

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MANANTIALES QUE SUSTENTAN A ZONAS DE MALLINES EN ALTA MONTAÑA

Carolina Calvi ^a, Lucas Fennell ^b, Claudia Di Lello ^c, Eleonora Carol ^c y Maximiliano Naipauer ^a

a. Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS, CONICET-UBA), Intendente Guiraldes 2160, Ciudad Universitaria, Pabellón INGEIS, 1428 CABA +54 11 52857958. calvi@ingeis.uba.ar

b. Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber (IDEAN), CONICET - Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160, Pabellón II, 1428, Buenos Aires, Argentina. lucasfennell90@gmail.com

c. Centro de Investigaciones Geológicas (CIG-UNLP-CONICET), Diag. 113 y 64, B1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. cdilello@fcnym.unlp.edu.ar

calvi@ingeis.uba.ar, lucasfennell90@gmail.com, cdilello@fcnym.unlp.edu.ar, eleocarol@fcnym.unlp.edu.ar, maxinaipauer@gl.fcen.uba.ar

Introducción

La alta cordillera de la provincia de San Juan es una región árida donde la disponibilidad de agua en calidad y cantidad es una de las principales limitantes para el desarrollo de las comunidades rurales. En esta región los manantiales y mallines asociados a estos adquieren relevancia como fuente de abastecimiento de agua y forraje para cría del ganado.

La existencia de los mallines está íntimamente relacionada a la presencia de manantiales, siendo la descarga de agua subterránea sostenida en el tiempo la que da lugar a que estos ambientes puedan desarrollarse (Melendi et al., 2021; Álvarez et al., 2021). No obstante, a pesar de la importancia de los acuíferos asociados a mallines, la composición química de las aguas es una temática poco conocida. Esto se debe a que los mallines ocupan áreas muy restringidas, en ocasiones de difícil acceso, estando heterogéneamente distribuidos en diversos entornos geomorfológicos (Mazzoni y Rabassa, 2013). Dentro de la región cordillerana los mallines cubren pequeñas superficies de diferentes formas y tamaños localizadas en los bordes de los cauces con agua permanente o asociados a manantiales en zonas de laderas donde el cambio brusco de la pendiente intercepta al nivel freático.

Considerando que la composición química del agua de los manantiales está condicionada por las rocas por las cuales circula el agua subterráneamente, el objetivo del trabajo es analizar las variaciones espaciales en las facies hidroquímicas determinando los condicionantes geológicos que regulan las concentraciones de iones mayoritarios.

Materiales y métodos

Inicialmente se realizaron análisis en imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8-9 Oli mediante el renderizador multibanda del software libre QGIS 3.2 para identificar áreas de humedad asociadas a presencia de manantiales. Posteriormente se analizó la geología regional del área a partir de la Hoja geológica de La Ramada (Cristallini et al., 1996). En base a eso se seleccionaron tres sitios para el muestreo de agua y se realizaron relevamientos geológicos de detalle durante febrero de 2023. Un sitio corresponde a Pampa Manantial (PM) ubicado en la Cordillera Frontal, otro a Valle Hermoso (VH) en la Cordillera Principal, mientras que el tercero correspondiente a Vegas de Gallardo (VG) se localiza en un área de transición entre los dos anteriores (Fig. 1). In situ, en cada punto de muestreo de agua se midieron con equipos portátiles de campo el pH y la conductividad eléctrica (CE) y se determinaron en el laboratorio del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG) las concentraciones de los iones mayoritarios mediante métodos estandarizados (APHA,

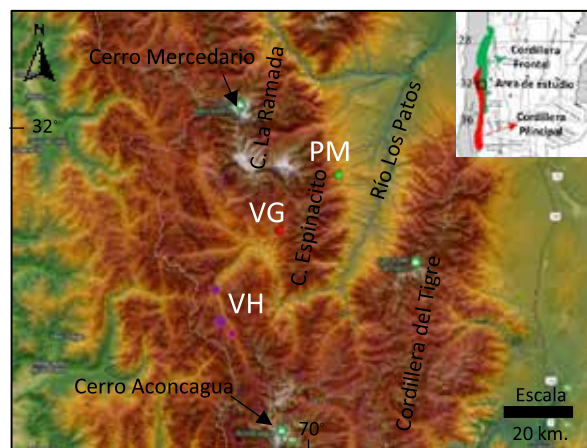


Figura 1.- Ubicación del área de estudio. Identificación de los sectores PM (Pampa Manantial), VG (Vegas Gallardo) y VH (Valle Hermoso)

La información hidroquímica fue analizada mediante los diagramas químicos convencionales de Piper (Piper, 1944) y diagramas de cajas.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias hidroquímicas en las tres áreas relevadas. En el área de PM, el agua tiene un pH de 7,8 y CE medias de 113 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dominando las facies bicarbonatadas cálcicas (Fig. 2 y 3). En la zona de las VG, el agua presenta pH promedios similares a PM con valores de CE medios de 356 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo la facies característica de tipo bicarbonatada magnésica a bicarbonatada mixta (Fig. 2 y 3). En la zona de VH, se registraron mayores valores de pH y CE respecto a los sectores muestreados en PM y VG, con valores medios de 8,0 y 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Además, se diferencian en la tipificación química ya que presentan facies sulfatadas y en algunos casos algo cloruradas con dominancia del catión calcio y de manera subordinada el sodio (Fig. 2 y 3).

En los relevamientos geológicos de campo del área de PM se identificaron depósitos cuaternarios fluviales y aluvionales. Estos cubren discordantemente a areniscas conglomerádicas depositadas en un paleoambiente de tipo fluvial correspondiente a la Formación Chinchas (Jordan et al., 1996). En el sector muestreado de VG aflora la Formación Rancho de Lata, la cual se compone de niveles piroclásticos formados por tobas y brechas ignimbríticas. La misma representa un paleoambiente de sedimentación continental de depósitos fluviales y lacustres con fuerte influencia de aporte piroclástico, brechas ignimbríticas y tobas (Álvarez y Ramos 1999).

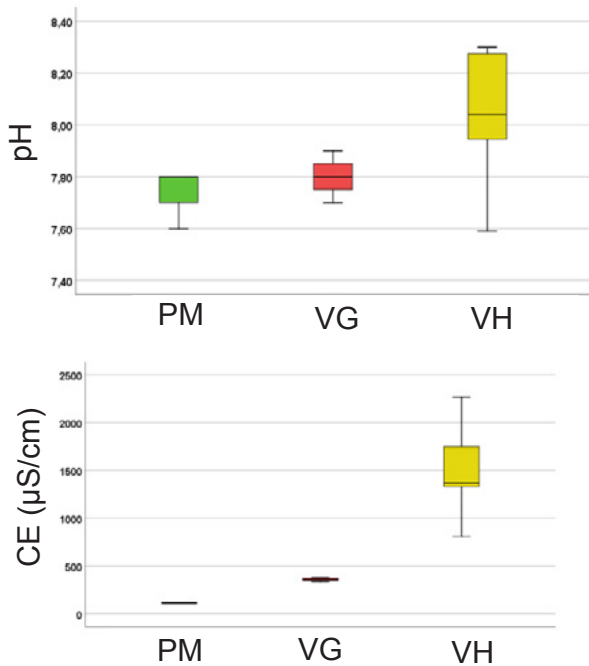


Figura 2.- Diagrama de cajas de manantiales y mallines del sector PM (Pampa Manantial), VG (Vegas de Gallardo) y VH (Valle Hermoso)

Por último, en la zona de VH se identificaron rocas de naturaleza evaporítica y depósitos de tipo volcanoclásticos. Cristallini (1996) describe a estos depósitos de yeso y anhidrita (Formación Auquilco) como generados en un ambiente depositacional de tipo marino restringido y con alta salinidad.

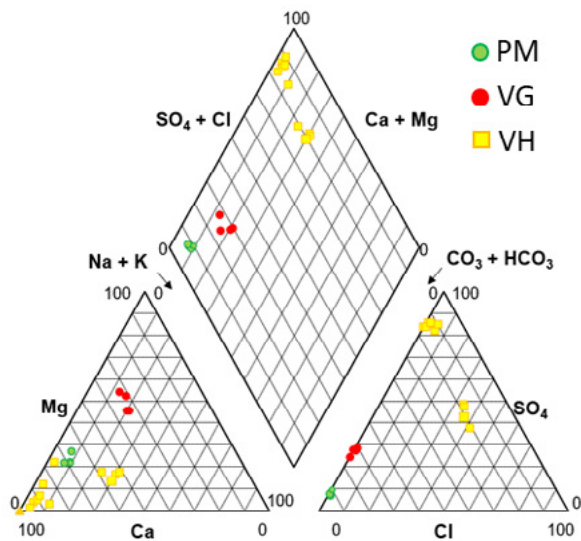


Figura 3.- Diagrama de piper de manantiales y mallines del sector de PM (Pampa Manantial), VG (Vegas de Gallardo) y VH (Valle Hermoso)

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian el fuerte condicionamiento geológico sobre las facies hidroquímicas. El agua subterránea antes de descargar en los manantiales fluye por las distintas formaciones geológicas adquiriendo iones en solución a medida que altera o disuelve los minerales de las rocas. Facies hidroquímicas bicarbonatadas cálcicas de bajas salinidades y pH levemente alcalinos registradas en PM se asocian a procesos de

interacción con rocas sedimentarias silicoclásticas de la Cordillera Frontal. Por otra parte, las facies bicarbonatadas magnésicas, de bajas CE y pH levemente alcalinos presentes en el área VG se asocian a la interacción del agua con depósitos volcanoclásticos. Mientras que, en el sector de VH de la Cordillera Principal la presencia de formaciones geológicas asociadas a depósitos marinos evaporíticos imprime en el agua una señal química mayormente sulfatada cálcica con mayores CE y pH alcalinos. Cabe destacar que si bien VG se encuentra ubicada en un sector transicional entre las provincias geológicas de las Cordilleras Principal y Frontal, las características geológicas y química del agua son más similares al área de PM en Cordillera Frontal.

Las Cordilleras Frontal y Principal conforman una amplia región árida montañosa en donde los pequeños asentamientos rurales que en ellas se desarrollan dependen en gran medida de los manantiales como fuente de abastecimiento y de los servicios ecosistémicos brindados por los mallines. Estudiar los condicionantes geológicos que determinan la composición del agua y en consecuencia su calidad resulta de vital importancia a fin de identificar zonas en donde la interacción del agua con las rocas pueda generar limitaciones de potabilidad que afecten su uso tanto para consumo humano como para el ganado. En este sentido este trabajo si bien muestra resultados preliminares, aporta datos novedosos en una zona donde los estudios hidrogeológicos e hidroquímicos son escasos.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, P.P. y Ramos, V.A. (1999). "The Mercedario Rift System in the Principal Cordillera of Argentina and Chile (32°SL)". *Journal of South American Earth Sciences* 12(1): 17-31
- Álvarez, M. P., Carol, E. S., Pasquale Pérez, M. P., Melendi, E., Villalba, E. (2021). "Hydrochemistry of Patagonia wet meadows (mallines) under different geological frames". In: environmental assessment of Patagonia's water resources. Torres, and Campodonico (Eds).
- APHA (1998) "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- Cristallini, E. A. (1996). "Estructura de la alta Cordillera de San Juan". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2911_Cristallini.pdf
- Cristallini, E.O., Alvarez, P., Pérez, D., Ramos, V.A. (1996). "Carta geológica, región La Ramada, provincia de San Juan". En Ramos, V.A. et al., Geología de la región del Aconagua, Provincia de San Juan y Mendoza. Subsecretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico. Vol. 24, mapa fuera de texto. Buenos Aires".
- Jordan, T.E., Tamm, V., Figueroa, G., Flemings, P.B., Richards, D., Tabbutt, K., Cheatham, T. (1996). "Development of the Miocene Manantiales foreland basin, principal cordillera, San Juan, Argentina". *Rev. Geol. Chile* 23 (1), 43-79.
- Mazzoni, E., Rabassa, J. (2013). "Types and internal hydrogeomorphologic variability of mallines (wet-meadows) of Patagonia". *Emphasis on volcanic plateaus. Journal of South American Earth Sciences*, 46, 170-182
- Melendi, E., Tanjal, C., Borzi, G., Raigemborn, M., Carol, E. (2020). "Hydrodynamic and hydrochemistry of wet meadows and shallow lakes in areas of the patagonian basaltic plateaus, Argentina." *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140897>.
- Piper, A. M. (1944). "A graphic procedure in the geochemical interpretation of wateranalyses". *American Geophysical Union*, 26(6), 914-928. <http://dx.doi.org/10.1029/TR025i006p00914>