



Asociación de Universidades  
GRUPO MONTEVIDEO



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# Evolución hidroquímica en un río de alta montaña, San Juan, Argentina

Battistella, Romina A.

Instituto Nacional del Agua- Centro Regional de Aguas Subterráneas

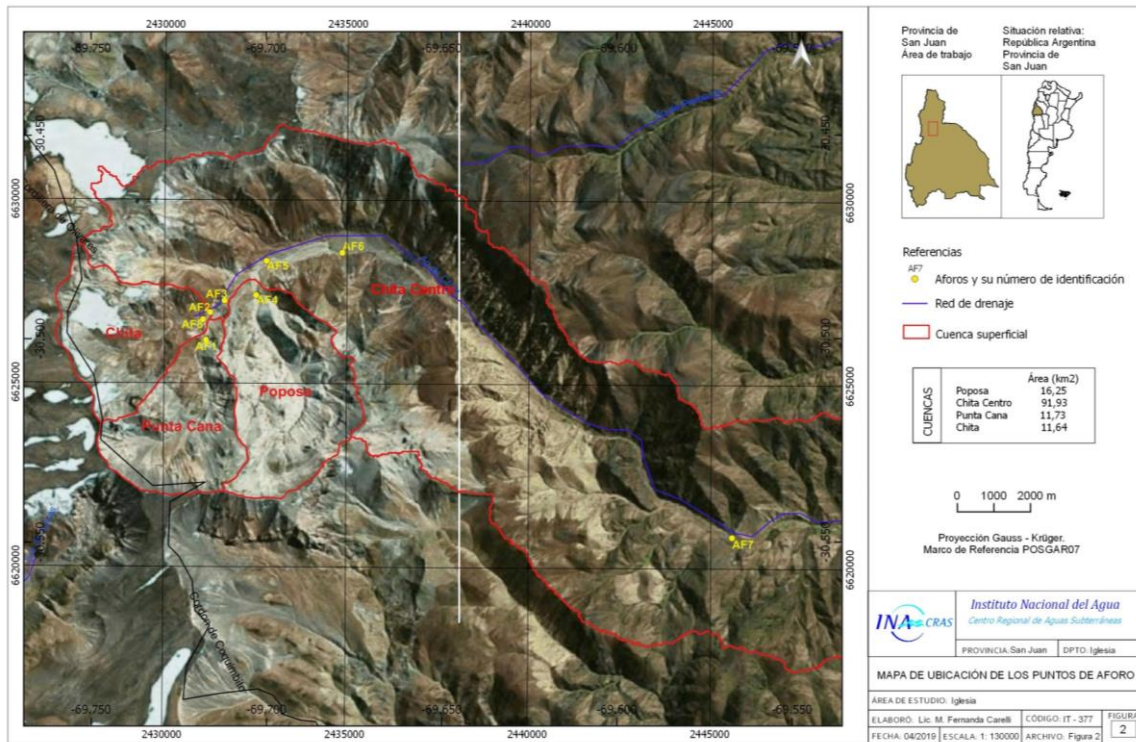
rbattistella@ina.gob.ar

**RESUMEN:** El presente trabajo tiene el objeto de interpretar los cambios hidroquímicos que se presentan en el agua del Arroyo Chita, Departamento de Iglesia, San Juan. El mismo se encuentra formado por dos tributarios que le confieren determinadas características, las cuales se van modificando aguas abajo. Ambos tributarios presentan agua sulfatada-magnésicas, sin embargo son significativamente diferentes en su composición química. El análisis de los iones principales, elementos no metálicos y metales trazas, junto a las variaciones en los caudales medidos, indica que existe un aporte de agua subterránea al arroyo en la mitad de su recorrido.

**PALABRAS CLAVE:** aporte subterráneo, agua sulfatada-magnésica, hidroquímica

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la investigación geoquímica de los ríos y arroyos de montaña ha recibido renovada atención, fundamentalmente orientada hacia el estudio de pequeñas cuencas hídricas (Wohl, 2000). Un estudio hidrológico realizado en la zona de estudio (Mérida, *et al.* 2019) presentó particularidades en la hidroquímica superficial lo que motivó profundizar sobre los procesos naturales involucrados. Así, el objetivo de éste trabajo es interpretar de forma preliminar los procesos que originan los cambios hidroquímicos que aparecen en el Arroyo Chita, a lo largo de su recorrido. El arroyo Chita, se encuentra ubicado en el sector nor-oeste de la provincia de San Juan. La cuenca del Arroyo Chita (Figura 1) es del tipo exorreica, sus caudales dependen de la fusión de nieves caídas durante el periodo invernal y raramente de lluvias. Los arroyos que le dan origen tienen sus orígenes a los 5.000 metros de altura en la Falda Oriental de la Cordillera de Olivares, donde la actividad glaciar persiste (Regairaz *et al.*, 1987), aunque en franco retroceso. El comportamiento hidráulico de los arroyos se corresponden con los de zona de montaña y de origen glacial-nival de la provincia, esto es: velocidades altas, secciones en V, fluctuaciones diarias con correspondencia a la variación térmica, transporte de sólidos y sin vegetación acuática. Dos arroyos tributarios forman el arroyo Chita, uno originado a partir de un glaciar y otro que se forma intermitentemente por derretimiento de nieves invernales que barren una antigua caldera volcánica, lo que confiere características particulares al flujo de agua. Su recorrido se extiende a lo largo de toda la cuenca circulando de noroeste a sureste hasta llegar al piedemonte, presentando modificaciones en el tipo de agua y en la concentración de iones, desde las nacientes hasta su descarga aguas abajo.



F

Figura 1: Mapa de ubicación de los puntos de aforo

## METODOLOGÍA

En sentido hidrológico, la zona comprende la porción superior de la Cuenca del Arroyo Chita. El muestreo se realizó en 3 fechas estivales (verano 2018-2019), con un mínimo de 30 días de diferencia entre cada una de ellas. Se establecieron 8 puntos de muestreo y aforo, enumerados y precedidos por el prefijo AF. Los mismos se ubicaron uno en cada tributario (AF1 y AF8) y 6 puntos a lo largo del recorrido del arroyo (AF2, AF3, AF4, AF5, AF6 Y AF7). La totalidad de las muestras fueron remitidas para su análisis al laboratorio del INACRAS, realizándose determinaciones de pH, conductividad eléctrica (CE), iones mayoritarios: sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), magnesio ( $\text{Mg}^+$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) constituyentes inorgánicos menores no metálicos: boro (B) y fluoruro ( $\text{F}^-$ ) y metales trazas disueltos: cadmio (Cd), estroncio (Sr), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), litio (Li), cobalto (Co), cinc (Zn) y cobre (Cu). Fueron calculados algunos parámetros químicos relevantes como alcalinidad (Alc.), dureza total (DT) y dureza de no carbonatos (DNC).

En el momento de la toma de muestras se realizó conjuntamente aforos en cada sitio. La elección del método de aforo dependió de las condiciones específicas de cada sitio; se utilizó el flotador para aquellos casos de tirantes muy bajos, menores a 20 cm y aforador sin cuello para el resto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra del tributario originado en la microcuenca Punta Cana (AF1) es el que presenta la mayor salinidad, la que expresada en términos de conductividad eléctrica alcanza

un valor de 2320  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que el pH también alcanza las 9,0 unidades. Entre los iones principales, el sulfato, son los que predominan definiendo a estas aguas como sulfatadas magnésicas. Siendo éste, el primer antecedente de éste tipo de agua en la región. También fueron determinados en esta muestra los mayores contenidos de boro, cinc, litio y estroncio. El punto AF8, sobre la microcuenca Chita (Figura 1) se origina por derretimiento glaciar, presentando la menor salinidad ( $\text{CE}=338 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) entre todas las muestras analizadas. El pH es alcalino e igual a 8,9 y de acuerdo al contenido relativo de los principales iones disueltos el agua es de tipo sulfatada magnésica bicarbonatada. Entre los metales trazas analizados, solo se registró presencia de hierro en una concentración medianamente importante e igual a 0,120 mg/l lo que estaría vinculado a la presencia de minerales de este elemento en la roca durante el recorrido del arroyo, que son percibidos a simple vista. Estas características se corresponden con el agua líquida de los glaciares, la que puede provenir de dos fuentes: de la fusión de nieve o hielo o directamente de lluvia. El sistema hidrológico interno de un glaciar es complejo variando de lugares de percolación (paso lento de fluidos a través de materiales porosos) a sistemas de túneles, grietas y cuevas. Dadas las elevadas temperaturas medias de verano, la fusión estival de nieve es un proceso dominante.

Si observamos los valores de caudales medidos AF1 en las tres fechas de muestreo (Figura 2), podemos observar que en la primer fecha estuvo congelado, en la segunda el caudal fue de 0.168  $\text{m}^3/\text{s}$  y en el último muestreo de 0,023  $\text{m}^3/\text{s}$ . Esas variaciones son propias del tipo de cauce intermitente, donde a partir del estado congelado y la presencia de nieve, aumenta el caudal vinculado al aumento de la temperatura ambiente y la insolación. Hacia finales de la temporada estival el caudal disminuye sustancialmente, debido a la culminación del proceso de deshielo. El agua en AF1 mantiene su característica de sulfatada magnésica en los tres muestreos realizados. La figura 3 muestra los valores de CE en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; SDC, AT, DT en mg/l que se encuentran a una escala simple de observar y donde puede verse como a partir de un valor inicial encontrado en el primer muestreo, bajan en el segundo a causa de la dilución de los elementos por la fusión de nieve y finalmente vuelven a aumentar en la última fecha muestreada, debido a la culminación del proceso de derretimiento, con la concomitante concentración de iones. El sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ) fue incorporado en éste gráfico por presentar valores altos y ajustarse adecuadamente a la escala representada. Los demás iones principales se muestrean en el figura 4, donde presentan la misma tendencia.



Figura 2: Valores de CE, SDC, Alc., DT y SO4 en el punto AF1 en las 3 fechas de muestreo.



Figura 4: Concentración de iones principales en el punto AF1 en las tres fechas de muestreo

A partir del aporte de AF1 y AF8, el arroyo Chita fue muestreado en los puntos AF2, AF3, AF4, AF5, AF6 y AF7. Los resultados analizados muestran como los contenidos de los elementos presentes en el agua en el punto AF1 se ven afectados por la dilución causada por el aporte de AF8 (agua glaciar), bajando sus concentraciones, entre los iones principales continua predominando el sulfato entre los aniones, mientras que entre los cationes, aparece el calcio como ion predominante, modificándose el tipo de agua a sulfatada cálcica desde el punto AF2 en adelante aguas abajo. Este cambio en las características químicas del agua a partir de AF2, diferentes a las de los arroyos que le dan origen, y la consideración de los cau-

dales medidos en cada uno de los puntos (AF8= 0.173 m<sup>3</sup>/s, AF1=0.023 m<sup>3</sup>/s y AF3= 0.268 m<sup>3</sup>/s, superior a la suma de ambos tributarios, permite inferir el aporte de una fuente diferente a los arroyos mencionados. En las campañas realizadas no se visualizó ningún afluente superficial en éste trayecto, lo que hace suponer que los cambios químicos e hidrológicos señalados, están generados por una descarga hídrica subterránea sobre el arroyo Chita.

A partir del punto AF3 y hasta el último punto muestreado aguas abajo en el arroyo Chita (AF7), la conductividad del agua crece hasta 1130 µS/cm (SDT 800 mg/l) y el pH disminuye ligeramente. En cuanto a la concentración de los principales iones disueltos se tiene que en éste tramo el calcio y el sulfato manifiestan un importante crecimiento (Ca de 37 a 150 mg/l y el SO<sub>4</sub> de 118 a 531 mg/l), mientras que el aumento del magnesio no es tan notable (16 a 46 mg/l). Por su parte el sodio, el bicarbonato y el cloruro muestran una pequeña disminución. Respecto al tipo de agua, se mantiene sulfatada cálcica en todo el tramo. El aumento de la salinidad descrito anteriormente está fundamentado por la disolución de sales agua abajo y por otro lado, por la infiltración del terreno recorrido, evidenciado en la disminución del caudal desde AF5 (0.350 m<sup>3</sup>/s) a AF6 (0.245 m<sup>3</sup>/s). Esto pone de manifiesto, el cese del aporte subálveo como generador de características distintivas al cauce.

Cuando se analizaron los datos de los iones principales de manera conjunta durante las tres fechas de muestreo se observó un comportamiento similar en todos ellos. A principios del verano (primer muestreo) la concentración de los mismos era alta, abruptamente sufren un descenso en el segundo muestreo y el valor más bajo en sus concentraciones lo presentan en el último muestreo. Sin embargo esas diferencias fueron muy evidentes en AF3 y más atenuadas hacia AF4 y AF5, otra certeza de la presencia y la influencia del aporte subterráneo al arroyo Chita que amortiguaría las características químicas provenientes de aguas arriba.

## CONCLUSIONES

Los afluentes del arroyo Chita presentan notables diferencias, un afluente glaciar de aguas poco salinas y bajo contenido de metales y por otro un afluente originado por deshielo de nieve invernal sobre una caldera volcánica, ambos afluentes con características muy distintas al resto del cauce. La mezcla de éstos afluentes sufre cambios aguas abajo que no pueden asociarse solamente a éstos dos aportes. El aumento del caudal, mayor a la suma de ambos arroyos pone de manifiesto la participación de otro aporte hídrico subterráneo que origina cambios sustanciales en los iones principales que van atenuando sus diferencias aguas abajo. Como aporte al conocimiento de la hidroquímica de la región, se encuentra el sulfato de magnesio como sal predominante en el agua de ambos tributarios que originan el Arroyo Chita.

## REFERENCIAS

Mérida, S.; Salvioli, L.; Battistella, R.; Ortega, I., García, E. y F. Carelli. (Abril, 2019). IT-377 INACRAS. Muestreo de aguas de los arroyos Chita y Poposa, ejecución de análisis físico-químicos e interpretación. San Juan, Argentina. pp. 1-3.

Regairaz, A., Suvires, G. M., Simon, W. (Junio, 1987) – “Síntesis geomorfológica regional de la provincia de San Juan” - República Argentina – presentado en X Congreso Geológico Argentino, San Miguel Tucumán, Actas III pp: 337-343.

Wohl, E. (2000). Mountain Rivers. Water Resources Monograph 14. American Geophysical Union, Washington, D.C., 320 pp.



Asociación de Universidades  
GRUPO MONTEVIDEO

25	SET		II CONGRESO DE AGUA AMBIENTE Y ENERGÍA
al	2019		
27			
Montevideo			AUGM

