

# Estudio preliminar de la calidad del recurso hídrico destinado a bebida animal en la región oeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina

*Cristina V. Alvarez Gonçalves, Alicia Fernández Cirelli y Alejo Pérez Carrera*

Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (UBA) e Instituto de Investigaciones en Producción Animal (UBA-CONICET) – FVET – Universidad de Buenos Aires.

E-mail: [afcirelli@fvet.uba.ar](mailto:afcirelli@fvet.uba.ar)

**RESUMEN:** El arsénico, el flúor y el vanadio, se encuentran naturalmente presentes en las aguas subterráneas de la región oeste de la provincia de Buenos Aires por tener un origen geogénico común. Estos elementos no son degradados en el medio ambiente y se acumulan en el agua, suelo y organismos vivos. Desde allí, a través del consumo de agua de bebida y forraje, pueden llegar a los animales de producción y de estos al hombre. El objetivo de este estudio es relevar la calidad del recurso hídrico usado como agua de bebida animal en la provincia de Buenos Aires. Para ello se tomaron muestras de agua subterránea de distintos establecimientos productivos. Se determinaron los principales parámetros fisicoquímicos, se cuantificó la concentración de elementos mayoritarios y algunos elementos traza: arsénico (As), vanadio (V), flúor (F) y boro (B) y se realizó un ensayo de toxicidad aguda en bulbos de cebolla para determinar, a través de este bioensayo, la toxicidad de las muestras. La concentración de As en las muestras estaba entre 7 y 23  $\mu\text{g/L}$ , de F entre 0,23 y 2,14, de B entre 0,07 a 0,97  $\text{mg/L}$  y de V desde no detectable a 0,38 $\text{mg/L}$ . En las aguas analizadas solo algunas muestras superaban los niveles recomendados de V y F para agua de bebida animal, encontrándose el As y el B en todas las muestras, dentro de los límites recomendados. El bioensayo toxicológico, mostró que el 62,5% de las muestras producían tanto inhibición del crecimiento radicular como del índice mitótico. El presente trabajo sugiere la necesidad de estudiar la calidad del recurso hídrico usado en las actividades agropecuarias, en especial en atención a elementos poco estudiados como el V, que pueden encontrarse en altas concentraciones en las aguas.

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes para la producción animal. No solo es importante la cantidad necesaria para abastecer a los animales sino también su calidad a fin de evitar problemas sanitarios o toxicológicos. Conocer la aptitud del agua disponible para su uso como agua de bebida animal es una herramienta fundamental para los productores agropecuarios, que les permite evaluar las consecuencias en el desarrollo productivo y diseñar las estrategias que le permitan obtener altos rendimientos y garantizar tanto la salud animal así como la inocuidad de los alimentos. Entre las características que deben analizarse a la hora de evaluar la calidad de agua para consumo animal deben tenerse en cuenta: contenido de distintas sales que se consideran aceptables para el consumo, la presencia de elementos traza inorgánicos y su calidad microbiológica. En nuestro país, el decreto 831/93 que reglamenta la Ley de Residuos Peligrosos (Ley 24.051), recomienda las concentraciones máximas de algunas sustancias que podrían estar presentes en el agua para que la misma se destine a su uso en ganadería como agua de bebida.

Como ya se mencionó, uno de los parámetros importantes a evaluar, en cuanto a la calidad de este recurso, es el contenido de sales. Un alto contenido salino podría inducir en el animal un desbalance mineral provocando distintas alteraciones fisiológicas entre las que podemos mencionar la pérdida de apetito, diarreas, disminución en el peso corporal y producción de leche, hasta alteraciones a nivel del sistema nervioso. Otro de los factores a considerar es el pH de las mismas. Poco se sabe acerca del efecto del pH del agua ingerida sobre la producción animal, sin embargo se considera que se debe proveer a los animales con agua en un rango de 6,1 a 7,5 (Bavera *et al.*, 2001), aunque algunas guías proponen que el rango de pH tolerable por los animales puede extenderse de 5 a 9 (Higgins, 2008). Un elemento que reviste particular importancia es el flúor (F). Si bien es necesario en cantidades limitadas, su exceso provoca fragilidad de huesos y dientes, lo que afecta el consumo de alimento por parte del animal y por lo tanto es causante de disminución en el peso corporal y la producción de leche. Otros elementos traza, cuya presencia debe considerarse, son el arsénico (As), y el vanadio (V); que se encuentran naturalmente presentes en las aguas subterráneas de la región oeste de la provincia de Buenos Aires. El arsénico es reconocido como un elemento cancerígeno (Smith *et al.*, 2002). Millones de personas han sido afectadas por el HACRE (Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico) por consumir agua subterránea con altas concentraciones de arsénico. El vanadio es un elemento típicamente asociado a la contaminación con hidrocarburos. Sin embargo, en nuestro país las altas concentraciones de este elemento en las aguas subterráneas, están dadas principalmente por el origen geológico de las rocas de los acuíferos. El vanadio, si bien es considerado como un elemento traza esencial para los organismos vivos, se ha visto que presenta efectos adversos en dosis excesivas o crónicas (Gummow *et al.*, 1994; Mukherjee *et al.*, 2004). Estos elementos no son degradados en el medio ambiente y se acumulan en el agua, suelo y organismos vivos. Desde allí, a través del consumo de agua de bebida y forraje, pueden llegar a los animales de producción y de estos al hombre.

Un aspecto poco estudiado referido a la calidad de agua es el toxicológico. En ocasiones, las pruebas físicas y químicas no resultan suficientes para la valoración de los efectos potenciales sobre los organismos. La utilización de bioensayos permite evaluar la acción combinada de todas las sustancias nocivas presentes en el agua, y también de aquellas que, si bien no son tóxicas, afectan las propiedades químicas o físicas del sistema, de modo tal que alteran las condiciones de vida de los organismos. Instituciones de diversos países, como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la Organización para la Cooperación para Alimentos y Drogas (FDC) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCE) proponen el uso de bioensayos, como el test de toxicidad aguda en bulbos de cebolla, para la detección, evaluación y control de sustancias tóxicas en agua.

En cuanto al test de toxicidad aguda en bulbos de cebolla (*Allium cepa*), ha sido ampliamente demostrada su utilidad para evaluar la toxicidad y genotoxicidad de aguas, efluentes y diferentes soluciones acuosas (Leme *et al.*, 2009; Andrioli *et al.*, 2006; Fiskesjö, 1993; Fiskesjö, 1985). En particular, el parámetro más frecuentemente evaluado es la inhibición de la elongación de las raíces de bulbos, ya que la presencia de sustancias tóxicas en el agua de rehidratación de los mismos puede producir inhibición de los meristemas

radiculares; retardando el proceso de mitosis o matando las células, evidenciándose esto último, en el crecimiento anormal o no crecimiento de las raíces (Fiskesjö, 1985).

En este contexto, el principal objetivo de este estudio es relevar la calidad del recurso hídrico usado como agua de bebida animal en una región ganadera del Oeste de la provincia de Buenos Aires, tanto desde el punto de vista fisicoquímico como toxicológico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de agua subterránea (n=20) de distintos establecimientos ganaderos ubicados al oeste de la provincia de Buenos Aires. El análisis fisicoquímico se realizó según técnicas empleadas habitualmente y descritas en APHA, 1998, Rodier 1991 y el US Geological Survey. La determinación de calcio (Ca), Magnesio (Mg) y cloruros se realizó por la metodología de titulación. Sodio (Na) y potasio (K) fueron determinados usando un espectrofotómetro de absorción atómica. Los sulfatos fueron determinados por la técnica de volumetría de precipitación por retorno. Se cuantificó también la concentración de elementos traza tales como arsénico (As), vanadio (V), flúor (F) y boro (B) mediante técnica de Espectrofotometría de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento (*ICP-OES Inductively coupled plasma – optic emission spectroscopy*).

Además se realizó un ensayo de toxicidad aguda en bulbos de cebolla para determinar la toxicidad de las muestras. Para este test se usaron individuos de *Allium cepa L.* (cebolla). Se descartaron aquellos que presentaron tamaños muy grandes, o muy chicos, o que evidenciaron señales de presencia de hongos, daños o necrosis foliar. Las cebollas utilizadas en la experiencia presentaban un diámetro uniforme de  $4,18 \pm 0,11$  cm. Se les quitaron las catáfilas marrones, y se limpió cuidadosamente el primordio foliar de raíces viejas. Todos los bulbos se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio 10% durante 2 min. Luego fueron enjuagados con agua corriente por 10 minutos y posteriormente se les realizó tres enjuagues con agua destilada y tres enjuagues con agua MilliQ. Se ensayaron 5 réplicas por muestra de agua. Como control negativo se usó agua destilada. También se realizó un control positivo (con dicromato de potasio 2%). Se colocaron los bulbos en vasos de precipitado de 100ml de modo tal que la zona radicular quedase en contacto con las distintas muestras de agua. Cada uno de los bulbos fue colocado en un recipiente independiente y ubicados en una bandeja de manera aleatoria. Los primordios se expusieron durante 72 hs., en condiciones controladas. Se midieron las raíces de cada bulbo para cada una de las concentraciones y se obtuvo el promedio de longitudes. Se realizaron 5 preparados por bulbo por la técnica de squash, utilizandoorceína como colorante para tinción del material genético. Se cuantificó el número de células en división y se los clasificó según el estadio del ciclo celular. A partir de allí se calculó el índice mitótico y el índice de fases. Los datos fueron analizados estadísticamente.

## RESULTADOS

Los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos analizados (conductividad, pH, sólidos disueltos, dureza), la concentración de elementos mayoritarios (calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cloruros (Cl<sup>-</sup>)) y de los elementos traza analizados (arsénico (As), vanadio (V), flúor (F) y boro (B)) se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.-** Valores máximos, mínimos y medios encontrados en las muestras de agua usadas para bebida animal. ND = por debajo del límite de detección. <sup>1</sup> El límite de detección para el vanadio con la técnica utilizada es de 8 µg/L

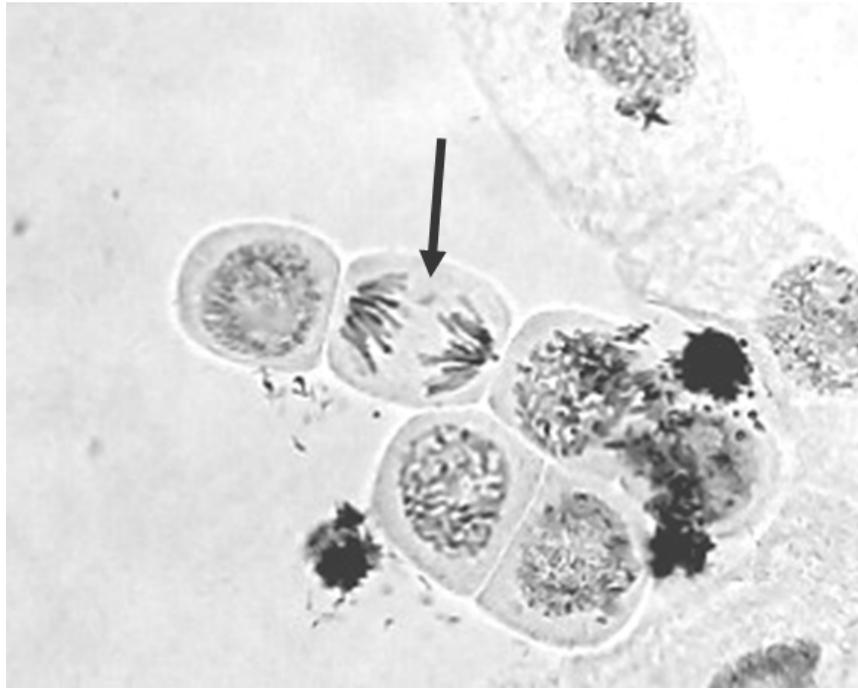
Parametro	Unidades	Nivel Máximo	Nivel Mínimo	Media	Desvío estandar	Limite Ley 24.051
Conduct.	µS	2223	362	1053	648	
pH		8,60	7,07	7,80	0,54	
Sól. Dis.	mg/L	3540	832	1533	9,54	
Dureza	mg/L	520	97	251	159	
Calcio	mg/L	132	23	74	42	
Magnesio	mg/L	388	70	177	127	
Potasio	µg/L	663	253	382	138	
Sodio	mg/L	33708	4809	11996	10343	
Cloruros	mg/L	548	19	160	195	
Flúor	mg/L	2,14	0,23	0,98	0,7	1
Boro	µg/L	976	7	535	325	5000
Vanadio <sup>1</sup>	µg/L	381	ND	154	117	100
Arsénico	µg/L	23	7	25	7	500
Sulfato	mg/L	441	9	113	146	

Algunas de las muestras de agua resultaron levemente alcalinas. Todas las muestras se encontraban en el rango de pH 7,07 a 8,60. El 75% de las muestras superaron el rango óptimo de pH para agua de bebida de bovinos (6,1-7,5) propuesto por Bavera (2001), y solo el 25% superaron los valores de pH óptimo para cerdos (6,5-8,5) (Brooks, 1989; Muirhead y Alexander, 1997).

El promedio de sólidos disueltos fue de 1533 mg/L. Ninguna muestra superó el valor considerado como aceptable en agua de bebida para bovinos de tambo (4000 mg/L), bovinos de invernada (2000 a 4000 mg/L) o cerdos (5000 mg/L). Las concentraciones de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, en todas las muestras, se encuentran dentro de los límites aceptables para agua de bebida animal (Ca<sup>2+</sup>: < 500 mg/L y Mg<sup>2+</sup>: 250 mg/L) según lo propuesto por Grant (1996). En cuanto al Na<sup>+</sup> todas las muestras superaron el valor recomendado (Na<sup>+</sup>: < 1500 mg/L). 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.

Los niveles sulfatos son otra característica importante a evaluar, ya que tienen un efecto sobre la concentración sérica de calcio y fósforo, lo que puede afectar la fertilidad, además de poseer además un efecto laxante lo que altera el aprovechamiento de nutrientes afectando a la producción. La totalidad de las muestras analizadas presentaron concentraciones de sulfatos por debajo del límite máximo sugerido para agua de bebida de animales adultos ( $\text{SO}_4^{2-}$ : <1000mg/L) según el NRC (2001).

En cuanto a los elementos traza analizados, en todas las muestras los valores de As y B, se encontraron por debajo de los límites máximos establecidos por la Ley 24.051. La concentración de As determinada en las muestras no mostró diferencias significativas con valores informados por otros autores, en estudios realizados en la zona. Se observó la concentración de V fue más elevada que la de As, tal como había sido observado previamente por Trelles (1963) en la zona. En el caso del V, el 65% de las muestras presentaron niveles por encima de los límites aceptables para agua de bebida animal (V: < 0,1 mg/L - Ley 24.051). Respecto del F<sup>-</sup> el 25% de las muestras superaron los valores recomendados para agua de bebida animal (F: < 1 mg/L - Ley 24.051). Los valores de vanadio y flúor encontrados en algunas muestras, pueden acarrear problemas sanitarios en animales jóvenes, que son menos tolerantes que los adultos, pudiéndose presentárseles lesiones en la dentadura a edades tempranas.



**Figura 1.-** Fragmento cromosómico en célula meristemática de cebolla (flecha negra). La observación de estos fragmentos en un número significativo de células expuestas a las muestras de agua, evidencian el efecto clastogénico de las mismas. Microscopio óptico Arcano - 400X -Tinción: orceína- técnica de squash (escala de grises).

Para evaluar el aspecto toxicológico del agua, después de 72hs de exposición de los bulbos a las muestras y al control negativo, se midió la longitud de las raíces, y se realizaron los recuentos de células meristemática en división. El índice mitótico de las células meristemáticas de las raíces en crecimiento en el control negativo se encontró entre 6.7 y 7.4%, dichos valores no difirieron de los valores que deben obtenerse en el control negativo. Respecto de los bulbos expuestos a las muestras de agua se observó que el 65% de las muestras producían tanto una inhibición significativa ( $p > 0,05$ ) del crecimiento radicular como una disminución del índice mitótico de las células meristemáticas respecto del control negativo.

En algunas muestras se evidenciaron efectos clastogénicos sobre las células de *A. cepa* (Figura 1). Se observaron numerosas células presentando fragmentos cromosómicos. También se observaron numerosas células con anafases desorganizadas. Todas estas aberraciones se encontraron en las raíces expuestas a las muestras que también producían la inhibición del crecimiento o los efectos citostáticos.

## DISCUSIÓN

En este trabajo, se analizaron los principales parámetros fisicoquímicos que afectan la calidad de agua para consumo animal: el contenido de sólidos, la salinidad, la presencia de iones como cloruros, calcio, magnesio o sulfato y la presencia de elementos traza de efecto perjudicial sobre la salud del ganado. Analizando los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa que la calidad de agua para bebida animal encontrada en las muestras analizadas, es altamente variable, pero puede clasificarse entre buena y regular, según la clasificación propuestas por Bonel & Ayub (1985).

También se evaluó en este trabajo la toxicidad de las muestras a través del test de *Allium cepa*. Este es uno de los pocos test que permite medir de modo directo el daño en sistemas expuestos a potenciales mutágenos; además ha sido validado ampliamente y los resultados obtenidos proveen información para la evaluación del riesgo para la salud humana. Dentro de los parámetros evaluados en este test, el índice mitótico, es usado como indicador de la proliferación celular. Los resultados obtenidos indican que más de la mitad de las muestras de agua analizadas poseían una composición que producía efectos citostáticos en las células meristemáticas radicales. La aparición de fragmentos cromosómicos indican la presencia de sustancias clastógenas en el medio. En este contexto, la utilización como agua de bebida animal de las muestras que presentaron la capacidad de provocar efectos genotóxicos, no sería, en principio, recomendable.

El presente estudio muestra que los bioensayos de toxicidad nos brindan información complementaria. Si bien el análisis fisicoquímico de las muestras las clasificaba de regulares a buenas, el ensayo toxicológico nos muestra que muchas de ellas no son recomendables para su uso como agua de bebida. En este contexto, incluir ensayos de toxicidad como parte de la evaluación rutinaria de los recursos hídricos es de vital importancia.

En nuestro país, es necesario que se realicen estudios tendientes a conocer y monitorear los parámetros de calidad del agua utilizada para bebida animal, no solo para conocer el estado actual de nuestros recursos hídricos, sino que sirvan también para definir y mejorar los rangos de dichos parámetros en función de la modalidad de producción y la especie en cuestión, asegurando tanto la inocuidad alimentaria de los productos derivados, como la mejora en la rendimiento de la producción.

Además, es necesario acrecentar el estudio del impacto de la presencia de elementos traza tales como vanadio, sobre la salud, la producción animal y la calidad de los productos derivados garantizando su aptitud para el consumo humano.

*Agradecimientos.* Los autores agradecen a la Universidad de Buenos Aires y al CONICET por el financiamiento recibido.

## REFERENCIAS

- Andrioli, N.B., Wulff, A.F., Mudry, M.D. (2006) *Allium cepa* como biomonitor de toxicidad y genotoxicidad de metronidazol. *Theoria*. 15(2):9-16
- Bavera, G.; Rodriguez, E.; Beguet, H.; Bocco, O. Y Sanchez, J. Aguas Y Aguadas. *Ed Hemisferio Sur*, Buenos Aires, 1979.
- Bonel, J, Ayub G 1985. Método para determinar la calidad de agua para bebida de bovinos y recomendaciones para el ganadero. *Rev. Arg. De Producción Animal*, 4 (3):45-48.
- Brooks, P., Carpenter, J., Barber J. and Gill B. Production and welfare problems relating the supply or water to grower finishing pigs. *The Pig Journal CD* 1976-1989. 1989.
- Fiskesjö G (1985) The *Allium* test as Standard in Enviromental Monitoring. *Hereditas*. 102:99-112.
- Fiskesjö G (1993) *Allium* test for Screening Chemicals: Evaluation of Cytological Parameters. En: *Wan Cheng W, Gorsuch JW y Hughes JS (Eds). Plants for Enviromental Studies*. CRC Press, Florida, pp. 308-329.
- Grant, R. 1996. Water quality and requirements for dairy cattle. University of Nebraska
- Gummow, B.; Bastianello, SS.; Botha, CJ.; Smith, HJC.; Basson, AJ.; Wells, B. 1994 Vanadium air pollution: a case of malabsortion and immunosuppression in cattle. *Onderstepoort J Vet.*; 61: 303-316
- Higgins, S.F., Agouridis, C.T., Gumbert, A.A. 2008. Drinking Water Quality Guidelines for Cattle. University of Kentuchy – College of Agriculture. *Cooperative Extension Service*. ID-70.
- Leme, D.M., Marin-Morales, M.A. (2009) *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. *Mutation Research*, 682(1):71-81.
- Muirhead, R. and Alexander, T. Managing pig health and the treatment of disease. A reference for the farm. *5M Enterprises in Sheffield*. UK. 1997.
- Mukherjee, B., Patra, B., Mahapatra, S., Banerjee, P., Tiwari, A., & Chatterjee, M., 2004. Vanadium – An element of atypical biological significance. *Toxicology Letter*, 150, 135-143.
- National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. Washington, DC: The National Academies Press, 2001.
- Smith A., Lopipero P., Bates, M.; Steinmaus, C. 2002. Arsenic epidemiology and drinking water standards. *Science* 296: 2145-2146
- Trelles, R. A. 1963. El vanadio en las aguas de la Argentina. *Saneamiento*, 195:278-281.