

## Contenido de macrominerales en el agua de bebida de tambos de la provincia de Córdoba (Argentina) y su relación con los requerimientos de bovinos de leche

*Macromineral contents in drinking water of dairy farms from Cordoba Province (Argentina) and their relationship with dairy cattle requirements*

**Pérez Carrera<sup>1</sup>, A., Moscuza, C. y Fernández Cirelli, A.**

Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua.  
Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires.

---

### Resumen

Se determinó la composición mineral del agua de bebida animal en tambos para analizar su contribución al requerimiento mineral diario de los animales. Se recolectaron muestras de agua en 24 establecimientos lecheros ubicados en la zona sudeste de la provincia de Córdoba. Se determinó pH y conductividad (*in situ*),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y sólidos totales disueltos (STD). De acuerdo con la clasificación de calidad de agua de bebida animal por su contenido de STD, en las aguas semisurgentes (80-120 m de profundidad) un 8% resultó *deficiente*, un 50% *muy buena*, un 25% *buena*, un 17% *aceptable* y ninguna de las muestras puede considerarse como *mala* para consumo animal. En la napa freática (3-12 m de profundidad), el 25% de las muestras resultaron *muy buenas*, 19% *buenas*, 19% *aceptables*, mientras que el 37% entran en la categoría de *mala calidad*. Considerando el contenido de macrominerales en las aguas de bebida clasificadas como *muy buenas*, *buenas* y *aceptables*, se calculó el porcentaje de los requerimientos diarios del animal para cada elemento que aportaría el agua. Se observa que un alto porcentaje de los requerimientos de cloruro de sodio y azufre quedan cubiertos por el agua de bebida, fundamentalmente en aquellos establecimientos que utilizan pozos semisurgentes.

**Palabras clave:** macrominerales, agua de bebida, bovinos de leche.

### Summary

Mineral composition of drinking water was analyzed in dairy farms to compare its mineral contribution with the daily requirements of the animals. Water samples were collected in 24 dairy farms located in the southeast of Cordoba province, Argentina. Conductivity, pH,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , and total dissolved solids (TDS) were determined in all samples. The content of TDS is used to determine drinking water quality for dairy cattle. In deep wells waters (80-120 m depth), 8% of samples were *deficient*, 50% *very good*, 25% *good*, 17% *acceptable* and no one was considered *bad* for animal consumption. In

Recibido: marzo de 2005

Aceptado: septiembre de 2005

1. Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Av Chorroarín 280 (C1427CWO), Ciudad de Buenos Aires, Argentina. ceta@fvet.uba.ar

phreatic waters (3-12 m depth), 25% of samples were *very good*, 19% *good*, 19% *acceptable*, but 37% was classified as *bad* for dairy cattle. Mineral water contribution to daily requirements of dairy cattle were calculated for *very good*, *good* and *acceptable* drinking waters. A high percentage of NaCl and S requirements were satisfied by drinking water, specially in those dairy farms that use deep wells.

**Key words:** macrominerals, water, dairy cattle.

---

### Introducción

La calidad del agua de bebida es un factor fundamental para la salud de los animales y el nivel productivo alcanzado en los sistemas ganaderos. El bovino es una especie capaz de adaptarse al consumo de diferentes tipos de agua, sin embargo, las alteraciones en la calidad producidas por una excesiva concentración de sales o elementos químicos, producen disminución en la producción e impacto en la salud del ganado, con las consecuentes pérdidas económicas para el productor.

Los criterios que habitualmente se tienen en cuenta para la determinación de la calidad del agua de bebida son sus características físicoquímicas y organolépticas, la presencia de compuestos tóxicos, el exceso de minerales y la presencia de bacterias patógenas (National Research Council, 2001). La composición mineral del agua influye no sólo sobre la ingesta de agua sino también de alimento, condicionando de esta manera los niveles productivos alcanzados.

La producción lechera es, entre las actividades ganaderas, una de las que demanda mayor cantidad de agua, no sólo para bebida animal, sino también para la higiene del tambo, de la máquina de ordeño y para el enfriado de la leche. Los animales en ordeño requieren una elevada disponibilidad de agua de bebida de buena calidad, con relación al peso corporal, (el consumo puede superar los 150 L/día) debido a que el agua representa un 87% de la composición final de la leche producida. La vaca lechera de alta producción es la más sensible a los cambios en la salinidad del agua, tolerando un 30-40% menos que las vacas de cría

(Bavera et al., 2001).

Los desbalances minerales son considerados responsables de disminuciones en la producción y de alteraciones reproductivas en los bovinos en pastoreo (McDowell et al., 1997). Los requerimientos minerales, generalmente se cubren considerando sólo el aporte de la ración y, en la mayoría de los casos, el aporte del agua de bebida no es considerado con la relevancia necesaria a la hora de planificar un sistema de producción lechera.

El desarrollo de la ganadería está íntimamente ligado a la disponibilidad y calidad del agua utilizada para abastecimiento de los animales. Extensas regiones de nuestro país poseen condiciones edafoclimáticas para el desarrollo de actividades agroganaderas, pero sufren limitaciones debido a la calidad de agua disponible. El principal problema es el exceso de sales y la presencia de elementos tóxicos de origen antrópico, como los nitratos y de origen natural, como el arsénico y flúor.

En trabajos previos realizados en establecimientos de producción lechera del Departamento de Unión (Córdoba) se determinaron los niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal (Pérez Carrera y Fernández Cirelli, 2004). La zona de estudio forma parte de la cuenca de Villa María, provincia de Córdoba, que junto con la cuenca del Centro de la provincia de Santa Fe, conforman la región lechera más importante del país.

En vista de la importancia de la cantidad y calidad de sales minerales presentes en el agua de bebida animal, tanto desde el punto de vista sanitario como productivo,

en este trabajo se analiza el contenido de macrominerales en el agua de bebida de tambos ubicados en el sudeste de la provincia de Córdoba y su relación con los requerimientos de bovinos de leche. Estos estudios contribuirán a un mejor manejo nutricional en estos sistemas productivos.

### Materiales y Métodos

El área comprendida por este estudio está situada entre los 62° 33' y los 62° 57' de longitud oeste y entre los 32° 12' y los 32° 50' de latitud sur, correspondiendo con la región agroganadera de las localidades de Bell Ville, Morrison, Monte Leña, Cintra y San Antonio de Litín, Departamento de Unión, provincia de Córdoba (Figura 1).

Durante el mes de marzo de 2004 se recolectaron muestras de agua en 24 establecimientos lecheros pequeños (10-50 animales en ordeño) y medianos (100 – 200 animales en ordeño). Para la determinación de sólidos totales disueltos e iones mayoritarios, se recolectaron 500 mL de agua en envases plásticos previamente acondicionados, refrigerando las muestras

a 4 °C hasta la llegada al laboratorio (Brown et al., 1970 y Rodier, 1981). En todos los casos, se midió *in situ*, la temperatura y el pH, con un pHmetro Hanna, modelo HI 9025 y la conductividad específica con un conductímetro Hanna, modelo HI 9033 W. Una vez en el laboratorio, las muestras se filtraron a través de una membrana de acetato de celulosa Micro Separations Inc. (MSI) de tamaño de poro de 0,45 micrones.

La cuantificación de Ca, Mg, Na y K se llevó a cabo mediante la técnica de ICP-OES (inductively coupled plasma – optical emission spectroscopy) utilizando un equipo PERKIN ELMER Optima 2000 DV.

Se cuantificaron además los siguientes aniones: cloruro, nitrato, sulfato y bicarbonato, utilizando técnicas de referencia mencionadas en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Para caracterizar la calidad del agua de bebida se ha tenido en cuenta la clasificación propuesta por Bavera et al. (2001) que considera principalmente el contenido de sales totales disueltas e iones mayoritarios (Cuadro 1).



**Figura 1:** Ubicación de la provincia de Córdoba, Departamento de Unión y zona de estudio (Bell Ville, Morrison, Cintra y San Antonio de Litín).

**Figure 1:** Location of Córdoba Province, Unión Department, and the study area (Bell Ville, Morrison, Cintra and San Antonio de Litín).

**Cuadro 1:** Clasificación del agua de bebida para bovinos de tambo según el contenido de sólidos totales disueltos e iones mayoritarios (g/L). Adaptado de Bavera et al, 2001.

**Table 1:** Drinking water for dairy cattle classification according to the total dissolved solids and major ions content (g/L). Adapted from Bavera et al, 2001.

TAMBO	Sólidos Totales Disueltos	NaCl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Deficiente	menor 1	-	-	-
Muy buena	mayor 1	1	1	0,2
Buena	hasta 2	2	1	0,25
Aceptable	hasta 4	4	1,5	0,3
Mala usable	hasta 7	7	2,5	0,4
Mala no usable	hasta 11	11	4	0,5

La escala de la clasificación utilizada define como *deficiente* al agua cuya cantidad de sales disueltas no cubre los requerimientos mínimos de mantenimiento del animal; como *muy buena*, al agua que contiene sales en concentración adecuada para satisfacer los requerimientos de mantenimiento y de producción animal; como *buena*, al agua cuyo contenido salino supera los requerimientos sin afectar la salud animal ya que el excedente es eliminado; y como *mala*, al agua cuya concentración de sales puede producir mermas en la producción o alterar la salud del animal.

En base a los resultados obtenidos, se calculó el aporte mineral del agua de bebida a la dieta y el porcentaje que representa considerando los requerimientos diarios de vacas lecheras (Holando Argentino) en producción (18-24 L/día) de 450 kg de peso promedio, según Bavera et al. (2001).

## Resultados y Discusión

La fuente principal de agua de la zona de estudio es subterránea y proviene de perforaciones que extraen el agua de la capa freática (3 - 15 m de profundidad) o de perforaciones denominadas semisurgentes (80 - 150 m de profundidad). Un 62% de los establecimientos relevados utiliza agua de

la capa freática, un 28% posee pozos semisurgentes, mientras que el 10% restante utiliza ambos tipos de perforaciones para abastecer a los animales.

Los resultados de los parámetros físico-químicos y los iones mayoritarios analizados en las muestras de agua subterránea (capa freática y pozos semisurgentes), se muestran en el Cuadro 2.

Las muestras de agua subterránea, resultaron levemente alcalinas (pH 8,1 y 7,8 para la capa freática y los pozos semisurgentes, respectivamente). Un 84% de las muestras de agua de la capa freática y un 61% de las de pozos semisurgentes superaron el rango óptimo de pH para agua de bebida de bovinos (6,1-7,5) según Bavera et al., (2001).

En relación a los iones mayoritarios, en aguas subterráneas (capa freática y semisurgente), las concentraciones de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, se encuentran dentro de los límites recomendados para agua de bebida animal (Ca<sup>2+</sup> < 500 mg/L y Mg<sup>2+</sup>: 250 mg/L, Adams, 1986; Grant, 1996). El K<sup>+</sup> es un elemento que generalmente se encuentra en pequeñas cantidades y se lo agrupa con el Na<sup>+</sup> en los análisis (Bavera et al., 2001). En la capa freática, un 21% de las muestras supera el límite máximo recomendado para Na<sup>+</sup> (1500 mg/L; Grant, 1996 y Jones, 2000).

**Cuadro 2:** Parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica: mS/cm) y macrominerales (mg/L) en agua de bebida de establecimientos lecheros.

**Table 2:** Physico-chemical parameters (conductivity: mS/cm) and macrominerals (mg/L) in drinking water from dairy farms.

		Napa Freática (n=16)									
Calidad H <sub>2</sub> O	Medida	pH	Cond.	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	STD
Muy buena	mín	8	1,3	22	4,8	516,2	2,4	1,6	406,3	12,8	1251
	máx	8,8	1,9	117,4	144	744,5	20,2	10,5	544,2	20,1	1487
	media	8,5	1,5	71,3	86,4	631,7	7,8	4,3	479,7	14,9	1370
	Desv est	0,3	0,2	52,7	63,8	98,5	8,4	4,2	64,3	3,5	97
Buena	mín	8,4	1,9	45,3	105,6	741,9	2,0	1,7	571,3	13,0	1621
	máx	8,9	2,3	68,5	144,0	1053,2	11,7	7,2	718,8	20,3	2073
	media	8,6	2,1	57,5	118,4	867,3	5,8	4,2	621,5	15,8	1785
	Desv est	0,3	0,2	11,6	22,2	164,3	5,2	2,8	84,3	4,0	250
Aceptable	mín	8,2	2,3	78,3	120,0	791,2	5,2	4,7	914,9	16,8	2591
	máx	8,3	3,1	364,5	480,0	1595,3	15,7	9,6	1042,3	23,9	3027
	media	8,3	2,7	199,8	273,6	1232,2	9,4	7,3	988,1	20,6	2784
	Desv est	0,1	0,4	147,9	185,7	407,7	5,6	2,5	65,8	3,6	222
Mala	mín	7,3	5,0	733,8	1104	581,1	70,7	36,6	1564	34,3	4280
	máx	8,4	11,8	2446,1	2544	703,0	104,8	115,3	4231	76,1	10124
	media	7,7	8,5	1785,6	1800	638,8	89	70,8	3086,4	58,4	7571
	Desv est	0,5	2,8	737,1	588,5	57,0	14,2	34,7	1111,6	19,4	2426
		Semisurgente (n=12)									
Muy buena	mín	7,6	1,4	186	163,2	140,1	9,2	11,9	382,8	13,7	1023
	máx	9,0	1,7	256,8	220,8	254,2	27,2	14,9	449	14,3	1207
	media	8,2	1,5	221,7	201,6	216,6	22,4	13,3	418,6	14,1	1117
	Desv est	0,6	0,2	32,8	27,2	52,4	8,8	1,2	28,8	0,3	88
Buena	mín	7,4	2	391,4	288	204,9	41,5	23,5	530,9	17,7	1565
	máx	7,4	2,7	452,5	384	225,7	77,5	27,2	618,9	20,5	1686
	media	7,4	2,4	415,8	328	216,2	58,3	25,9	562,7	18,6	1627
	Desv est	0	0,4	32,3	50	10,5	18,1	2,1	48,8	1,6	61
Aceptable	mín	7,6	2,7	440,3	264	238,7	47	28,4	731,2	24	2175
	máx	7,7	3,3	555,3	552	547,3	82,2	52,1	760	31,4	2206
	media	7,6	3	497,8	408	393	64,6	40,3	745,7	27,6	2191
	Desv est	0	0,5	81,3	203,6	218,2	24,9	16,8	20,4	5,4	22
Deficiente		8,2	0,8	61,2	96,0	236,1	14,9	7,0	211,3	10,7	641

Las concentraciones de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> se encontraron dentro de los límites considerados seguros para bebida animal (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: < 3000 mg/L, Bavera et al., 2001). Un 11% de las muestras provenientes de la capa freática superaron el límite máximo recomendado para Cl<sup>-</sup> (< 2000 mg/L; Grant, 1996; Bagley et al., 1997 y Jones, 2000).

En el agua, los sulfatos se encuentran generalmente formando sales solubles de Na<sup>+</sup> y de Mg<sup>2+</sup>.

Los niveles de sulfatos superiores a los 500 mg/L pueden producir interferencia en la absorción de otros elementos como el cobre, calcio, magnesio (Sager, 2000). Un 21% de las muestras provenientes de la capa freática presentaron concentraciones de sulfatos superiores al nivel mencionado, mientras que las muestras provenientes de pozos semisurgentes estuvieron por debajo de este valor en todos los casos.

Teniendo en cuenta la clasificación de calidad de agua de bebida animal según el contenido de sales totales disueltas, puede observarse que en las aguas semisurgentes sólo una muestra resultó *deficiente* (< 1 g/L), un 50% *muy buena* (1 a 1,5 g/L), un 25% *buenas* (1,5 a 2 g/L), un 17% *aceptable* (2 a 4 g/L) y ninguna de las muestras puede considerarse como *mala* (> 4 g/L) para el consumo de los animales. En el agua proveniente de la capa freática, ninguna muestra resultó *deficiente*; un 25% de las muestras resultaron *muy buenas*, 19% *buenas*, 19% *aceptables*, mientras que el 37% entran en la categoría de *mala* calidad.

El agua no es considerada habitualmente como fuente de minerales, aunque en el caso de los bovinos puede aportar hasta un 20% del Ca, 11% del Mg, 35% del Na y 28% del S requeridos en la dieta (National Academy of Sciences, 1974). En muchos casos el aporte de minerales del agua adquiere importancia productiva en la dieta y debería considerarse a la hora de formular las raciones.

Considerando el contenido de macrominerales en las aguas de bebida categorizadas como *muy buenas*, *buenas* y *acepta-*

*bles*, se calculó el porcentaje de los requerimientos diarios del animal para cada elemento que aportaría el agua de bebida (Cuadro 3).

A pesar de la alta variabilidad en el contenido de sales que presentan las muestras, se observa que un alto porcentaje de los requerimientos de cloruro de sodio y azufre quedan cubiertos por el agua de bebida, fundamentalmente en aquellos establecimientos que utilizan pozos semisurgentes. En general, éstos aportan una mayor proporción de minerales que los pozos de la napa freática. En las aguas de mayor calidad, el aporte de sulfato de sodio podría mejorar la digestión de la celulosa (Sager, 2000) y favorecer el consumo de alimento, con aumento de la ganancia de peso, por contribuir a la formación de proteínas azufradas (Bavera et al., 2001).

La totalidad de las muestras categorizadas como de *mala* calidad provienen de la napa freática, de la que se abastecen el 62% de los tambos relevados. En ellas la concentración de cloruro de sodio y sulfatos supera ampliamente los requerimientos de los animales y podría causar alteraciones a su salud con impacto negativo en la produc-

**Cuadro 3:** Aporte mineral (%) del agua de bebida proveniente de napa freática (F) o de pozos semisurgentes (S) respecto a los requerimientos diarios (Req., g/día) de distintas categorías de bovinos de tambo adaptado de Bavera et al, 2001.

**Table 3:** Mineral drinking water contribution (%) from phreatic waters (F) and deep wells (S) according to dairy cattle requirements (Req., g/day) adapted from Bavera et al, 2001.

Bovino	Ingesta de agua	NaCl		Calcio		Magnesio		Azufre		Potasio						
		Aporte		Aporte		Aporte		Aporte		Aporte						
		Req	F S	Req	F S	Req	F S	Req	F S	Req	F S					
Vaca en ordeño	90 L/día	66	24	69	76	1	5	14	3	13	20	23	39	99	2	2
Vaq 320 kg	60 L/día	21	50	144	15	3	16	9	4	14	10	30	52	70	1	2
Vaca seca	60 L/día	21	50	144	12	4	19	9	4	14	6	51	87	45	2	2

ción de leche y en las características organolépticas de los subproductos. Este hecho es preocupante ya que la mayor parte de los establecimientos relevados se abastece exclusivamente de esta napa, que de acuerdo a estudios previos es también la que posee mayores porcentajes de arsénico (Pérez Carrera y Fernández Cirelli, 2004).

### Conclusiones

La calidad del agua de bebida de los establecimientos que utilizan agua de la napa freática es inferior a la de aquellos que extraen agua a mayor profundidad. En la clasificación realizada, las muestras de agua de *mala calidad* provienen únicamente de la capa freática. En el caso de las muestras consideradas como *muy buenas*, *buenas* y *aceptables*, según su contenido de STD, el aporte de minerales del agua adquiere importancia productiva y debería considerarse a la hora de formular las raciones. Un alto porcentaje de los requerimientos de NaCl y S quedan cubiertos por el agua de bebida.

En la zona central de Argentina las pasturas son deficientes en Na y el agua de bebida es la principal fuente de obtención de este mineral. Estos resultados reafirman la importancia de analizar la calidad y cantidad de sales minerales presentes en el agua de bebida animal vinculando los resultados a los requerimientos de los animales para un mejor manejo nutricional en los sistemas de producción lechera, con beneficios tanto sanitarios como económicos.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Buenos Aires y al CONICET por el financiamiento recibido y a los médicos veterinarios O. Bentatti y M. Bondone, así como a los productores ganaderos del Depto. de Unión, provincia de Córdoba por

su colaboración en los muestreos realizados.

### Bibliografía

- Adams, R. 1986. Water quality for dairy cattle. Pennsylvania State University. Disponible en: [www.psu.edu](http://www.psu.edu)
- American Public Health Association, APHA. 1998. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> Ed., 874 pp.
- Bagley, C., Kotuby-amacher, J. y Farrell-Poe, K. 1997. Analysis of water quality for livestock. Utah State University Extension. Disponible en: <http://extension.usu.edu/files/agpubs/beef28.pdf>
- Bavera, G., Rodríguez, E., Beguet, H., Bocco, O. y Sánchez, J. 2001. Manual de aguas y aguas para el ganado. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- Brown, E., Skougstad, M. y Fishman, M. 1970. Methods for collection and analysis of water samples for dissolved mineral and gases. US. Geological Survey, Techniques of Water Resources Investigations, 5 (A1), 160 pp.
- Grant, R. 1996. Water quality and requirements for dairy cattle. University of Nebraska. Disponible en: <http://ianrpubs.unl.edu/dairy>
- Jones, G. 2000. Abundant good quality water and milk production. The Virginia Dairyman, 64:7, 16-18.
- McDowell, L., Velásquez-Pereira, J. y Valle, G. 1997. Minerales para ruminantes en pastoreo en regiones tropicales. Universidad de Florida. Tercera Edición, 8-48.
- National Academy of Sciences (NAS). 1974. More water for arid lands. NAS, Washington DC, 73-80.
- National Research Council. 2001. Cap. Water requirements. In: Nutrients requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington DC., 178-183 pp.
- Pérez Carrera, A. y Fernández Cirelli, A. 2004. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Provincia de Córdoba, Argentina) Investigación Veterinaria (INVET), 6(1):51-59.
- Rodier, J. 1981. Análisis de aguas. Ediciones Omega. Barcelona. 1059 pp.
- Sager, R. 2000. Agua para bebida de bovinos. Reedicción de la Serie Técnica N° 126. INTA, EEA, San Luis.