



## CONTENIDO DE ARSÉNICO EN DESCARGAS GEOTERMALES Y TRAVERTINOS ASOCIADOS EN EL SISTEMA DOMUYO, NEUQUÉN

### ARSENIC CONTENT IN GEOTHERMAL DISCHARGES AND ASSOCIATED TRAVERTINES IN THE DOMUYO SYSTEM, NEUQUÉN

Villalba, E.<sup>1</sup>; Borzi, G.<sup>1</sup>; Santucci, L.<sup>1</sup>; Tanjal, C.<sup>1</sup>; Páez, G.<sup>2</sup>; Carol, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET), <sup>2</sup>Instituto de Recursos Minerales (UNLP-CIC)

[evillalba@cig.museo.unlp.edu.ar](mailto:evillalba@cig.museo.unlp.edu.ar)

#### Resumen

*El objetivo de este trabajo es caracterizar descargas geotermales y travertinos asociados en base al contenido de As en el Sistema Domuyo, a fin de establecer su movilidad e influencia en la concentración en arroyos y ríos próximos. Para ello se colectaron muestras de agua de descargas geotermales y travertinos adyacentes y de cursos de agua superficial próximos. En laboratorio se determinó el contenido de As mediante ICP-MS. Los resultados reflejan elevadas concentraciones de As en el agua geotermal producto de contaminación geogénica. Los travertinos asociados a dichas descargas constituyen fases minerales que inmovilizan parte del As de los fluidos geotermales. A pesar de que la mayoría de las muestras de los cursos superficiales superan los valores de As recomendados para potabilidad, los procesos de adsorción/coprecipitación que ocurren en los travertinos disminuirían el contenido de este elemento en el sistema fluvial, atenuando naturalmente el deterioro de la calidad del agua.*

**Palabras clave:** As, hidrotermalismo, calidad del agua, Patagonia.

#### Introducción

El área de estudio se encuentra en el flanco occidental del Cerro Domuyo, en el norte de la provincia de Neuquén, cuya autoridad competente son las Áreas Naturales Protegidas de dicha provincia (ANPN) (Fig. 1). En la zona tiene lugar un campo geotermal caracterizado por la presencia de una gran cantidad de manifestaciones acuosas de altas temperaturas. Este hidrotermalismo es producto de la circulación convectiva profunda de agua de origen meteórico (Panarello, 1992). Usualmente las descargas geotermales tienen lugar conjuntamente con terrazas de travertinos y otros minerales que son producto de la precipitación de los solutos que estos fluidos adquieren en su recorrido en profundidad. Algunos de estos depósitos se encuentran asociados a una importante emisión de fluidos hidrotermales a través de fumarolas, géiseres y piletos burbujeantes, mientras que otros no muestran signos de actividad debido a la posible migración del conducto de descarga subterránea (Barcelona, 2015).

En estas regiones cordilleranas con clima árido, el recurso hídrico es escaso y las poblaciones rurales y pequeños asentamientos utilizan cursos de agua y mallines como fuente de abastecimiento tanto para consumo doméstico como para la cría de ganado. (Grootjans y Ten Klooster, 1980). El As constituye uno de los principales contaminantes del agua potable cuya presencia ha sido registrada en las descargas geotermales y sistemas fluviales del Domuyo (Villalba et al., 2018). El objetivo de este trabajo analizar las concentraciones de As en las descargas geotermales y travertinos asociados a las mismas para establecer la movilidad que sufre este elemento en las fases acuosas y minerales y además determinar cómo esto influye en los contenidos de As de los arroyos y ríos próximos a las mencionados fluidos hidrotermales en el Sistema Domuyo.

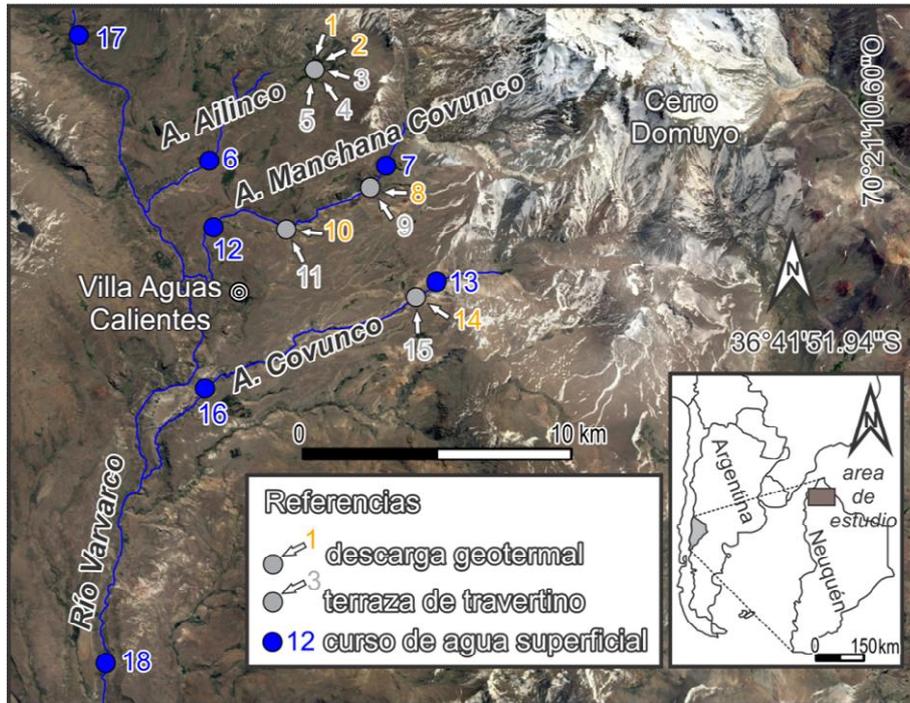


Figura 1. Imagen satelital del área de estudio y localización de puntos de muestreo.

### Metodología

En base al análisis de información antecedente, imágenes satelitales y relevamientos de campo durante marzo de 2018 se realizó la toma de muestras de descargas geotermales y de terrazas de travertinos en sus adyacencias. Específicamente se relevaron cuatro zonas hidrotermales denominadas como Rincón de las Papas (puntos 1 a 5, Fig. 1) ubicadas próximas al arroyo Ailínco, El Humazo (puntos 8 y 9, Fig. 1) y Las Olletas (puntos 10 y 11, Fig. 1) en el arroyo Manchana Covunco, y Los Géiseres en el arroyo Covunco (puntos 14 y 15, Fig. 1). Además, se colectaron muestras de los arroyos Ailínco, Manchana Covunco y Covunco y también del Río Varvarco tanto aguas arriba como aguas debajo de las descargas geotermales. Se determinaron las concentraciones de As mediante ICP-MS en ambos tipos de muestras. Para el caso de las muestras de agua, los análisis se realizaron en el laboratorio de geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas bajo métodos estandarizados (APHA, 1998). Las muestras de travertinos se enviaron y analizaron en los laboratorios de ALS (Canadá) mediante digestión con agua regia.

### Resultados

En el sector de nacientes del arroyo Ailínco, los contenidos de As de las descargas geotermales 1 y 2 fueron de 2,342 y 1,387 ppm, respectivamente. En esa misma zona se extrajeron tres muestras de travertinos identificadas como los puntos 3, 4 y 5, cuyas concentraciones de As fueron de 2320, 478 y 1200 ppm, en el orden mencionado (Fig. 1). Cabe destacar que las terrazas 3 y 5, además de presentar elevados contenidos As, presentan coloraciones ocre lo que evidenciaría en campo la presencia de minerales como óxidos de Fe. A diferencia de lo expuesto anteriormente, la terraza 4 presenta una dominancia de facies carbonatadas. Aguas abajo de las descargas geotermales, la muestra del arroyo Ailínco correspondiente al punto 6 arrojó valores de As de 0,002 ppm.

En el arroyo Manchana Covunco la muestra del mismo (punto 7) ubicada aguas arriba de las descargas geotermales presentó concentraciones de As de 0,263 ppm. Aguas debajo de este punto dos descargas geotermales con formación de terrazas de travertinos fueron muestreadas. La muestra 8 corresponde a una descarga geotermal y presenta valores de As de 1,969 ppm, mientras que la muestra 9 pertenece a una terraza de travertino con valores de As de 16,2 ppm. La muestra 10, de descarga geotermal, posee un contenido de As de 1,793 ppm y en la misma zona, la terraza colectada como muestra 11 arrojó valores de 628 ppm de



este elemento. Por su parte, la muestra del arroyo ubicada aguas abajo (muestra 12) presentó contenidos de As de 0,922 ppm, lo que evidencia un incremento notorio en las concentraciones de este elemento desde cabeceras a desembocadura en el río Varvarco (Fig. 1).

En el arroyo Covunco la muestra colectada aguas arriba de las descargas geotermales (punto 13) registró contenidos de As de 0,069. La descarga geotermal muestreada próximo a este arroyo corresponde al punto 14, con valores de As de 2,271; mientras que el punto 15, corresponde a los travertinos depositados en esa misma zona contienen 26,6 ppm de As. También se tomó una muestra del arroyo aguas abajo de las descargas (punto 16) en los que los valores obtenidos fueron de 0,584 ppm de As, mostrando al igual que en el caso anterior un incremento en As con el flujo al atravesar el área de descargas geotermales (Fig. 1)

Por otro lado y a modo de establecer la influencia que estos cursos aportan al agua del río Varvarco, se tomaron dos muestras, una ubicada aguas arriba (17) y otra aguas abajo (18) de la confluencia con los arroyos anteriormente descriptos (Fig. 1). La primera de ellas presenta contenidos de As de 0,009 ppm y la segunda de 0,144 ppm, lo que indica muestra que la concentración de As en el río Varvarco se incrementó hacia aguas abajo en más de dos órdenes de magnitud.

### Discusiones

Los resultados obtenidos evidencian que las descargas geotermales constituyen la principal fuente de aporte de iones As al agua superficial de los arroyos que interceptan. En todos los casos las descargas geotermales registraron concentraciones de As superiores a 1 ppm lo que representa al menos dos órdenes de magnitud superior a lo establecido como límite para el agua de consumo (valor de referencia 0,01 ppm, WHO, 2003). La movilización de As a partir de la circulación convectiva de los fluidos hidrotermales sería aun mayor a la registrada en la descargas. No obstante, el pH alcalino de las descargas geotermales (Villalba et al., 2018) favorece la precipitación de travertinos directamente asociados a estos fluidos hidrotermales que mitigan la contaminación del agua reteniendo el As. Esto se debe a que la calcita de los travertinos inmoviliza selectivamente el As a pH neutral y alcalino a través de procesos de adsorción y/o coprecipitación (Yokoyama et al., 2012). A su vez, asociado a los travertinos suelen presentarse depósitos de óxidos de hierro tal como se observó en el arroyo Ailenco, minerales que también intervienen en la retención del As por adsorción (Puccia et al., 2015).

### Conclusiones

Los arroyos del Sistema Domuyo en la zona estudiada presentan elevadas concentraciones de As producto de la contaminación geogénica de las descargas geotermales. Los travertinos asociados a dichas descargas constituyen fases minerales que adsorben parte del As de los fluidos geotermales disminuyendo la carga másica de As que ingresa al sistema fluvial. De esta manera se comportan como atenuantes naturales que mejoran la calidad del agua.

Los datos brindados en este trabajo intentan hacer un aporte al conocimiento de los procesos actuantes sobre el quimismo de las aguas y de las rocas asociadas que ayuden al entendimiento de estos ambientes. De esta forma se pretende poder ayudar a monitorear los posibles deterioros de la calidad del agua natural y de abastecimiento en un área cordillerana donde el recurso hídrico es escaso y se utiliza como fuente de agua potable.

### Bibliografía

- APHA (American Public Health Association).** 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC.
- Barcelona, Hernán.** 2015. Caracterización del sistema geotermal de Valle del Cura, San Juan. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Di Benedetto, F., Costagliola, P., Benvenuti, M., Lattanzi, P., Romanelli, M., Tanelli, G.** 2006. Arsenic incorporation in natural calcite lattice: Evidence from electron spin echo spectroscopy. *Earth and Planetary Science Letters*, 246(3-4), 458-465.
- Grootjans, A. P., Ten Klooster, W. P.** 1980. Changes of ground water regime in wet meadows. *Acta botánica neerlandica*, 29, 541-554.



- Hammarlund, L., & Piñones, J.** 2009. Arsenic in geothermal waters of Costa Rica—A minor field study. Stockholm, Sweden: MSc Thesis, Department of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology, TRITA-LWR LWR-EX-09-02.
- Panarello, H., Sierra, J. L., Pedro, G., D'Amore, F.** 1992. Isotopic and geochemical study of the Domuyo geothermal field, Neuquén, Argentina (No. IAEA-TECDOC--641).
- Puccia, V., Limbozzi, F., Avena, M.** 2015. Arsenic in porewaters of the unsaturated zone of an Argentinean watershed: adsorption and competition with carbonate as important processes that regulate its concentration. *Aquatic geochemistry*, 21(6), 513-534.
- Nath, B., Chakraborty, S., Burnol, A., Stüben, D., Chatterjee, D., Charlet, L.** 2009. Mobility of arsenic in the sub-surface environment: An integrated hydrogeochemical study and sorption model of the sandy aquifer materials. *Journal of Hydrology*, 364(3-4), 236-248.
- Stollenwerk, K. G.** 2003. Geochemical processes controlling transport of arsenic in groundwater: a review of adsorption. In *Arsenic in ground water* (pp. 67-100). Springer, Boston, MA.
- Villalba, E., Borzi, G., Tanjal, C., Carol, E., Páez, G.** 2018. Influencia de la descarga subterránea geotermal sobre la hidroquímica de los arroyos del campo geotermal Domuyo, Neuquén, Argentina. En XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, Salta. Química, Calidad y Contaminación del Agua. Volumen II, 21-28
- World Health Organization (WHO)** 2003. Arsenic in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/75) Google Scholar.
- Yokoyama, Y., Tanaka, K., Takahashi, Y.** 2012. Differences in the immobilization of arsenite and arsenate by calcite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 91, 202-219.