

Calidad del agua subterránea para usos agropecuarios en Fraga, San Luis (Argentina): Estudio de caso

Groundwater quality for agricultural uses in Fraga, San Luis (Argentina): Case study

Ricardo Federico Zill ¹, María Magdalena Hellmers ², Marisa Mariela
Garbero ³, Salvador M. F. Costanzo⁴

¹zillfederico@gmail.com, ²mmhellmers@email.unsl.edu.ar, ³mmgarbero@email.unsl.edu.ar
⁴mach5argentina@yahoo.com

^{1,2 y 3} Hidrología Agrícola, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad
Nacional de San Luis (FICA-UNSL), PROICO 140418, Villa Mercedes, CP 5730, San Luis,
Argentina.

⁴ Colaborador externo PROICO 140418, FICA-UNSL. Villa Mercedes, CP 5730, San Luis,
Argentina.

Recibido 06/10/2022; Aceptado: 26/10/2022

Resumen: El presente trabajo se realizó en el establecimiento "El trébol" ubicado en el centro de la provincia de San Luis (Argentina). El agua subterránea se utiliza con fines de consumo humano, riego, bebida animal y para aplicación de agroquímicos, por ello el objetivo fue caracterizar y clasificar el agua para cada situación según criterios de calidad establecidos por diferentes autores. Se tomaron muestras en las 4 estaciones del año y se realizaron análisis físico-químicos y bacteriológicos. Los resultados muestran que la cantidad de bacterias heterotróficas y coliformes totales presentes superan los límites por lo que el agua resulta no apta para consumo humano. Según los resultados físico-químicos el agua se clasifica como sulfatada sódica y apta para riego, deficiente en contenido de sales para uso pecuario, por lo que se necesitará realizar suplementación mineral y requerimiento de correctores para su utilización con agroquímicos.

Palabras-clave: acuífero confinado; calidad de agua; usos.

Abstract: *This work was carried out in "El trébol", an agricultural and livestock property located in the center of the province of San Luis (Argentina). Groundwater is used for human consumption, irrigation, cattle drinking and in agrochemicals application, therefore the objective was to characterize and classify the water for each utilization according to quality criteria established by different authors. Samples were taken during the four seasons of the year and physical-chemical and bacteriological analysis were carried out. Results show that heterotrophic bacteria and total coliforms amounts present exceed the limits, so water is not suitable for human consumption. According to physical-chemical results, water is classified as sodium sulfate and suitable for irrigation, deficient in salt content for livestock use, because of that is necessary to*

carry out mineral supplementation, as well as is also required correctors utilization for its use with agrochemicals.

Keywords: *confined aquifer; water quality; applications.*

1. Introducción

La calidad del agua subterránea queda definida por sus características químicas, físicas y microbiológicas. En ausencia del hombre, la calidad natural del agua es el resultado de procesos climáticos, geológicos, biológicos e hidrológicos, siendo las principales fuentes de las sales disueltas la alteración de rocas y sedimentos, el lavado de suelos, las aportaciones atmosféricas y los organismos vivos (Blarasin *et al.*, 2014).

El agua tiene una ajustada relación con los sistemas de producción que se refleja en la aptitud o calidad requerida para cada uso; por ello, existen diferentes criterios de clasificación, ya sea para la ganadería, el riego o la aplicación de agroquímicos, entre otros (Vivot *et al.*, 2010). En cuanto a la calidad microbiológica del agua subterránea, que determina la aptitud para consumo humano, el grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él (Larrea-Murrell *et al.*, 2013). Por otra parte, para clasificar la calidad del agua para riego numerosos autores tienen en cuenta la conductividad eléctrica y la presencia del ión sodio (Avellaneda *et al.*, 2004).

En un sistema ganadero la calidad y cantidad de sales presentes en el agua de bebida hacen variar su consumo por el ganado, pudiendo actuar como estimulantes o como limitantes de la ingestión hídrica. Las concentraciones de sales totales de hasta aproximadamente 4 a 5 g/l, pueden influir favorablemente sobre el desarrollo y crecimiento de los animales (Bavera, 2011).

El agua es el principal medio al momento de aplicar productos fitosanitarios. Los parámetros que permiten identificar si un agua es apta para su utilización en la aplicación de un producto fitosanitario son la dureza, pH y materiales en suspensión (CASAFE, 2022).

Cuando la fuente de agua es utilizada con múltiples fines es necesario conocer la calidad para cada uno de ellos. En este estudio se busca caracterizar y clasificar el agua subterránea de un establecimiento agropecuario desde un punto de vista integral de acuerdo a la variedad de actividades que se desarrollan en el mismo.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó durante el período 2020/2021, en el establecimiento “El trébol” que se encuentra localizado a 33° 33’ latitud sur y 65° 55’ longitud oeste en el centro de la provincia de San Luis (Argentina). La actividad principal del establecimiento es la ganadería de ciclo completo y para ello se realiza la producción de forrajes y granos para la alimentación del ganado.

El agua de la propiedad se obtiene de un acuífero confinado que se encuentra a 200 m de profundidad, cuyo nivel dinámico está a 90 m (semisurgente). La perforación tiene un diámetro de 26 cm y se encuentra revestida con un encamisado de caño conducto de hierro. La extracción de agua se hace mediante una bomba electrosumergible trifásica con motor de 4 HP que eroga un caudal de 4.500 l/h. La salida de la bomba se une a un caño galvanizado de 1,5 pulgadas de diámetro, que eleva el agua hacia dos tanques australianos donde se almacena para su posterior distribución a los bebederos.

Teniendo en cuenta que en el establecimiento se realiza agricultura (para alimentación del ganado), ganadería y que también es el lugar de la vivienda familiar, es de suma importancia conocer la calidad del recurso hídrico. A tal fin se realizaron muestreos estacionales (otoño, invierno, primavera y verano) del agua subterránea.

Caracterización climática y geomorfológica del área de estudio

El clima en la zona es considerado semiárido templado y frío. La temperatura media anual está por debajo de los 18 °C. La precipitación media anual es de unos 250 a 500 mm aproximadamente y presenta su mayor concentración durante la primavera-verano y los mayores déficits durante el otoño-invierno.

La zona de estudio se ubica geomorfológicamente en la región de la llanura Chaco Pampeana. La geomorfología corresponde a espesas series sedimentarias, provenientes en su mayor parte de las elevaciones montañosas situadas al oeste, llevadas a los lugares de depósito por ríos y vientos. La subregión planicie arenosa se caracteriza por presentar un relieve ligeramente ondulado y no se observan formas medanosas antiguas (Peña Zubiate et al., 2000).

Análisis físico-químico y bacteriológico

El proceso de recolección de muestras se llevó a cabo siguiendo las indicaciones establecidas por el Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Aguas con Fines Múltiples (INTA, 2011) y se tomó una muestra por cada estación del año. Los análisis físico-químicos y bacteriológicos fueron realizados según la metodología de Standard Methods (2017).

Diagrama de Stiff

Para realizar la caracterización hidroquímica se confeccionó el diagrama de Stiff representando la cantidad de elementos contenidos en las muestras de agua sobre tres ejes horizontales, dos sobre cada eje, pero en direcciones contrarias con un origen común (en una vertical) para todas las muestras. Los aniones se ubicaron del lado izquierdo y los cationes al lado derecho. Las concentraciones de los iones se encuentran expresadas en meq/L.

Interacción con agroquímicos

Se determinaron los parámetros del agua que pueden presentar alguna interacción con los agroquímicos: pH, dureza y la conductividad eléctrica reportados por Kahl *et al.* (2016).

Criterios de calidad

Para la clasificación de la calidad del agua se siguieron los criterios de varios autores:

Uso para consumo humano: La aptitud para consumo humano se realizó según el Código Alimentario Argentino (2021).

Uso para riego: La aptitud para riego se determinó según Riverside (1954) y FAO (Ayers y Westcot, 1976).

Uso para bebida animal: La aptitud para uso ganadero se basó en los parámetros de Bavera (2011). Se calculó el consumo diario de las diferentes categorías que presenta el establecimiento y posteriormente se calcularon los minerales aportados por la fuente de agua.

Uso en la aplicación de agroquímicos: La clasificación se realizó en base a los criterios de Quiñones (2016).

3. Resultados y discusión

El análisis bacteriológico determinó la presencia de bacterias heterotróficas y coliformes totales (Tabla 1) que superan los límites establecidos en el Código Alimentario Argentino (2021). Estos resultados indican que existe contaminación fecal en las muestras analizadas (Larrea-Murrell *et al.*, 2013). Por lo que el agua resulta no apta para consumo humano.

Tabla 1

Análisis bacteriológico del agua subterránea.

	Resultados	Valor admitido (CCA)
<i>Bacterias heterotróficas (Met. de Placa Vertida)</i>	>500 UFC/ml	Hasta 500 UFC/ml
<i>Bacterias Coliformes totales</i>	>3 /100 ml	Hasta 2 /100 ml
<i>Bacterias Coliformes fecales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis físico-químico (Tabla 2) y según la clasificación de agua para riego que establece la FAO el recurso hídrico puede considerarse del tipo C2 S2 (riesgo moderado) y de acuerdo a la clasificación de Riverside califica como C1 S1 pudiendo utilizarse en la mayoría de los cultivos sin que sea probable que se desarrollen condiciones de salinidad que afecten el normal rendimiento de los cultivos y sin peligro de que el nivel de Sodio Intercambiable suba demasiado.

Tabla 2.

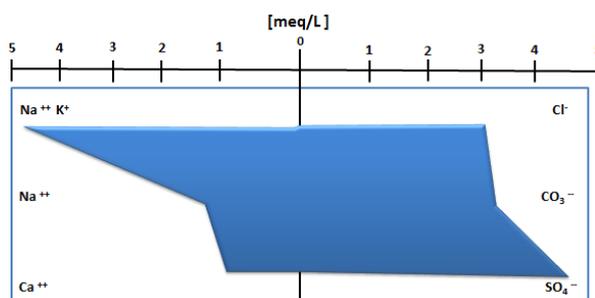
Análisis físico-químico del agua subterránea.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1189	1164	1195	1158
pH	7,68	7,42	7,51	7,74
Turbidez NTU	1,10	1,12	1,10	1,12
TSD mg/l	860	870	870	860
Alc. total (CaCO_3) mg/l	246	246	332	338
Alc. fenolfataleínica mg/l	0	0	0	0
Dureza total (CaCO_3) mg/l	82	94	103,50	84
Dureza Calcio mg/l	36	57	48	41
Dureza Magnesio mg/l	46	37	55,5	43
Sulfatos mg/l	237	214	235	220
Sodio mg/l	102	110	125	108
Amonio mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrato mg/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Nitrito mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Arsénico mg/l	0,03	0,03	0,05	0,05
Cloruros mg/l	102	102	120	107
Potasio mg/l	8	10	11	7

Con los valores promedios de los cationes y aniones calculados a partir de los resultados del análisis físico-químico de las muestras se realizó el diagrama de Stiff. De acuerdo al mismo podemos caracterizar a la fuente de agua como Sulfatada Sódica desde el punto de vista hidroquímico (Fig. 1).

Figura 1.

Diagrama de Stiff.



A partir del análisis físico-químico (Tabla 2) la cantidad de minerales que aporta el agua de bebida según el consumo animal es: Calcio 18,4 mg/l, Magnesio 13,5 mg/l, Sodio 114 mg/l, Potasio 9,4 mg/l, Azufre 228 mg/l. De acuerdo a los valores propuestos por Bavera (2009) para la clasificación de agua de bebida animal según su salinidad la fuente de agua se clasifica como deficiente. Por lo que se sugiere cubrir dicha deficiencia mediante suplementación.

Si tenemos en cuenta los valores promedio de los parámetros que interactúan en la aplicación de fitosanitarios tenemos que la clasificación del agua según su pH (7,58) es ligeramente alcalina, de acuerdo a la dureza total (90,9 mg/l) es blanda y si tenemos en cuenta su conductividad eléctrica (1,18 Ms/cm) es dura. Estos resultados indican que los parámetros están ligeramente por encima de la escala adecuada. Se recomienda el uso de correctores que contribuyan a mejorar la performance de las aplicaciones que se realicen.

4. Conclusiones

El agua subterránea del establecimiento fue caracterizada como sulfatada sódica. Por la presencia de bacterias en el agua la misma no resulta apta para consumo humano, además la calidad del agua para riego es buena con riesgo moderado de producir problemas de salinidad. El agua del establecimiento se clasifica como deficiente en contenido de sales para su uso en bebida animal y serán necesarias suplementaciones minerales. Por último, para su uso en aplicaciones con agroquímicos se requerirá la utilización de correctores.

Este trabajo aporta información sobre la calidad del agua subterránea en una región donde no se cuenta con datos actualizados, por lo que los resultados alcanzados resultan de interés para el uso particular en el establecimiento y como antecedente de futuros estudios en la zona.

5. Referencias bibliográficas

- Avellaneda, M.O., Bermejillo, A.I. y Mastrantonio, L.E. (2004). *Aguas de riego. Calidad y evaluación de su factibilidad de uso*. EDIUNC.
- Ayers, R. y Westcot D. (1985). *Water quality for agriculture*. Irrigation and drainage paper N°29. Food and Agriculture Organization.
- Bavera G.A. (2011). *Aguas y aguadas para el ganado*. (4ra ed.). Edic. Imberti-Bavera.
- Blarasin M., Cabrera A., Matteoda E., Felizzia J., Maldonado L., Bécher-Quinodóz F. N. y Giuliana-Albo, J. (2014). *Cuadernos de estudios de aguas subterráneas: el agua subterránea y la actividad ganadera-tambera*. UniRío Editora. DOI: 10.13140/2.1.3652.3846.
- CASAFE (2022, de septiembre). *Calidad de agua en las aplicaciones*. <https://www.casafe.org/calidad-de-agua-en-las-aplicaciones/>.
- Código Alimentario Argentino. Artículo 982 (2021) Secretaría de Calidad en Salud y Secretaría de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional. Resolución Conjunta 22/2021. RESFC-2021-22-APN-SCS#MS.
- INTA. (2011). *Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)*. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmprotocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf.
- Kahl M., Puricelli E., Niccia E., San Román L., Alanis J. y Hass W. (2016). *Relevamiento de la calidad de agua para uso en las aplicaciones agrícolas en la región centro-oeste de Entre Ríos*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_calidad_agua_kahl_1.pdf
- Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M. y Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34.
- Ostinelli, M., Basán, M. y Maciel, S. (2011) *Muestreo, transporte y conservación de muestras de agua*. <http://inta.gob.ar/documentos/muestreo-transporte-y-conservacion-de-muestras-de-agua/>.
- Peña Zubiate, C.A., D'Hiriart, A., Aguirre, E.R., Demmi, M.A., Elizondo, J.D., Garcia, S.M. y Pasquarelli, A.P. (2000). *Carta de Suelos de la República Argentina – Hoja Villa Mercedes, Provincia de San Luis*. INTA–Gobierno de la Provincia de San Luis.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA/AWWA/WEF (2017). (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Denver.
- Vivot, P. E., Rugna, C. M., Gieco, A. M., Sánchez, C. I., Ormaechea, M. V. y Sequin, C. J. (2010). Calidad del agua subterránea para usos agropecuarios en el

Calidad del agua subterránea para usos agropecuarios en Fraga, San Luis (Argentina):
Estudio de caso - RCYTAAA – ISSN 2796-9142 – VOLUMEN 9 – NÚMERO 3.

departamento Villaguay, Entre Ríos. *AUGMDOMUS*, 1-15.
<http://www.acuedi.org/ddata/8389.pdf>.