

*Libro de Resúmenes*

# **XI Jornadas de las Ciencias de la Tierra**

## **Dr. Eduardo Musacchio**

**6 y 7 de junio de 2024, Comodoro Rivadavia,  
Chubut, Argentina**

**Editores:**

**Andrea De Sosa Tomas**

**Rodrigo Díaz**

**Lucía Farías Fuenzalida**

**Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Naturales  
y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia  
San Juan Bosco**



**EDUPA**  
Editorial Universitaria  
de la Patagonia



Universidad  
Nacional de la  
Patagonia  
San Juan Bosco



## ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES HIDROGEOQUÍMICAS DE MANANTIALES DE LA CORDILLERA SANJUANINA

CALVI, C.<sup>1</sup>; CAROL, E.<sup>2</sup>; FENNELL, L.<sup>3</sup>; DI LELLO, C.<sup>2</sup> y NAIPAUER, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS, CONICET-UBA), Ciudad Universitaria, Intendente Güiraldes 2160, Buenos Aires, Argentina. E-mail: carocalvi1982@email.com.ar.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Geológicas (CIG-UNLP-CONICET), Diag. 113 y 64, B1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber (IDEAN), CONICET - Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160, Pabellón II, Buenos Aires, Argentina.

Las descargas de agua subterránea sostenidas en el tiempo, como es el caso de los manantiales que alimentan a los mallines en el entorno árido cordillerano de la provincia de San Juan, son fundamentales para el abastecimiento de agua local, así como para conservar y garantizar la biodiversidad y el funcionamiento hidrológico del ecosistema de alta montaña. En este tipo de ambiente, es crucial considerar tanto la cantidad como la calidad del recurso para sus diversos usos. El quimismo resultante dependerá de la composición mineralógica de las formaciones geológicas con las que el agua interacciona y de su tiempo de contacto (Sidle, 1998; Clark, 2015). Por tanto, el objetivo del trabajo es analizar las variaciones hidrogeoquímicas que surgen de la interacción agua-roca y afectan la composición de manantiales localizados en las Cordilleras Principal, Frontal, y un sector transicional entre ambas. Para lograrlo, se realizaron relevamientos de campo de las formaciones geológicas que atraviesa el agua y se tomaron 18 muestras de manantiales para análisis de iones mayoritarios en laboratorio. De la totalidad de las muestras, cuatro corresponden a Pampa Manantial (PM, Cordillera Frontal), cuatro a Vega Gallardo (VG, sector transicional) y diez muestras a Valle Hermoso (VH, Cordillera Principal).

En cada sitio de muestreo se le midieron al agua los parámetros fisicoquímicos de pH y conductividad eléctrica (CE). Los resultados hidroquímicos fueron analizados mediante gráficos de Stiff (1951) y relaciones iónicas.

En los relevamientos geológicos del área de la Cordillera Frontal correspondientes a PM se identificaron depósitos cuaternarios fluviales y aluvionales que cubren discordantemente a areniscas conglomerádicas depositadas en un paleoambiente de tipo fluvial (Fig.1-a1). En el sector cordillerano transicional Frontal-Principal en el que se muestrearon las descargas subterráneas de VG (Fig. 1-b1), afloran niveles piroclásticos formados por tobas y brechas ignimbríticas. Esta litología responde a un paleoambiente de sedimentación continental de depósitos fluviales y lacustres con fuerte influencia de aporte piroclástico, brechas ignimbríticas y tobas. Finalmente, en el sector de la Cordillera Principal, en los manantiales muestreados en la zona de VH (Fig. 1-c1-d1), se identificaron rocas de tipo volcánicas y evaporíticas, principalmente yeso y anhidritas. Estas últimas están asociadas a un paleoambiente depositacional de tipo marino restringido y con alta salinidad.

La concentración y las proporciones de los iones mayoritarios registran variaciones en los distintos sectores de los manantiales relevados. El área de Pampa Manantial, correspondientes a los puntos censados PMW1, PMW2, PMW3 y PMW4, se caracteriza por tener bajas CE (promedio de 113  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH levemente alcalinos (pH 7,7) y agua de tipo bicarbonatada cálcica. Dentro de estos iones dominantes, el bicarbonato presenta concentraciones cercanas a 1 meq/L y el calcio un promedio de 0,75 meq/L (Fig. 1-b1). Los bajos valores de CE responden a la escasa mineralización de estas aguas que afloran en superficie (Fig. 2a).

Respecto al sector transicional, Cordillera Principal-Frontal, las descargas subterráneas muestreadas en VG1, VG2, VG3 y VG4 presentan mayores contenidos de iones disueltos con CE promedios de 356  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y con pH de 7,8 (Fig. 2a). El anión dominante es al igual que en PM el bicarbonato, el cual se presenta en concentraciones próximas a 2 meq/L,

mientras que en este caso el catión dominante es el magnesio con promedio de 1,8 meq/L (Fig. 1-b1).

Finalmente, los manantiales del sector muestreado de la cordillera Principal se los agrupa en VHa y VHb en función de las variaciones hidrogeoquímicas encontradas. Así, el subgrupo VHa (VHW9, VHW10, VHW11, VHW12) está situado al norte de Valle Hermoso y VHb (VHW1, VHW2, VHW3, VHW4, VHW5 y VHW6) está ubicado más al sur del mismo valle, atravesando formaciones volcánicas y evaporíticas de tipo sulfatada.

En VHa las aguas son algo más alcalinas que en los sectores anteriores con pH de 8,2 y una mayor mineralización, con CE promedio de 1300 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los aniones dominantes son el sulfato y el cloruro con concentraciones cercanas a 5 meq/L. Con relación a los cationes, el calcio resulta ser más abundante con valores promedios de 7 meq/L (Fig. 1-c1). Respecto al subgrupo VHb, las aguas siguen siendo alcalinas con pH de 8,0, pero se muestran algo más mineralizadas que VHa con CE promedio de 1530  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (Fig. 2a). La concentración del anión sulfato dominante promedia 12 meq/L, mientras que la abundancia de calcio tiene una concentración media de 13 meq/L (Fig. 1-d1).

Los datos fisicoquímicos obtenidos en PM y VG identifican bajas mineralizaciones en las aguas subterráneas que descargan en esos sectores de la Cordillera Frontal y transicional Frontal-Principal (Fig. 1, a1-b1). Esto se asocia con trayectorias de flujos cortos que circulan por rocas con minerales poco alterables de tipo silicatados.

La mayor mineralización de la señal hidroquímica de VH puede ser analizada mediante las relaciones iónicas  $\text{Ca}^{+2}/\text{SO}_4^{-2}$  vs  $\text{SO}_4^{-2}$  y  $\text{Na}^{+}/\text{Cl}^{-}$  vs  $\text{Cl}^{-}$  (Fig. 2b-2c). En el gráfico  $\text{Ca}^{+2}/\text{SO}_4^{-2}$  vs  $\text{SO}_4^{-2}$  se observa que las muestras de VH (principalmente VHb) incrementan sus concentraciones de  $\text{SO}_4^{-2}$  manteniendo una relación  $\text{Ca}^{+2}/\text{SO}_4^{-2}$  cercana a 1, lo que indicaría procesos de disolución de yeso/anhidrita. Por su parte, en el gráfico de  $\text{Na}^{+}/\text{Cl}^{-}$  vs  $\text{Cl}^{-}$  se observa que en una muestra de VHb y en todas las muestras de VHa los incrementos en  $\text{Cl}^{-}$  ocurren con una relación  $\text{Na}^{+}/\text{Cl}^{-}$  cercana a uno, característica que indicaría la disolución de halita, aunque en bajas cantidades ( $<$  de 5 meq).

Las bajas concentraciones adquiridas por disolución de yeso/anhidrita y halita estarían también indicando una trayectoria de flujos cortos vinculada a la disolución de minerales solubles. En consecuencia, la presencia de facies sulfatadas – cloruradas no indican un flujo intermedio o regional en donde la salinidad es mayor y el contenido de iones mayoritarios responde a la secuencia de Chevoterev (1955).

El estudio detallado de la litología y de los procesos de interacción agua-roca que ocurren en las distintas zonas analizadas, resultaron claves para poder analizar la variabilidad hidrogeoquímica del agua subterránea que descarga superficialmente en estos ambientes áridos de alta montaña. La caracterización de la composición química de los manantiales es crucial para la gestión sostenible de los recursos hídricos, para garantizar su uso adecuado en diferentes actividades humanas y para evaluar su potencial impacto en el ambiente.

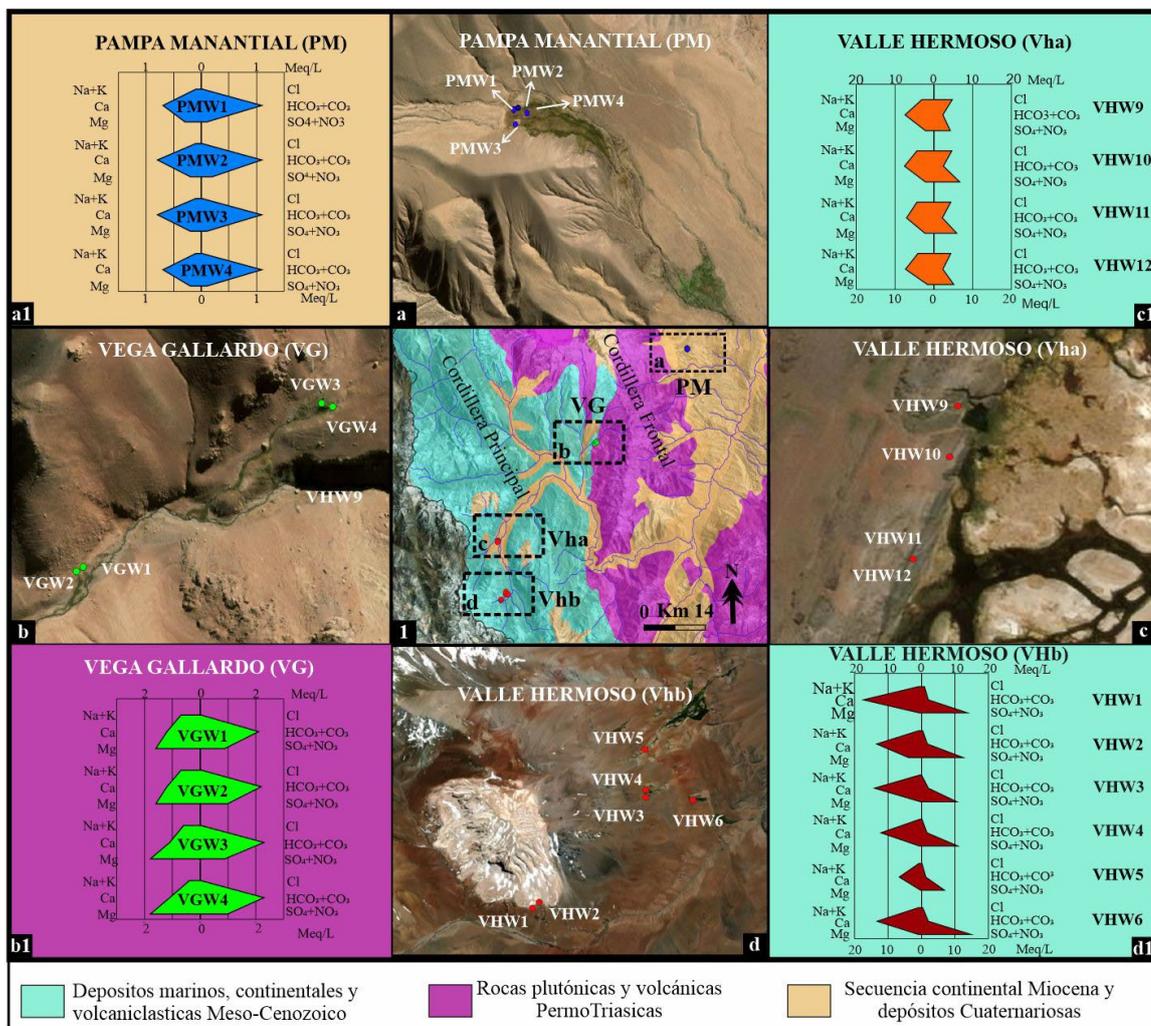


Figura 1. 1) Ubicación e identificación general del estudio; Manantiales y diagrama de stiff: a-a1) Pampa Manantial; b-b1) Vega Gallardo; c-c1), d-d1) Valle Hermoso.

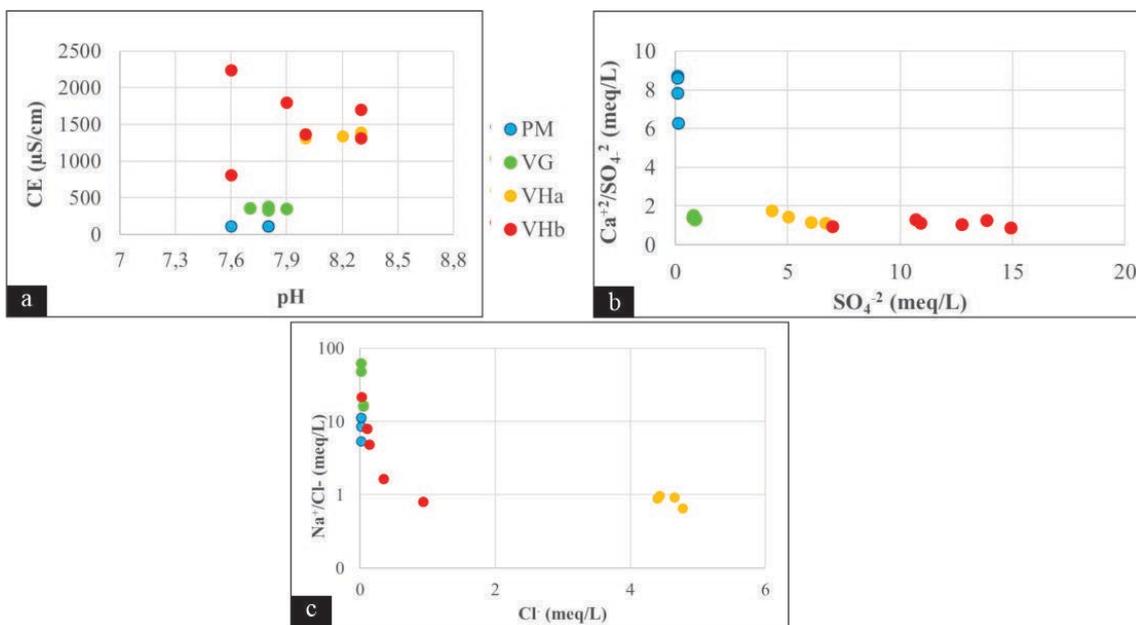


Figura 2. a) Relación entre CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y pH. b y c) relaciones iónicas  $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$  vs  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  vs  $\text{Cl}^-$ .

### Referencias bibliográficas

- Chebotarev, I.I. 1955. Metamorphism of Natural Waters in the Crust of Weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 8, 22–48. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(55\)90015-6](https://doi.org/10.1016/0016-7037(55)90015-6).
- Clark, I. 2015. *Groundwater Geochemistry and Isotopes*. CRC Press, Taylor and Francis Group, 456 pp.
- Sidle, R., Nilsson, B., Hansen, M., y Fredericia, J. 1998. Spatially varying hydraulic and solute transport characteristics of a fractured till determined by field tracer tests, Funen, Denmark. *Water Resources Research*, 34(10), 2515–2527. <https://doi.org/10.1029/98WR01735>.
- Stiff Jr. H. A. 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of petroleum technology* 3(10), 15–3.