mencionado antecedente nacional, pero la variabilidad fue mucho menor, a pesar del menor tamaño muestral utilizado en este trabajo (26 lotes durante 6 meses vs 44 lotes durante 11 meses en el otro estudio nacional).

Considerando que la BMH analizada en el presente provino de una planta industrial diferente a la que originó la BMH analizada en el otro estudio, esta discrepancia de variabilidad podría deberse a diferencias en los protocolos de elaboración. En base a estos resultados y de manera preliminar, puede decirse que la concentración de S es relativamente poco variable en la BMH comercializada en el sudeste de Córdoba y sudoeste de Santa Fe, permitiendo la determinación de niveles de inclusión seguros y constantes en el tiempo.

Considerando que para bovinos consumiendo dietas con menos de 15% de forraje el límite máximo sugerido de S dietético total es de 0,30%¹⁴, las dietas que podrían implicar un riesgo en la región en estudio serían aquellas que incluyan BMH en niveles iguales o superiores al 30%.

No obstante, el mencionado límite máximo de S se ha cuestionado a la hora de aplicarlo a dietas que incluyan BMH, dado que una parte del S presente en este subproducto no es *ruminalmente* disponible para la producción de H_2S , lo que reduciría su efecto perjudicial¹³.

En este sentido, en Estados Unidos se ha reportado que suministrando agua de bebida con bajos niveles de SO_4 , como los promedios observados en el presente estudio, y dietas con al menos el 4% de su fibra detergente neutro (FDN) proveniente de forraje, se podría alcanzar hasta el 0,46% de S total mediante la inclusión de hasta el 47% de BMH en dietas de EC, sin incrementos significativos en la incidencia de PEM¹³.

De este modo, en la mayoría de los establecimientos de EC del sudeste de Córdoba y sudoeste de Santa Fe, es poco probable que los niveles de S dietético sean perjudiciales para la salud y desempeño productivo de los bovinos, aún con niveles de inclusión de hasta el 45% de BMH.

No obstante, considerando la potencial variabilidad temporal del contenido de S en BMH y de SO_4 en el agua de bebida, es necesario prolongar su evaluación, a fin de obtener una caracterización más confiable de dichos parámetros.

REFERENCIAS

1. Amat S, Olkowski AA, Atila M, O'Neill TJ. 2013. A review of polioencephalomalacia in ruminants: is the development of malacic lesions associated with excess sulfur intake independent of thiamine deficiency? *Vet Med Anim Sci* 1: 1-10.
2. Bagues S. 2016. Utilización de granos de destilería húmedos con solutos en dietas de novillos a corral. *Tesis para optar título Ing. Agrón.*, Univ. Nac. Villa María, Argentina, p 1-13.
3. Bitesnik HO. 1968. Descripción hidrogeológica de la región de Marcos Juárez. Inst. Nac. Geol. & Min. (Buenos Aires, Argentina), *Boletín* 115: 17-18.
4. Blarasin M et al. 2014. Aspectos geoquímicos, isotópicos, contaminación y aptitudes de uso. En: Blarasin M.; Cabrera A.; Matteoda E.: *Aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba*, 1ra ed., Univ. Río Cuarto, Córdoba, p. 83-148.
5. Blarasin M et al. 2014. Aspectos litológicos, hidráulicos, cambios de régimen y reservas de los principales acuíferos. En: Blarasin M.; Cabrera A.; Matteoda E.: *Aguas subterráneas de la Provincia Córdoba*, 1ra ed., Univ. Río Cuarto, Córdoba, p. 11-80.
6. Brunetti MA, Frossasco G, Martínez J, Gaggiotti MC. 2015. Caracterización de co-productos de la industria del etanol. *Rev Arg Prod Anim* 1: 259-322.

7. Cseh SB, Ridao M, Yarrar M. 1993. Determinación de sulfatos en agua de bebida. *IX Reunión Anual Asociación Argentina Veterinarios Laboratorios Diagnóstico*, Tandil, Argentina.
8. Drewnoski ME, Pogge DJ, Hansen SL. 2014. High-sulfur in beef cattle diets: a review. *J Anim Sci* 92: 3763-80.
9. Fresina ME. 2001. Comportamiento hidrogeológico-hidroquímico del acuífero pampeano en la cuenca inferior del Río Carcaraña, Provincia de Santa Fe. *Tesis de Doctorado*, Fac. Cs. Exactas y Nat., Univ. Buenos Aires, p. 154-196.
10. Giménez LM. 2011. Calidad físico-química y toxicológica de agua para consumo de bovinos de cría en distintas regiones de Argentina. *Tesis Lic. en Prod. Anim.*, Facult. Cs. Exact. Univ. Nac. Mar del Plata, Balcarce, Argentina, p. 96.
11. Gould DH. 2000. Update on sulfur-related polio-encephalomalacia. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 16: 481-496.
12. Klopfenstein TJ, Erickson GE, Bremer VR. 2008. Board invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J Anim Sci* 86: 1223-1231.
13. Nichols CA et al. 2012. Meta-analysis of the effect of dietary sulfur on feedlot health. Univ. Nebraska-Lincoln, *Beef Report Paper 680*, p. 82-84.
14. NRC. 2005. *Mineral tolerance of animals* (2° ed.), National Academic Press, Washington, p. 372-379.
15. NRC. 2000. *Nutrient requirements of beef cattle* (7° ed.), National Academic Press, Washington, p. 81-82.
16. Postma GC, Minatel L, Carfagnini JC. 2010. Deficiencia de cobre en bovinos en pastoreo de la Argentina. *Rev Arg Prod Anim* 30: 189-198.
17. Richter EL, Drewnoski ME, Hansen SL. 2011. The effect of dietary sulfur on performance, mineral status, rumen hydrogen sulfide, and rumen microbial populations in yearling beef steers. *J Anim Sci* 90: 3945-3953.
18. Rossanigo C, Arano A, Rodríguez VG. 2010. Stock 2010 del ganado bovino. Mapas de existencias e indicadores ganaderos. *INTA-SENASA-RIAN Ganadera*, 16 p.
19. **Sistema de Información y Gestión Agro-Meteorológica (SIGA)**. 2017. *On line*: <http://siga2.inta.gov.ar>.
20. Underwood EJ, Suttle NF. 1999. *The mineral nutrition of livestock*, 3rd ed., CAB International, Wallingford, UK, p. 185-203.
21. Uwituze S et al. 2011. Evaluation of sulfur content of dried distillers grains with solubles in finishing diets based on steam-flaked corn or dry-rolled corn. *J Anim Sci* 89: 2582-2591.