



ELEMENTOS TRAZA DISUELTOS EN EL SISTEMA HÍDRICO DEL GLACIAR MANSO, RÍO NEGRO, ARGENTINA

DISSOLVED TRACE ELEMENTS IN THE MANSO GLACIER HYDROLOGICAL SYSTEM, RÍO NEGRO, ARGENTINA

Sepúlveda, Laura¹; Lecomte, Karina^{1,2}; Pasquini, Andrea^{1,2} y Temporetti, Pedro³

¹Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA), CONICET – UNC. Av. Vélez Sarsfield 1699 (X5016GCB), Córdoba, Argentina, ²Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC. ³Instituto de investigaciones en biodiversidad y medioambiente (INIBIOMA), CRUB – CONICET. Quintral 1250, (8400) San Carlos de Bariloche, Argentina.

l.sepulveda@conicet.gov.ar

Resumen

En el marco de un estudio integral cuyo objetivo es analizar la dinámica geoquímica e hidrológica del sistema hídrico del río Manso, se presentan aquí los resultados hidroquímicos referidos a la concentración y distribución de elementos traza y elementos de tierras raras (ETR), de muestras extraídas en 2017. Las concentraciones relativas de elementos traza son variables en relación al promedio composicional de los ríos prístinos del mundo (WA). La cuenca alta presenta, en general, las mayores concentraciones. El mismo comportamiento se observa en los elementos de tierras raras (ETR). Las aguas se encuentran enriquecidas en ETRL, excepto en la cuenca alta, donde están enriquecidas en ETRP. Algunas variables hidroquímicas (por ej., la relación Ca:Sr) indican que la fuente principal de los solutos en el agua de la cuenca alta son minerales carbonatados, mientras que en el resto del sistema se aprecia también la influencia de la alteración de silicatos.

Palabras clave: *Hidroquímica, lagos periglaciales, meteorización, ETR.*

Introducción

En las aguas naturales, los elementos traza disueltos son aquellos que presentan concentraciones menores a 1 mg/L (por ej. Gaillardet *et al.*, 2014). La meteorización química de las rocas, entre otros procesos, produce la liberación de los elementos traza y ETR, los cuales se hallan generalmente en los minerales accesorios. El estudio de estos elementos en los sistemas fluviales proporciona valiosa información acerca de los procesos de meteorización que tienen lugar en una cuenca. La concentración de elementos disueltos en el agua de ríos de montaña es considerablemente menor a la de los grandes ríos de llanura debido al poco tiempo de contacto agua-roca, la mínima contaminación antrópica y el escaso desarrollo del suelo y sedimentos (por ej., Lecomte, 2006). Se presentan aquí los resultados obtenidos en relación al contenido de elementos traza y ETR disueltos en el sistema hídrico del río Manso (Bariloche, Argentina).

Materiales y métodos

Área de estudio

La cuenca del río Manso se ubica en el noroeste de la Patagonia Argentina, en la provincia de Río Negro (41° 07' y 41° 47' S; 71° 15' y 71° 56' O, Fig. 1). La cuenca se encuentra dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Nahuel Huapi y forma parte de un sistema hídrico que cruza a territorio chileno hasta desaguar en el océano Pacífico. Las nacientes del río Manso se encuentran en la vertiente Argentina del Cerro Tronador (3.478 m.snm) y forman una serie de arroyos que se unen formando el río Manso Superior. Estos arroyos discurren sobre la Formación Tronador compuesta por basaltos olivínicos, andesitas, conglomerados y areniscas. Luego el río atraviesa una serie de lagos, fluyendo sobre tonalitas y granodioritas hornbléndicas del Batolito Patagónico Cordillerano (BPC) y/o brechas y lavas andesíticas, hornfels, areniscas y conglomerados del Complejo Volcánico-Sedimentario Cordillerano (CV-SC, marino). En la cuenca baja el río Manso recibe el aporte de los ríos Villegas y Foyel antes de atravesar la cordillera por el Paso del Manso (caudal estimado de 145 m³/s). El clima de la región es frío y húmedo con una temperatura media anual de 7,8°C. Los vientos predominantes

son del oeste y al ser interceptados por la Cordillera de los Andes pierden la mayor parte de la humedad, lo cual crea un gradiente de precipitación en la región patagónica muy marcado que varía desde 3000 mm/año al oeste hasta 500 mm/año hacia el este. Las precipitaciones, tanto pluviales como nivales, se concentran en los meses de mayo a julio y, junto con el agua de deshielo, alimentan al sistema del río Manso.

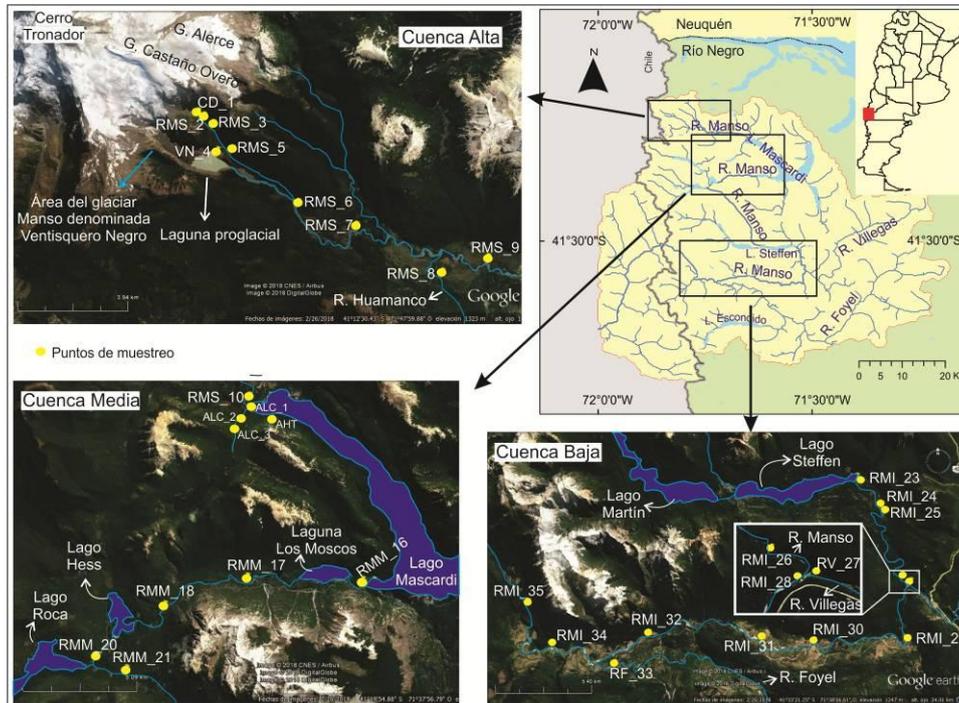


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

Muestreo y determinaciones analíticas

Se analizaron un total de 40 muestras de agua recolectadas en el año 2017 representativas de las cuencas, alta, media y baja del río Manso y sus afluentes (Fig. 1). Asimismo, se tomaron muestras de agua de una laguna proglacial próxima al glaciar Manso y de los lagos periglaciares del sistema. Se utilizaron técnicas de muestreo y métodos analíticos estándares para todas las determinaciones (Rice *et al.*, 2012). In situ se midió temperatura, pH, Eh, conductividad eléctrica (CE) y sólidos totales disueltos (STD), y se determinó la alcalinidad. Las muestras se tomaron en botellas plásticas, y fueron refrigeradas y transportadas adecuadamente al laboratorio. Los aniones mayoritarios fueron determinados mediante cromatografía iónica y los cationes mayoritarios, elementos traza y ETR, por espectrometría de masas (ICP-MS).

Resultados

La hidroquímica mayoritaria del sistema del río Manso fue analizada por Sepúlveda *et al.* (2018), quienes determinaron que las aguas son diluidas, con concentraciones de STD entre 13,7 y 58,1 mg/L. Son aguas neutras a ligeramente alcalinas (pH promedio de $7,5 \pm 0,3$). Los valores de CE, varían entre 22,4 y 115,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con una media de $59,1 \pm 17,9 \mu\text{S}/\text{cm}$. De los cationes mayoritarios, el Ca^{2+} es dominante en toda la cuenca; mientras que el HCO_3^- es el anión dominante, con excepción de la laguna proglacial y aguas abajo de ésta (cuenca alta), donde el SO_4^{2-} alcanza mayores concentraciones.

Con el fin de analizar el patrón general de distribución de elementos traza disueltos en el sistema del río Manso, las concentraciones fueron normalizadas a aquellas de la corteza continental superior (CCS, McLennan, 2001, Fig. 2) y al promedio composicional de ríos prístinos del mundo (WA, por sus siglas en inglés, Gaillardet *et al.*, 2014, Fig 3). En la figura 2 se incluyen además las concentraciones normalizadas de rocas volcánicas de la región (Tobal, 2015). En general, las concentraciones relativas de las rocas volcánicas son similares a las de

CCS, con excepción del Mn y el As, que se encuentran enriquecidos, mientras que el Rb, Cs, TI y en menor medida el Ba, Pb, Th y U se encuentran deprimidos. Si bien las concentraciones disueltas normalizadas a CCS responden en general a la diferente movilidad de los elementos, algunas anomalías registradas en las rocas se ven reflejadas en las aguas (por ej., As). Además, se advierte claramente que el patrón de distribución de elementos traza disueltos es similar al WA, aunque las concentraciones normalizadas son inferiores en la mayor parte de la cuenca, como se aprecia con más detalle en la figura 3.

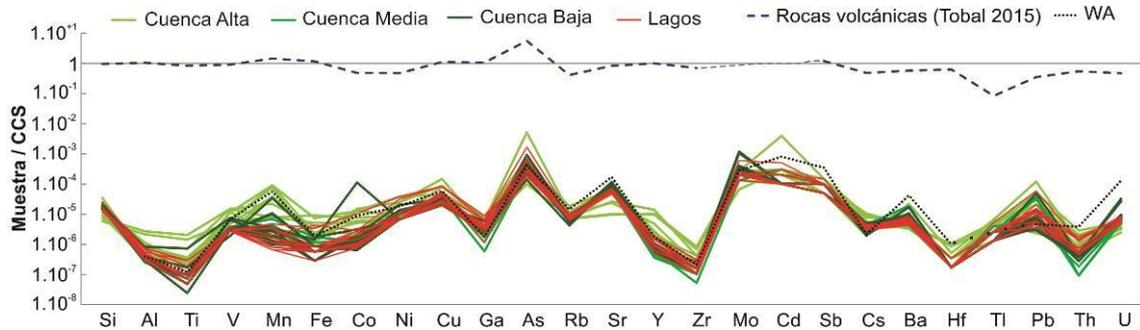


Figura 2. Diagrama multielemental normalizado a CCS de las aguas del sistema del río Manso. Se incluyen rocas volcánicas de la región y el WA para comparación.

En la figura 3 se observa que en la cuenca alta se presentan las mayores variaciones de las concentraciones normalizadas. En el resto de la cuenca, se aprecia un patrón común con variaciones menores. En general, los elementos Mn, Ti, Co, As, Pb e Y son los que muestran la mayor variabilidad (hasta 2 órdenes de magnitud). Por otro lado, el Mn, Co, Th y U son los elementos que presentan las menores concentraciones relativas, mientras que el Pb y Ti se encuentran más concentrados en relación al WA. Ambos elementos se encuentran en los minerales accesorios del área como sulfuros para el caso del Pb y Ti-Augita para el caso del Ti. Además, al igual que en la figura 2, se observa que las aguas de la cuenca alta son, en general, las que se encuentran más concentradas, disminuyendo sus concentraciones aguas abajo y en los lagos.

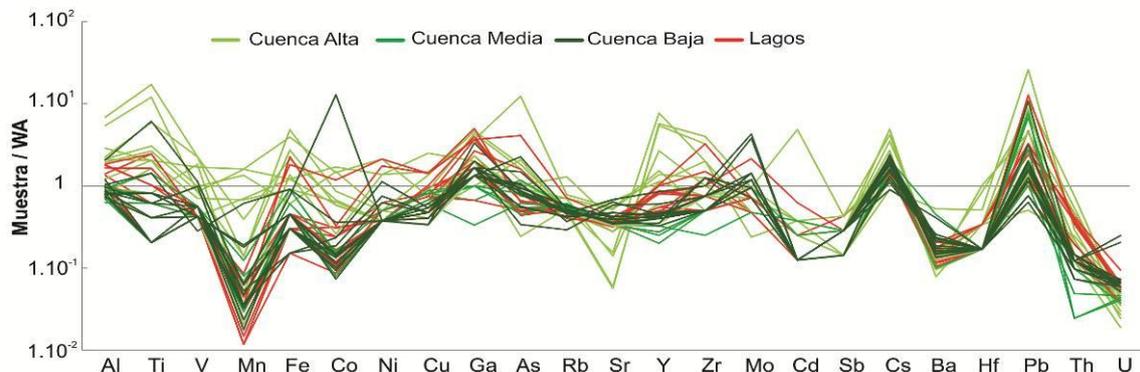


Figura 3. Concentraciones de elementos traza disueltos en el sistema del río Manso normalizadas al WA.

Se analizaron diversas relaciones elementales y sólo se observó una correlación positiva significativa entre el Ca y el Sr ($r^2 = 0,85$). La relación Ca:Sr es útil para evaluar el origen de los solutos y diferenciar los que provienen de la meteorización de rocas carbonáticas de aquellos originados a partir de la alteración de silicatos, ya que estos grupos minerales tienen proporciones diferentes de Ca:Sr (Blumm *et al.*, 1998). En la figura 4a se representan estas relaciones que indicarían que la fuente principal de los solutos en el agua de la cuenca alta son minerales carbonatados, (por ej., en la laguna proglacial Ca:Sr = 0,90), mientras que en el resto del sistema se aprecia también la influencia de la meteorización de silicatos (Ca:Sr = 0,66).

La \sum ETR disueltos en el agua del sistema del río Manso varía entre 0,15 y 1,59 $\mu\text{g/L}$, con un valor medio de $0,60 \pm 0,36 \mu\text{g/L}$. La figura 4b corresponde al diagrama multielemental de ETR disueltos, normalizados al WA. Al igual que los otros elementos traza, la cuenca alta y los lagos presentan las mayores concentraciones y también la mayor variabilidad. Las concentraciones

normalizadas disminuyen aguas abajo, particularmente en la cuenca media, probablemente debido a procesos de adsorción en arcillas, partículas coloidales orgánicas u óxidos e hidróxidos de Fe y Mn (por ej., García *et al*, 2007). El fraccionamiento de ETR se analizó mediante las relaciones La_N/Yb_N , donde N denota normalización a CCS. Las aguas que fluyen por las cabeceras de la cuenca se encuentran enriquecidas en ETRP ($La_N/Yb_N < 1$), al contrario que en el resto de la cuenca, donde se registró un enriquecimiento relativo de ETRL ($La_N/Yb_N > 1$).

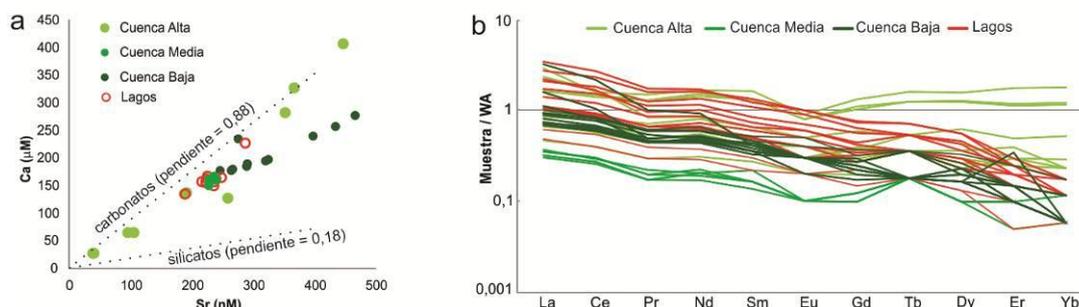


Figura 4. a) concentraciones de Ca vs Sr y b) concentraciones de elementos traza disueltos en el sistema del río Manso.

Conclusiones

Los elementos traza disueltos en el sistema del río Manso presentan un patrón de distribución semejante al de los ríos prístinos del mundo, aunque evidencian en general menores concentraciones, con la excepción de algunos elementos, como el Pb y el Ti, que superan en ~1 orden de magnitud los valores medios del WA, se infiere que la fuente de estos elementos son las rocas de la región. Se observó que las aguas más diluidas (en términos de STD) son las que presentan las mayores concentraciones de elementos traza y ETR disueltos. Esto ocurre en la cuenca alta, donde se ha identificado una fuente de solutos predominantemente carbonática. Aguas abajo y en los lagos analizados las concentraciones de elementos traza disminuyen y se observa además un aporte mixto de solutos, con una mayor influencia de la meteorización de silicatos que en la cuenca alta. Se están realizando modelaciones hidroquímicas a fin de determinar más detalladamente y cuantificar los procesos de meteorización que imprimen la señal química de las aguas del sistema.

Bibliografía

- Blum, J. D., Gazis, C. A., Jacobson, A. D., y Page Chamberlain, C.,** 1998. Carbonate versus silicate weathering in the Raikhot watershed within the High Himalayan Crystalline Series. *Geology*. 26(5): 411-414.
- Gaillardet, J., Viers, J., Dupré, B.,** 2014. Trace elements in river waters. En: Holland, H.D. and K.K. Turekian (Eds.). *Treatise on Geochemistry*, 2nd edn. Elsevier, 7.7: 195-235, Oxford.
- García, M. G., Lecomte, K. L., Pasquini, A. I., Formica, S. M., y Depetris, P. J.,** 2007. Sources of dissolved REE in mountainous streams draining granitic rocks, Sierras Pampeanas (Córdoba, Argentina). *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 71(22): 5355-5368.
- Lecomte K. L.,** 2006. Control geomorfológico en la geoquímica de ríos de montaña, Sierras Pampeanas, Provincia de Córdoba, República Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba.
- McLennan, S. M.,** 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2 Paper number 2000GC000109
- Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D. y Clesceri, L.,** 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22nd ed. American Water Works Assn, 1496 p.
- Sepúlveda, L. D., Lecomte, K. L., Temporetti, P., Pasquini, A. I., y Echegoyen, C. V.,** 2018. Análisis hidroquímico preliminar en la cuenca del río Manso, Río Negro Argentina. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, X Congreso Argentino de Hidrogeología y VIII Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la hidrogeología subterránea.
- Tobal, J. E.,** 2016. Estructura de los Andes Patagónicos Septentrionales entre los 41°30' y los 42° 30' S. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.