

**Evaluación de la calidad del agua para la irrigación de forrajes destinados a consumo de rumiantes**

Alvarez-Gonçalvez, Cristina Viviana; Arellano, Flavia Elisa; Fernández-Cirelli, Alicia; Pérez-Carrera, Alejo.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Química Orgánica de Biomoléculas, Buenos Aires, Argentina.

Universidad de Buenos Aires – CONICET. Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA), Buenos Aires, Argentina.

Universidad de Buenos Aires, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA), Buenos Aires, Argentina.

---

**Resumen**

La calidad del agua es un factor limitante en la producción pecuaria, tanto en lo relativo a su uso como bebida animal como para la irrigación de forrajes. En el presente trabajo se evaluó la calidad del agua utilizada en establecimientos de producción animal en función de la conductividad eléctrica (CE), pH, contenido de nitratos y de elementos traza de importancia toxicológica (As y Pb) para su uso potencial en la irrigación de forrajes con énfasis en la producción de forrajes verdes hidropónicos (FVH). Se analizaron un total de 56 muestras provenientes de establecimientos de producción bovina de la Provincia de Buenos Aires y el sudeste de la Provincia de Córdoba, principal región de producción agropecuaria de Argentina. En las muestras analizadas, se registraron valores de pH entre 7,07 y 8,73 con una mediana de 7,93. Respecto de la CE, los valores se encontraron entre 414 y 6530 uS/cm, con una mediana de 1493 uS/cm. En base a los criterios analizados la mayoría de las muestras de agua (87%) poseen niveles de pH y/o CE que no serían adecuados para su uso en FVH. Solo dos muestras presentaron valores de nitratos superiores a 5 mg/L. Respecto de los elementos traza, se detectó la presencia de As y Pb, superando en algunos casos los límites recomendados para irrigación del forraje. En ese contexto, debe profundizarse el estudio de estrategias posibles para la producción de forrajes en la región como estrategia para mejorar los rendimientos productivos.

**Las Palabras clave:** calidad de agua, producción animal, elementos traza, forrajes, hidroponía

## Introducción

La expansión de la frontera agropecuaria en Argentina ha implicado el uso creciente de tierras de baja aptitud para el desarrollo de la actividad pecuaria. Existen trabajos que informan que el agua utilizada en establecimientos de producción animal en la región Chaco Pampeana, posee naturalmente niveles de salinidad y/o concentraciones elevadas de elementos traza inorgánicos perjudiciales para la salud animal y el desarrollo productivo tales como arsénico (As) y flúor (F) que condicionan su utilización (Nicolli *et al.*, 1989; Pérez Carrera *et al.*, 2007; 2014).

En el caso del plomo (Pb), su presencia en las matrices ambientales puede ser de origen geogénico (Ratto *et al.*, 2004) o antrópico, por deposición atmosférica proveniente del tránsito vehicular (Ruiz-Cortés *et al.*, 2005; Bacon y Hewitt, 2005; López *et al.*, 2006) y por agroquímicos (Martí *et al.*, 2011). Si bien el Pb tiene mayor afinidad con el suelo, puede estar presente en el agua de riego y acumularse en las plantas por lo que conlleva un riesgo en el consumo de dichos alimentos o forrajes (Mancilla-Villa *et al.*, 2012; Flores-Magdaleno *et al.*, 2011). Los niveles máximos de As y Pb recomendado en la Argentina para agua de irrigación son de 100 ppb y 200 ppb respectivamente (Ley 24.051).

La conductividad eléctrica es otro de los parámetros importantes a la hora de evaluar la aptitud del agua para riego. Según James *et al.* 1982, aguas con una conductividad superior a 750 uS/cm no son consideradas buenas para el riego, siendo permisibles hasta 2000 uS/cm (ver tabla 1). Sin embargo, en algunos casos en particular, como es la producción de forrajes verdes hidropónicos (FVHs), se prefiere que los valores se encuentren por debajo de los 1000 uS/cm (FAO, 2001). El FVH es una técnica de producción de biomasa vegetal a partir del desarrollo temprano de plántulas forrajeras. Se presenta como una alternativa de producción de forraje para ganado en zonas donde surgen faltantes de alimento (forraje, heno, etc.), siendo especialmente útil para pequeños productores agropecuarios (FAO, 2001; Juárez-López *et al.*, 2013).

*Tabla 1. Clasificación de la aptitud del agua para riego en función de la conductividad eléctrica (James et al, 1982)*

<b>Aptitud para riego</b>	<b>CE (<math>\mu</math>S/cm)</b>
Excelente	Menor a 250
Buena	250 a 750
Permisible	750 a 2000
Uso dudoso	2000 a 3000
Inapropiada	Mayor a 3000

El pH de las aguas utilizadas para la irrigación de forrajes es de especial importancia. En general se prefiere que el pH se encuentre por debajo de 7 para la mayoría de las semillas forrajeras (ver tabla 2), pudiendo la alfalfa tolerar pH de hasta 7,5 (Juárez-López *et al.*, 2013).

*Tabla 2. Clasificación del agua según su aptitud para ser utilizada en el cultivo de forrajes verdes hidropónicos (a partir de Juárez-López *et al.*, 2013)*

<b>Aptitud para riego</b>	<b>pH</b>
Inapropiada	Menor a 5,5
Buena	5,5 a 6,5
Permisible	6,5 a 7,0
Uso dudoso, (tolerable solo para leguminosas)	7,0 a 7,5
Inapropiada	Mayor a 7,5

Otro de los requisitos a tener en cuenta en la evaluación de la aptitud de agua para su uso en riego, es la presencia de nitratos, el cual debería ser por debajo de 5 mg/L, favoreciendo así el desarrollo de las especies forrajeras y el suelo (Ayers & Westcot, 1985). En cuanto a los FVH, las sales de nitrato son utilizadas como aporte nutricional para favorecer el desarrollo de los mismos (FAO 2001).

## **Objetivos**

El objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad del recurso hídrico en establecimientos de producción animal localizados en la provincia de Buenos Aires y el sudeste de la provincia de Córdoba para su uso potencial en la irrigación de forrajes con especial énfasis en el desarrollo de FVH, en función de cinco parámetros: conductividad eléctrica (CE), pH, nivel de nitratos y la presencia de As y Pb, dos elementos traza de importancia toxicológica.

## **Materiales y Métodos**

Se analizaron un total de 56 muestras provenientes de establecimientos de producción bovina de la Llanura Pampeana, principal región de producción agropecuaria de Argentina. Se determinó *in situ*, la conductividad y el pH con un conductímetro y un pHmetro (ambos marca HANNA) respectivamente. Las muestras de agua se colectaron en recipientes de polietileno y fueron mantenidas refrigeradas y en oscuridad hasta su llegada al laboratorio (APHA, 1993). La cuantificación de nitratos se realizó por técnica colorimétrica empleando un colorímetro (marca HATCH). Para la determinación de los elementos traza As y Pb, se acidificaron las muestras de agua con el agregado de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) hasta un 10%V/V y se realizó su determinación mediante espectrofotometría de emisión atómica (ICP-OES).

## Resultados y Discusión

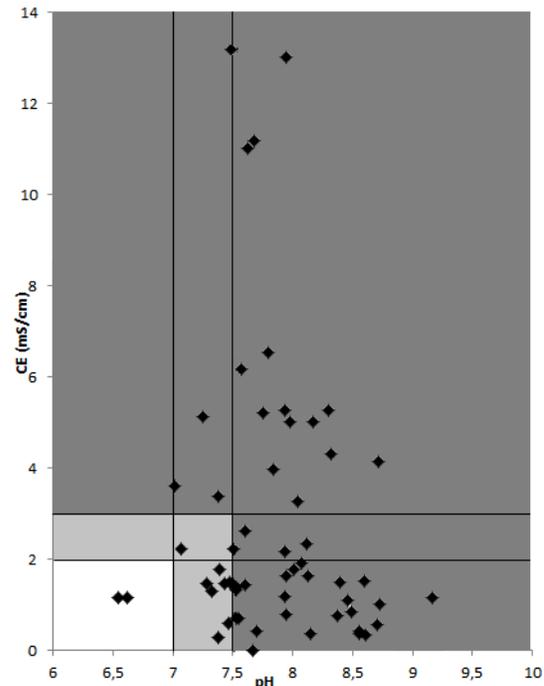
Se obtuvieron valores de pH entre 6,55 y 9,16 con una mediana de 7,82. Respecto de la conductividad, los valores se encontraban entre 7,09 y 13190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con una mediana de 1520  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los niveles de nitrato varían entre 0,2 y 16,2 mg/L, con una mediana de 1,5 mg/L. Solo una de las muestras, proveniente de la localidad de Bell Ville, Córdoba, presentó una concentración de nitratos superior al 5 mg/L (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros estudiados en las muestras de agua (n=56)

	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Nitratos (mg/L)
Mínimo	6,55	7,09	0,20
Máximo	9,16	13190	16,2
Mediana	7,82	1520	1,50
Media	7,85	2820	2,77
Desvío			
Estándar (s)	0,53	3055	3,33
Error Estándar (EE)	0,73	57	1,82

Los niveles de As encontrados en las muestras de agua se encontraron entre valores por debajo del límite de detección (LD = 10  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) y 2079  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Por otra parte, en las mismas, los niveles de Pb se encontraron por debajo del límite de detección (LD = 8  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) y 55  $\mu\text{g}/\text{L}$  (Tabla 4).

Figura 1. Valores de los parámetros estudiados en las muestras de agua (rombos negros) de los establecimientos de producción animal en función de la CE y el pH.



Dato: Las líneas horizontales denotan los límites de aptitud para agua de riego según la tabla 1. Las líneas verticales denotan los límites en los niveles de pH para las distintas clasificaciones de aptitud de agua, según como se indica en la tabla 2. Los espacios en gris oscuro muestran los valores de pH y CE para los cuales el agua es inapropiada para su uso como agua de irrigación. En gris claro, se muestra el conjunto de valores para los cuales el agua es dudosa y en blanco se muestra el conjunto de valores de ambos parámetros que serían aptas para el riego.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de CE, As y Pb,

siendo mayores los de CE y As determinados en las muestras provenientes de sudeste de la provincia de Córdoba. En cambio los niveles de Pb determinados fueron significativamente superiores en las muestras de la provincia de Buenos Aires.

Se evaluó la aptitud del agua para su uso en irrigación teniendo en cuenta, en primer lugar, los parámetros CE y pH (Figura 1). En base a este análisis, se observó que la mayoría de las muestras de agua (83%) exceden los valores recomendados y por consiguiente no serían adecuadas para su uso en el desarrollo de forrajes ni FVH. Siguiendo los mismos criterios, el restante 13% de las muestras fueron clasificadas como aptitud dudosa o regular para su uso en cultivos de forraje hidropónicos (Figura 1).

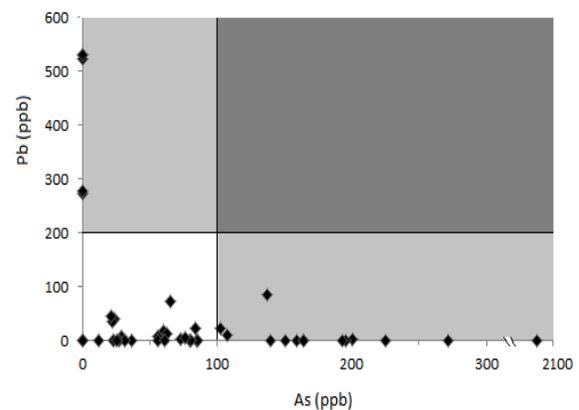
Tabla 4. Niveles de As y Pb determinadas en las muestras de agua

	As (µg/L)	Pb (µg/L)
Mínimo	<LD	<LD
Máximo	2079	530
Mediana	47	<LD
Media	102	55
Desvío	136	139
Estándar (s)		
Error Estándar (EE)	18	20

El 4% de las mismas cumplía con los requisitos necesarios en cuanto a pH, CE, nitratos y Pb. Solo una de las muestras analizadas en el presente estudio cumplía con todos los requerimientos para su uso como agua de irrigación en cuanto a los parámetros evaluados.

En la figura 2, se puede observar la aptitud de agua de irrigación en cuanto a la concentración de Pb y As.

Figura 2. Valores de As y Pb determinados en las muestras de agua (rombos negros) de los establecimientos de producción animal en función de la concentración.



Dato: Las líneas horizontales y verticales denotan los límites de aptitud para agua de riego según los límites máximos sugeridos para As y Pb. Los espacios en gris oscuro muestran los valores de As y Pb para los cuales el agua es inapropiada para su uso como agua de irrigación. En gris claro, se muestra el conjunto de valores para los cuales el agua es inapropiada por superar el límite de As o Pb y en blanco se muestra el conjunto de valores de ambos parámetros que serían aptas para el riego.

Este tipo de estudio es necesario para asegurar un uso correcto de los recursos disponibles y que los controles a realizarse deben tener en cuenta todos los parámetros que afectan la calidad de agua.

### **Conclusiones**

El agua es un recurso indispensable y cumple un rol fundamental en las actividades agropecuarias. La evaluación de la aptitud del agua para sus diferentes usos en la producción pecuaria es importante para garantizar tanto la producción como la calidad e inocuidad alimentaria.

La calidad del recurso hídrico en los establecimientos de producción pecuaria analizados en el presente trabajo es altamente variable y en la mayoría de los casos, las muestras estudiadas no serían aptas para su uso como agua de riego para forrajes y la producción de FVH.

### **Bibliografía**

APHA (1993) Standard Methods for the Examination of Water and Wastes, American Public Health Association, Washington DC, 874pp.

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture (Vol. 29). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bacon, J.R. & Hewitt, I.J. (2005). Heavy metals deposited from the atmosphere on upland Scottish soils: Chemical and lead isotope studies of the association of metals with soil components. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69-1: 19-33.

FAO, I. (1985). Máximas concentraciones de elementos trazas en agua de irrigación. Tomado de: Kandiah. A. (1987) "Water quality in food production. Water quality Bulletin". *Water for agricultura Part I Vol 12: 3-8.*

FAO, 2001. Manual Técnico "Producción de Forraje Verde Hidropónico". Oficina Regional De La Fao Para America Latina Y El Caribe Santiago, Chile. 55pp.

Flores-Magdaleno, H., Mancilla-Villa, O. R., Mejía-Saenz, E., Olmedo-Bolantilde, M. D. C., & Bautista-Olivas, A. L. (2011). Heavy metals in agricultural soils and irrigation wastewater of Mixquiahuala, Hidalgo, Mexico. *African Journal of Agricultural Research*, 6(24), 5505-5511.

Juarez-López P, Morales-Rodríguez HJ, Sandoval-Villa M, Gómez Danés AA, Cruz-Crespo E, Juárez-Rosete CR, Aguirre-Ortega J, Alejo-Santiago G, Ortiz-Catón M (2013) Producción De Forraje Verde Hidropónico, *Nueva época*, 4(13)16-26.

James, D.W., R.J. Hanks, and J.J. Jurinak. 1982. Modern irrigated soils. John Wiley & Sons, New York

Mancilla-Villa, Ó. R., Ortega-Escobar, H. M., Ramírez-Ayala, C., Uscanga-Mortera, E., Ramos-Bello, R., & Reyes-Ortigoza, A. L. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 39-48.

Martí, L., Filippini, M. F., Drovandi, A., Salcedo, C., Troilo, S., & Valdés, A. (2011). Evaluación de metales pesados en suelos de los oasis irrigados de la Provincia de Mendoza: I. Concentraciones totales de Zn, Pb, Cd y Cu. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 203-221.

Nicolli, H. B., Suriano, J. M., Gomez Peral, M. A., Ferpozzi, L. H., & Baleani, O. A. (1989). Groundwater contamination with arsenic and other trace elements in an area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina. *Environmental Geology*, 14(1), 3-16.

Ley 24051. Régimen de Desechos Peligrosos. Decreto Nacional 831/93, Reglamentación de la Ley 24051.

López, S. C., Perelman, P. E., Rivara, M., Castro, M. A., & Faggi, A. (2006). Características del suelo y concentración de metales a lo largo de un gradiente de urbanización en Buenos Aires, Argentina. *Multequina*, 15(2), 69-80.

Pérez Carrera, A.; Fernández Cirelli, A (2007). Problemática del arsénico en la llanura sudeste de la provincia de Córdoba. Biotransferencia a leche bovina. *InVet*. 9:132-135.

Pérez Carrera, A., Alvarez Gonçalvez, C., & Fernández Cirelli, A.. (2014). Vanadio en agua de bebida animal de tambos del sudeste de Córdoba, Argentina. *InVet*, 16(1), 39-47

Ratto, S., E. Marceca, G. Moscatelli, D. Abbruzese, H. Bardi, M. Bossi, P. Bres, G. Cordon, M. Di Nano, L. Murruni, K. Potarsky & Williams, F. (2004). Evaluación de la contaminación orgánica e inorgánica en un suelo aluvial de la costa del Riachuelo, Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral* 14: 179-190

Ruiz-Cortés, E., R, Reinoso, E. Díazbarrientos & Madrid, L. (2005). Concentrations of potentially toxic metals in urban soils of Seville: relationship with different land uses. *Environmental Geochemistry and Health*. 27: 465-474.

## **Financiamiento**

Se agradece a la Universidad de Buenos Aires y al CONICET por el financiamiento otorgado.