

DISTRIBUCIÓN DE FLUORURO GEOGÉNICO EN VERTIENTES AFLUENTES DEL ARROYO TELSEN, CHUBUT

María del Pilar Alvarez^{1,2}, Eleonora Carol³, Gabriela Massaferrero^{2,4}, Lina Sonia Videla¹, Tomás Bosco¹, Pablo José Bouza⁴ y César Mario Rostagno¹

¹ Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC-CONICET), Puerto Madryn, Argentina.

² Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB), Puerto Madryn, Argentina.

³ Centro de Investigaciones Geológicas (CIG-CONICET-UNLP), La Plata, Argentina.

⁴ Instituto Patagónico de Geología y Paleontología (IPGP-CONICET), Puerto Madryn, Argentina.

E-mail: alvarezcenpat@conicet-gob.ar

Introducción

Dentro de los contaminantes inorgánicos del agua, el flúor representa un riesgo para la salud humana dado que su ingesta a largo plazo puede provocar fluorosis dental, fluorosis esquelética e incluso carcinogénesis de tejidos y órganos (Xiao et al., 2022). La Organización Mundial de la Salud y el Código Alimentario Argentino (CAA, 2007) fijan para el agua de consumo humano un valor de referencia para el fluoruro (F⁻) de 1,5 mg/L para la exposición a largo plazo. Algunos estudios indican que las regiones que tienen contaminación por F⁻ en las aguas subterráneas se caracterizan por la presencia de rocas de basamento cristalinas o lechos rocosos volcánicos donde la disolución de minerales que contienen flúor es favorecida por condiciones climáticas áridas/semiáridas (Kim y Jeong, 2005; Macdonald et al., 2011). Cuando la interacción agua – roca produce la liberación en solución de altas concentraciones de F⁻, se habla de contaminación geogénica, siendo ésta, una de las principales causas del deterioro de la calidad del agua por excesos de F⁻ en muchas regiones del mundo (Ali et al., 2016; Malago et al., 2017).

La Patagonia extrandina constituye una amplia región árida en donde dominan las rocas volcánicas y el agua superficial y subterránea suele tener elevadas concentraciones de contaminantes geogénicos traza tales como el F⁻. En el área de la Meseta de Sumuncurá existen numerosos asentamientos rurales, siendo uno de ellos la localidad de Telsen (Fig. 1) la cual se abastece de agua de vertientes tributarias al arroyo Telsen. Bajo ese contexto el objetivo de este trabajo fue caracterizar hidroquímicamente el agua y la distribución de fluoruros tanto en el agua superficial como subterránea de dicha cuenca.

Área de estudio

El área de estudio se localiza en el centro norte de Chubut, donde el clima es de tipo árido. Geográficamente esta zona se encuentra enmarcada en el borde sureste de la meseta de Somún Curá y comprende principalmente las sierras de Apas y Negra de Telsen (Fig. 1). La geología local está representada por la Fm. Marifil (Jurásico) aflorante en el sector NE del área y constituida por ignimbritas riolíticas, lavas y tobas. Sobre esta Fm. se encuentran las sedimentitas y piroclastitas del Grupo Chubut (Cretácico), a las que se les sobreimpone una importante actividad volcánica esencialmente básica que dio origen a extensas mesetas basálticas atribuidas a la Fm. Somún Curá (Oligoceno-Mioceno). En la Sierra de Apas, los basaltos de la Fm. Somún Curá se hayan intercalados con volcanitas y piroclastitas más alcalinas e intermedias (Cordenons et al. 2020) reunidas por Remesal et al. (2001) en el Complejo Volcánico Sierra de Apas. Éste incluye lavas e ignimbritas ácidas y traquíticas. El núcleo de la Sierra Negra de Telsen está constituido por lavas, piroclastitas e intrusivos que comprenden principalmente basaltos, traquitas y riolitas (Complejo Volcánico Sierra Negra de Telsen) que aquí son posteriores a

las efusiones de los basaltos de la Fm. Somún Curá y, además, se hayan intruidas por diques de basaltos olivínicos de edad pliocena. Los afloramientos de la Sierra de Apas están parcialmente cubiertos por conglomerados y areniscas de la Fm. Pampa Sastre que representarían depósitos de pie de monte generados por la erosión de las volcanitas. En el Cuaternario se depositan los niveles de pie de monte alrededor de la Sierra Negra de Telsen formados por areniscas, gravas y limos. Los valles fluviales y lagunas endorreicas se encuentran rellenas por depósitos aluviales y coluviales de arenas, limos y arcillas (Ardolino y Franchi, 1996).

Hidrológicamente la cuenca se compone del arroyo Telsen, de bajo caudal y de tipo permanente que fluye de NO a SE, y de numerosos cursos efímeros que drenan hacia el mismo. Estos cursos presentan en sus cabeceras vertientes ya sea en rocas o sedimentos y a lo largo de los valles, tramos con mallines donde se forman pequeños cursos de agua que por sectores se infiltran.

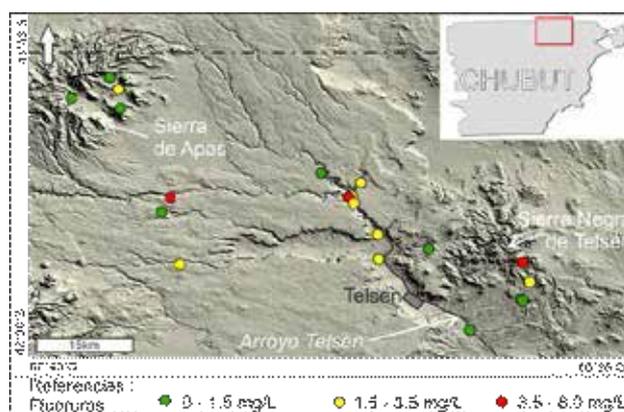


Figura 1.- Ubicación del área de estudio, localización de los sitios de muestreo y contenido de flúor en aguas

Metodología

Se realizó un relevamiento hidrogeológico (abril 2022 y noviembre 2022) donde se muestrearon fuentes de agua e identificó la litología asociada. Se tomaron 25 muestras entre, vertientes, molinos y arroyos. En ellas se determinó in situ la conductividad eléctrica (CE) y en laboratorio iones mayoritarios y fluoruro. Las determinaciones de iones mayoritarios se efectuaron en el laboratorio de Suelos de Ecosistemas Patagónicos (LASUEP-IPEEC-CONICET) siguiendo métodos estandarizados APHA (1998). Carbonatos (CO₃²⁻), bicarbonatos (HCO₃⁻), cloruro (Cl⁻), calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺) fueron determinados por titulación; sodio (Na⁺) y potasio (K⁺) por fotometría; sulfatos (SO₄²⁻) y nitratos (NO₃⁻) por espectroscopía UV-Visible. El análisis de fluoruro se realizó en el laboratorio de ALUAR Aluminio Argentino por el método de determinación basado en la norma ASTM D 3270.

Resultados

Las mediciones de la CE del agua en mallines, arroyos, vertientes y pozos muestran una gran variabilidad, presentando los menores valores (85 $\mu\text{S}/\text{cm}$), las muestras de las vertientes localizadas en la Sierra de Apas y los mayores (6040 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en el agua subterránea del sector NE. Por su parte, los mallines y sectores del arroyo Telsen tienen valores de CE intermedios. En la mayoría de las muestras de vertientes y mallines, el agua es de tipo bicarbonatada siendo en algunas bicarbonatada-cálcica o sulfatada-sódica, esta última facie corresponde a aguas con mayor CE. El agua del arroyo Telsen en general es de tipo sulfatada-sódica y la subterránea con valores más elevados de CE es de tipo clorurada-sódica (Fig. 2).

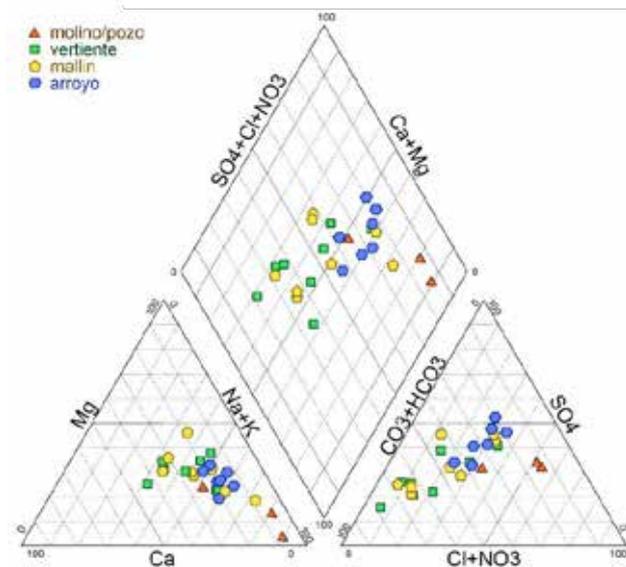


Figura 2.- Diagrama Piper de clasificación de aguas.

Respecto al contenido de F^- , éste se encuentra en el 75% de las muestras por encima del límite de 1,5 mg/L llegando hasta valores de 8 mg/L (Fig. 3). Los menores contenidos se encuentran en las vertientes y mallines y corresponden a las aguas más dulces y los mayores, a las más salinas, evidenciándose en general una buena correlación directa entre CE, y F^- . No obstante, en una muestra de baja salinidad y de tipo bicarbonatada sódica, asociada a rocas alcalinas también se detectaron contenidos de F^- muy elevados (Fig. 3).

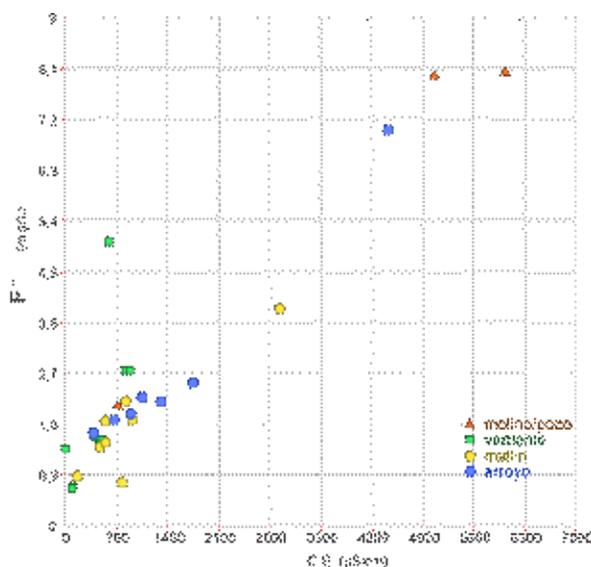


Figura 3.- Relación fluoruro vs. conductividad eléctrica

Conclusiones

La distribución del flúor en la zona estudiada no es homogénea, presentando valores variables en un rango que va desde contenidos aceptables hasta valores que superan ampliamente los recomendados en el CAA (2007). El origen del F^- en la zona podría atribuirse a diversas fuentes. Por un lado, en el NE de la zona de estudio, dada la cercanía con la Fm Marifil, su origen podría atribuirse a la disolución de las vetas de fluorita presentes en dicha formación. Por otro lado, el aumento del contenido de F^- con la CE desde las partes altas de la cuenca hacia las zonas bajas, indicaría que existe una incorporación de iones en solución (incluido F^-) a lo largo del flujo producto de la interacción del agua con las rocas. Por otro lado, otro origen del F^- podría atribuirse a la alteración de rocas asociadas a vulcanismo alcalino lávico y piroclástico (NO y SE de la zona) de variada composición y que tienen componentes que pueden tener flúor en su estructura tales como biotita, anfíboles y vidrio volcánico.

Este estudio, si bien es preliminar, aporta elementos para comprender el origen y distribución de este elemento en las aguas de la zona.

Referencias Bibliográficas

- Ali, S., Thakur, S.K., Sarkar, A. et al. (2016). "Worldwide contamination of water by fluoride". *Environmental Chemistry Letters* 14, 291–315 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10311-016-0563-5>
- Ardolino, Alberto A. y Franchi, Mario, (1996). "Hoja Geológica 4366-I Telsen. Provincia de Chubut". *Boletín*; 215. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Boletín* 215, 110 pp. Buenos Aires
- Código Alimentario Argentino (2007). Capítulo XII. Art. N° 982. Resolución N°68/2007 y N°196/2007. Modificación 2012 (Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012). Ministerio de Salud. Bs. As. Argentina.
- Cordenons, P., Remesal, M., Salani, F. y Cerredo, M. E. (2020). Temporal and spatial evolution of the Somún Curá Magmatic Province, Northern Extra-Andean Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 104, 102881. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102881>
- Kim, K. Jeong G.Y. (2005). "Factors influencing natural occurrence of fluoride-rich groundwater: a case study in the southeastern part of the Korean Peninsula". *Chemosphere*, 58 (10), pp. 1399-1408
- Macdonald, R. Baginski, B. Leat, P.T. White, J.C. Dzier-zanowski, P. (2011). "Mineral stability in peralkaline silicic rocks: information from trachytes of the Menengai volcano, Kenya". *Lithos*, 125, pp. 553-568
- Malago, J., Makoba, E., & Muzuka, A. N. (2017). Fluoride levels in surface and groundwater in Africa: a review. *American Journal of Water Science and Engineering*, 3(1), 1-17.
- Remesal, M., F. Salani, M. Franchi Y A. Ardolino, (2001). "Hoja Geológica 4169-IV, Maquinchao. Provincia de Río Negro". Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín* 312, 68p. Buenos Aires.
- Xiao, Y. Hao, Q.C. Zhang, Y.H. Zhu, Y.C. Yin, S.Y. Qin, L.M. Li. X.H. (2022). Investigating sources, driving forces and potential health risks of nitrate and fluoride in groundwater of a typical alluvial fan plain. *Sciences of the Total Environment*, 802, Article 149909

Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca en los proyectos PIP 11220200102386CO y PICT-2021/00417. Las autoras y autores quieren agradecer Federico Uhrich y al laboratorio de ALUAR Aluminio Argentino por la realización de las determinaciones de fluoruros.