



ARSENICO EN LAGUNAS UBICADAS EN EL SE DE SAN LUIS (ARGENTINA)

ARSENIC IN LAKES FROM SOUTH EASTERN SAN LUIS (ARGENTINA)

Echegoyen, Cecilia¹; Lecomte, Karina^{1,2}; Campodonico, Verena¹; Yaciuk, Pablo¹; Jobbágy, Esteban³; Heider, Guillermo³; Pasquini, Andrea^{1,2}; Sepulveda, Laura¹

¹Universidad Nacional de Córdoba/ Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA)- CONICET, Argentina, ²Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ³Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físico, Matemáticas y Naturales/ Grupo de Estudios Ambientales–Instituto de Matemática Aplicada San Luis-CONICET, Argentina.

cvechegoyen@hotmail.com

Resumen

La planicie arenosa del sureste de la provincia de San Luis alberga más de 200 lagunas someras. Este sistema presenta aguas del tipo sódicas, claramente alcalinas con valores de pH entre 8,6 y 9,3 y con conductividades entre 1.232 y 2.243 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se ha detectado en la zona la presencia de arsénico en aguas naturales en concentraciones superiores a los valores límite establecidos por la CAA y OMS para el consumo humano. La concentración de arsénico varía entre 6,9 y 150,0 $\mu\text{g}/\text{L}$ (promedio 83,8 $\mu\text{g}/\text{L}$), por encima de las concentraciones medias de las aguas superficiales (0,8 $\mu\text{g}/\text{L}$). El resto de los elementos traza presentan un comportamiento similar al promedio de los ríos prístinos del mundo.

Palabras clave: Geoquímica lacustre, arsénico, San Luis, elementos traza.

Introducción

El sector estudiado se encuentra en el sureste de la provincia de San Luis (33°53'10"-34°19'00" S y 65°42'00"-65°20'00" O). Está incluido dentro de la región Pampeana, una de las regiones más extensas del mundo con altas concentraciones de arsénico en aguas subterráneas (Smedley y Kinniburgh, 2002), donde los valores pueden llegar a 5.300 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Nicolli et al., 2012).

El arsénico se halla en aguas naturales como especie disuelta, siendo los valores medios en el agua superficial de 0,8 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Smedley y Kinniburgh, 2002). Este valor puede cambiar dependiendo, entre otros factores, de la recarga de agua subterránea, del clima y de los minerales meteorizados. En climas áridos la concentración de arsénico en aguas superficiales se ve favorecida por procesos de evaporación que además provocan un aumento en la salinidad y pH de las aguas.

El área presenta un relieve medanoso caracterizado por dunas parabólicas, en donde los niveles freáticos alcanzan la superficie y se forma un sistema lagunar compuesto por más de 200 lagunas permanentes o temporales de tamaño variable (Tripaldi et al., 2013). La superficie y la profundidad de estos cuerpos de agua varía entre las 20 y 100 ha y entre 2 y 12 metros, respectivamente. Son cuencas endorreicas siendo las lagunas alimentadas por las precipitaciones atmosféricas o el agua subterránea. El clima es de tipo mesotermal subhúmedo a semiárido, con una temperatura media anual de 17°C y con una precipitación media anual de 730 mm (Servicio Meteorológico Nacional).

Los sedimentos eólicos son del Cuaternario tardío. Según la relación QFL son feldarenitas líticas y litoarenitas feldespáticas (Tripaldi et al., 2010). Estas arenas presentan proporciones variables de cuarzo (16-42%), feldespatos (13-38%) y fragmentos de roca (19-66%), junto con pequeñas cantidades de minerales accesorios como anfíboles, muscovitas y circones (<5%). Los granos volcánicos son los fragmentos de roca más comunes, principalmente pómez fresco y fragmentos de vidrio (Tripaldi et al., 2010). Es ampliamente conocido en la literatura que tanto el loess pampeano como los componentes volcánicos presentan arsénico ya sea en su estructura molecular, como adsorbido a los componentes (Nicolli et al., 2012; Bia et al., 2015).

En este trabajo se analiza la variación de los elementos traza disueltos y el origen del arsénico en las aguas superficiales de la región.

Materiales y Métodos

Durante la estación seca en el mes de septiembre de 2017 se tomaron muestras de agua de 9 lagunas: Sayape (1LS-01), Los Pocitos (1LLP-00), El Durazno (1LED-01), Las Encadenadas (LLE-01), Los Pozos (LLPo-01), Los Bomberos (LLB-01), El Tastu (LET-01), La Tigra (LLTa-01) y La Florida (LLF-01). Se utilizaron técnicas de muestreo y métodos analíticos estandarizados para todas las determinaciones (Rice et al., 2012). *In situ* se midió: pH, Eh, temperatura, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (STD) y alcalinidad. Las muestras de agua extraídas fueron filtradas con filtros de membrana de acetato de celulosa (Millipore Corp.) de tamaño de poro 0,22 μm , almacenadas a 4°C en botellas previamente lavadas de polietileno de 15 ml y acidificadas con HNO_3 hasta alcanzar un $\text{pH} < 2$. La posterior determinación de As, así como la del resto de los elementos químicos se realizó mediante espectrometría de masas (ICP-MS).

Resultados

Las muestras obtenidas de las 9 lagunas se hallan en el rango de las aguas dulces a salobres (1.232 $\mu\text{S/cm}$ a 2.243 $\mu\text{S/cm}$). Los valores de pH varían entre 8,6 y 9,3 indicando que las lagunas de este sistema son claramente alcalinas, mientras que los valores de Eh varían entre 0,3 y 0,4 Volts. Dentro de los diferentes ambientes hidrogeoquímicos definidos en función de la relación pH vs. Eh (Baas Becking et al., 1960) las aguas estudiadas quedan representadas en el campo de las aguas superficiales (Figura 1a). En relación a los cationes mayoritarios las aguas corresponden al tipo *sódicas* (Figura 1b).

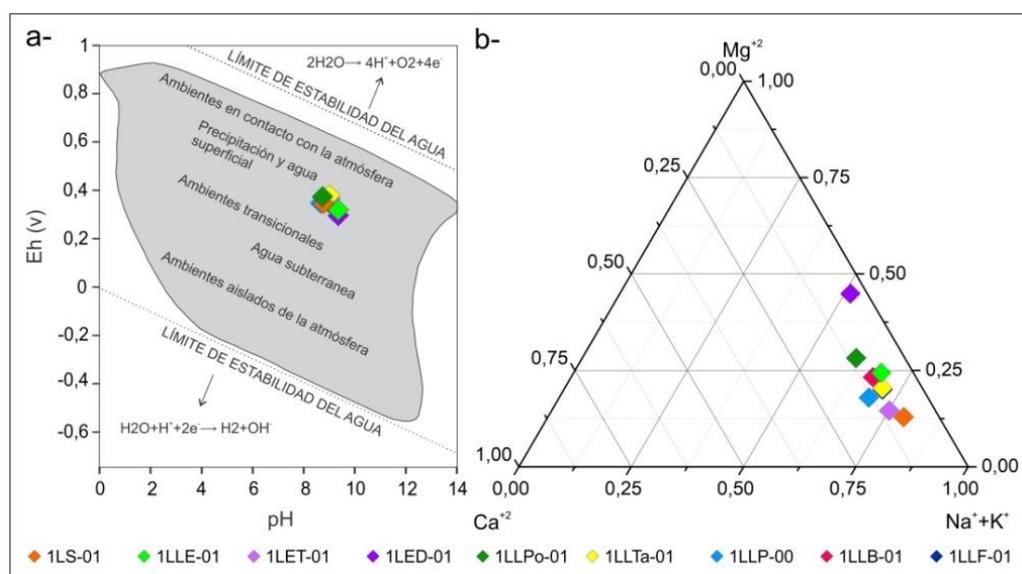


Figura 1: a- Campos de estabilidad de diferentes ambientes naturales (Modificado de Baas Becking *et al.*, 1960). b- Diagrama trivariante para cationes.

Para observar la firma geoquímica de las lagunas estudiadas, se realizó un diagrama de multielementos (Figura 2), normalizando los datos disueltos a la Corteza Continental Superior (CCS, McLennan, 2001). Se agregó la media mundial (Gaillardet et al., 2014) con el fin de comparar los valores normalizados. Se observa que en general, el patrón de concentraciones normalizadas de las lagunas son similares entre sí y presentan una concentración relativamente menor a la media mundial. Se destacan, entre otras, las altas concentraciones de arsénico alcanzando valores de hasta un orden de magnitud mayor. Estas concentraciones varían entre 6,9 y 150,0 $\mu\text{g/L}$, siendo el valor promedio de 83,8 $\mu\text{g/l}$ (Figura 3a). Casi todas las lagunas superan ampliamente el límite estipulado para consumo humano por la OMS (WHO, 2011) y el Código Alimentario Argentino (CAA, 2007), que corresponden a 10 $\mu\text{g/L}$ para el arsénico. Sólo en la laguna Los Pocitos las concentraciones de arsénico se encuentran dentro de los valores permisibles.

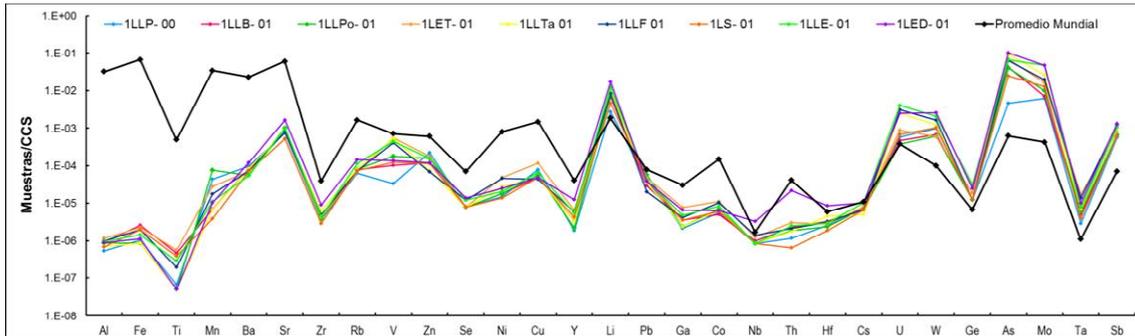


Figura 2: Diagrama de multielementos normalizados a la UCC (McLennan 2001). Se incluye la concentración promedio mundial del agua superficial (Gaillardet et al., 2014).

Analizando la especiación teórica del arsénico en la Figura 3b, se observa que el mismo está disuelto en las lagunas en forma de As (V), siendo la especie dominante el $(AsHO_4)^{-2}$. Esta especie no es tan tóxica como su forma reducida As (III).

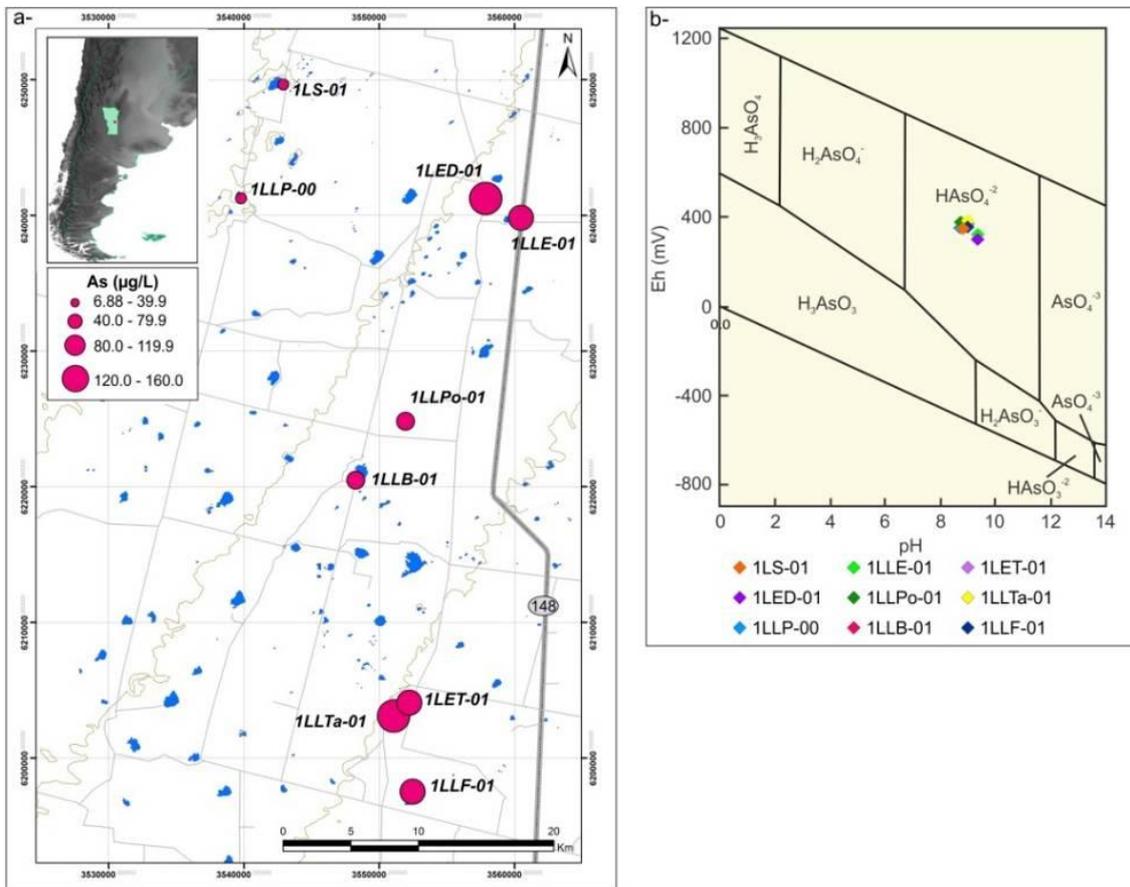


Figura 3. a- Contenido de arsénico en lagunas muestreadas. b- Diagrama Eh-pH de especies acuosas de As.

Diversos estudios (Bia et al., 2015; Nicolli et al., 2012; Smedley and Kinniburgh, 2002) señalan un origen natural del arsénico en el agua subterránea, producto de la disolución e intercambio de iones de fragmentos líticos y vidrio volcánico. Estas litologías fueron descritas por Tripaldi et al., (2010) en la zona. Además, el acuífero freático presenta valores de pH altos y condiciones oxidantes (Smedley y Kinniburgh, 2002) lo que favorece la movilidad del arsénico y la disolución de Mo y U. Según Echegoyen et al. (2018) las lagunas reciben aporte de aguas subterráneas, lo que también explicaría las concentraciones elevadas de estos elementos en la fase disuelta de las aguas superficiales.



Conclusiones

Las lagunas del SE de San Luis son *sódicas* y se ubican en el rango de aguas dulces a salobres (1.232 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 2.243 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Presentan valores de pH entre 8,6 a 9,3 (aguas de carácter alcalino) y valores de Eh entre 0,3 y 0,4 Volts (aguas oxidantes). En estas condiciones la especie de arsénico dominante es $(\text{AsHO}_4)^{-2}$. La presencia de este elemento en las lagunas se asocia a la meteorización de la litología descrita en el área (areniscas con alto contenido de fragmentos líticos y vidrio de origen volcánico) y a la recarga de las lagunas por agua subterránea con elevadas concentraciones de As.

Este trabajo aportará al conocimiento de la distribución de concentraciones de arsénico para una mejor gestión del recurso hídrico, y de esta forma, proponer políticas de manejo que tiendan a mejorar la calidad del agua.

Bibliografía

- Baas Becking, L.G., Kaplan, I.R. y Moore, D.,** 1960. Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation-reduction potentials. *J. Geol.* 68: 243–284.
- Bia, G., Borgnino, L., Gaiero, D. y García, M.G.,** 2015. Arsenic-bearing phases in South Andean volcanic ashes: Implications for As mobility in aquatic environments. *Chem. Geol.* 393–394: 26–35.
- CAA-Código Alimentario Argentino,** 2012. Capítulo XII, Artículos 982 al 1079.- http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp. Actualización 10/2012.
- Echegoyen, C.V., Lecomte, K.L., Campodonico, V.A., Yaciuk, P.A., Jobbágy, E.G., Heider, G. y Pasquini, A.I.,** 2018. Uso de Radón-222 para determinar el flujo de agua en una laguna freática de la llanura mediana de San Luis. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, X Congreso Argentino de Hidrogeología y VIII Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la hidrogeología subterránea.
- Gaillardet, J., Viers, J., Dupré, B.,** 2014. Trace elements in river waters. En: Holland, H.D. and K.K. Turekian (Eds.). *Treatise on Geochemistry*, 2nd edn. Elsevier, 7.7: 195-235, Oxford.
- McLennan, S. M.,** 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2 Paper number 2000GC000109
- Nicolli, H.B., Bundschuh, J., Blanco, M. del C., Tujchneider, O.C., Panarello, H.O., Dapeña, C. y Rusansky, J.E.,** 2012. Arsenic and associated trace-elements in groundwater from the Chaco-Pampean plain, Argentina: Results from 100 years of research. *Sci. Total Environ.* 429: 36–56.
- Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D. y Clesceri, L.,** 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22nd ed. American Water Works Assn, 1496 p.
- Servicio Meteorológico Nacional,** Estadísticas Climatológicas 1981-1990, 1991-2000. Argentina.
- Smedley, P.L. y Kinniburgh, D.G.,** 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*. 17: 517–568.
- Tripaldi, A., Ciccioli, P.L., Alonso, M.S. y Forman, S.L.,** 2010. Petrography and geochemistry of late Quaternary dune fields of western Argentina: Provenance of aeolian materials in southern South America. *Aeolian Res.* 2: 33–48.
- Tripaldi, A., Zárate, M.A., Forman, S.L. y Doyle, M.E., Ciccioli, P.L.,** 2013. Geological evidence for a drought episode in the western Pampas (Argentina, South America) during the early–mid 20th century. *The Holocene*. 23(12): 1731–1746.
- WHO-World Health Organization.** Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition; 2011. On line: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq4-with-add1-chapters/es/