

Caracterización química e isotópica preliminar del agua superficial y subterránea en el Valle inferior del río Negro, Argentina

Mariza Abrameto¹, Cristina Dapeña², Beatriz Aldalur³, Ana Caro¹, Valeria Cecchini¹, Cynthia Fernandez¹, Melisa Szmulewicz¹, Mariángelos Travaglio⁴, Sergio Abate¹, Lucas Molina¹

¹Sede Atlántica, (UNRN), Don Bosco y Av. Leloir, (8500) Viedma, Río Negro, Argentina.

²Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS, CONICET-UBA), Pabellón INGEIS, Ciudad Universitaria, (C1428EHA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

³Dto de Ingeniería (UNS). Av. Alem 1253. (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

⁴Laboratorio de Diagnóstico Agroalimentario (FUNBAPA) Don Bosco 526, (8500) Viedma, R. N.

mabrameto@unrn.edu.ar

RESUMEN

El Valle Inferior del río Negro es una zona de más de 80.000 ha, ubicado sobre la margen sur del río homónimo. El área de explotación agrícola es extensa y en la época de producción se aplican diversos compuestos químicos. El río recibe los excedentes de riego de la zona productiva, a través de varios canales y desagües cloacales. De esta manera son de esperar impactos adversos de la calidad del agua por actividades humanas. En este marco se inició un proyecto de investigación cuyo objetivo es realizar un estudio de la interacción entre las aguas superficiales y subterráneas del valle inferior del río Negro así como el análisis de los aspectos hidrogeoquímicos e isotópicos, con énfasis en investigar la calidad regional del acuífero y del río. En este trabajo se presentan los primeros resultados químicos e isotópicos obtenidos en el agua del río y agua subterránea de pozos aledaños.

Palabras clave: agua superficial, agua subterránea, hidroquímica, isotopos estables, río Negro.

ABSTRACT

The low valley of the Negro river is a zone of more than 80000ha located on the south margin of the river. The area of agricultural exploitation zone is extensive and during production activities are added diverse chemical compounds. The river receives the surpluses of irrigation of the productive zone across several channels and also, the urban effluents. In this way, adverse impacts of water quality are expected from human activities. In this frame a research project was developed, which major aim is to study the interaction between the water of the river and the groundwater of the low valley of the Negro River as well as the analysis of hydro geochemical and isotopic aspects, with emphasis in the water quality of the regional aquifers and the water river. In this work, we present the first chemical and isotopic results.

Keywords: superficial water, groundwater, hydrochemistry, stable isotopes, Negro River.

Introducción

El río Negro es uno de los más importantes de Argentina no solo por su longitud, 720 km, y gran caudal, 930 m³/s, sino por las diversas actividades antrópicas que se desarrollan en sus riberas y utilizan al río como recurso prioritario para el desarrollo de la región. Presenta un estuario que se extiende

aproximadamente 66 km, desde la desembocadura hasta Primera Angostura, (Piccolo y Perillo, 1997), para alcanzar la zona fluvial en Guardia Mitre. Varias islas se ubican entre la parte más alta hacia la más baja. El tramo final del río posee aproximadamente 1 km en su parte más ancha, en el estuario marítimo. El fondo es principalmente de tipo arenoso presentando los sedimentos de Isla La

Paloma (LP) mayor superficie específica y diámetro de poro (Abrameto et al, 2012). El rango de mareas es de 6 horas, alcanzando 4,4 metros (pleamar) a 0,71 m (bajamar). En su desembocadura se desarrollan dos bancos de características disímiles que en conjunto forman un delta de reflujo abierto (del Río et al. 1991; Piccolo y Perillo, 1997).

Entre las actividades que se desarrollan en la zona habría que destacar el incremento en los últimos años de actividades recreativas, deportivas acuáticas de nivel regional, nacional e internacional.

El Valle Inferior del río Negro es una zona de más de 80.000 ha, ubicado sobre la margen sur del río entre los 40° y 41° latitud sur y los 63° y 64° longitud oeste (Figura 1). El área de explotación es de 18000ha donde se producen especies hortícolas y en creciente desarrollo se encuentra la producción frutícola, con frutos de pepita, carozo y frutos secos. En la época de producción se aplican compuestos químicos tales como fertilizantes nitrogenados, herbicidas y plaguicidas que incorporan al ambiente según su formulación químicos conservantes, aditivos y sub productos de reacciones químicas, microbiológicas y fotoquímicas de sus ingredientes activos. Además, actualmente el río recibe en éste valle, los excedentes de riego de la zona productiva, a través de los canales Las Nutrias, Berreaute y El Molino y los desagües urbanos de las localidades Guardia Mitre, Carmen de Patagones y Viedma. De manera que impactos adversos de la calidad del agua son de esperar por actividades humanas que incluyen los usos de la tierra, lixiviado de contaminantes como los herbicidas que han ingresado al suelo o al aire, perforaciones de pozos, aguas cloacales, bombeos de altos volúmenes los que también pueden generar cambios significativos y movilización de los elementos traza aumentando el transporte de los mismos. En esta región no hay registro de estudios previos sobre la interconectividad del acuífero de la zona y las aguas superficiales del valle inferior del río Negro.

En este marco se inició un proyecto de investigación cuyo objetivo es realizar un estudio de la interacción entre las aguas superficiales y subterráneas del valle inferior del río Negro así como el análisis de los aspectos hidrogeoquímicos e isotópicos, con énfasis en investigar la calidad regional del acuífero y del río, caracterizar la distribución y la migración de contaminantes agrícolas tales como metales pesados, herbicidas, y nitratos.

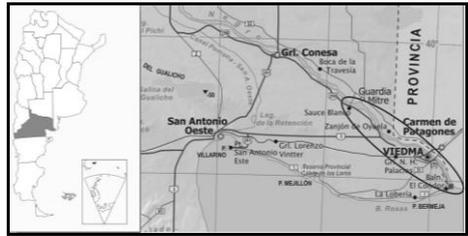


Figura 1. Ubicación del área de trabajo en el Valle inferior del Río Negro.

En este trabajo se presentan los primeros resultados químicos e isotópicos obtenidos en las aguas superficiales y subterráneas.

Área de estudio

La zona seleccionada para el estudio se extiende de O. a E. siguiendo la margen sur del río Negro, desde Guardia Mitre hasta su desembocadura en el Océano Atlántico.

El clima es árido a semiárido, de tipo mesotermal con poco o ningún exceso de agua. La temperatura media anual es de 16° C. La precipitación anual es alrededor de 350 mm. Los vientos predominan del oeste y son más intensos en verano.

Desde el punto de vista geológico se identifican 4 unidades litológicas principales: la Fm Río Negro de edad Terciaria, de carácter continental y formada predominantemente por material psamítico mediano a fino y atribuida a procesos fluviales. Sobre ella se apoyan en discordancia erosiva los "rodados Patagónicos" de edad pleistocena. En la zona costera sobre la plataforma de abrasión labrada en las areniscas terciarias, la Fm San Antonio de edad Holocena. Esta unidad está constituida por gravas arenosas y arenas con valvas de moluscos. Sobre ésta se depositan sedimentos eólicos, fluviales y marinos actuales (del Río et al., 1991). Finalmente, el relleno aluvial del río Negro que presentan un ancho de 8 a 10 km y un espesor entre 5 y 10 m (CFI, 1994). Desde el punto de vista hidrogeológico esta ubicada en la región Patagonia Extra-andina (Auge et al, 2006). La información hidrogeológica en la zona es muy escasa. De acuerdo con Galván (1966) en el valle inferior del río Negro se pueden diferenciar dos sectores: el occidental asociado a depósitos fundamentalmente aluviales y el occidental integrado por una sucesión de sedimentos de origen marino. Román y Sisul (1984) consideran a los depósitos fluviales del río Negro como un conjunto de sedimentos de porosidad intersticial y permeabilidad moderada a alta. Señalan que las perforaciones con

profundidades entre 40 m y 100m atraviesan una alternancia de capas arenosas y limoarcillosas. En la zona costera detectaron intrusiones marinas intercaladas.

Metodología

La campaña de verano 2011-2012 para la recolección de muestras de agua superficial se realizó desde Guardia Mitre hasta la desembocadura del río, zona previa al estuario externo. Los sitios para la recolección de muestras de agua superficial en el río Negro comprendieron 4 estaciones: Punta Redonda, isla La Paloma, Dren Berreaute y Guardia Mitre, tomando en cada punto las muestras sobre una transecta desde la margen izquierda hacia la margen derecha. En la zona productiva del valle Inferior se seleccionaron 13 perforaciones cuyas profundidades varían entre 4,5 m y 70 m (Figura 2). El muestreo superficial de aguas se hizo desde embarcación empleando muestreador de Aguas WildoCo^R Instruments.

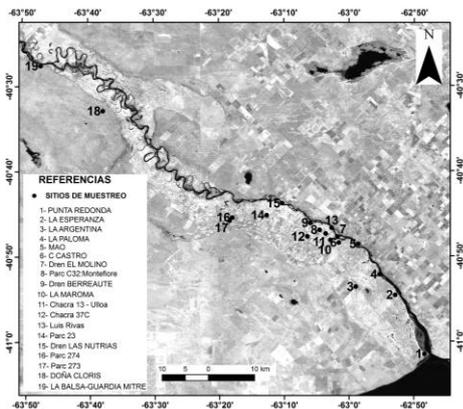


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo

La conductividad eléctrica (CE) y el pH fueron medidos *in situ*. Los análisis de iones mayoritarios (Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, SO₄ y NO₃) fueron realizados por métodos convencionales estandarizados (APHA, 1992) y se representaron en diagramas de Piper para su clasificación. Los análisis isotópicos fueron hechos en el Laboratorio de Isótopos Estables del Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS), mediante espectroscopia láser con un equipo Los Gatos Research inc. (OA-ICOS: Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy) (Lis et al., 2008). Los resultados se expresan como δ , definido como: $\delta = 1000(R_s - R_p) / R_p$ ‰, donde, δ : desviación isotópica en ‰; S: muestra; P: referencia

internacional; R: relación isotópica (²H/¹H, ¹⁸O/¹⁶O). La referencia utilizada es Vienna Standard Mean Ocean Water (V-SMOW) (Gonfiantini, 1978). Las incertidumbres son $\pm 0,3$ ‰ para $\delta^{18}O$ y $\pm 1,0$ ‰ para δ^2H . Por definición, el valor $\delta_{V-SMOW} = 0$ ‰. Por lo tanto, un δ positivo indica una mayor concentración de los isótopos pesados ¹⁸O o ²H que la referencia.

Los datos se representaron en diagramas convencionales δ^2H (‰) vs. $\delta^{18}O$ (‰) y Cl⁻ (meq/L) vs. $\delta^{18}O$ (‰).

Resultados y Discusión

La composición química del agua superficial muestra dos tipos de agua: uno del tipo clorurado sulfatado sódico y el otro sulfatado cálcico-magnésico (Figura 3). Al primero corresponden exclusivamente las muestras del estuario (punto 1 Figura 3) y al segundo el resto de las muestras de la zona fluvial (puntos 4, 9, 15, 19, Figura 3). La conductividad eléctrica (CE) de la zona de estuario es muy elevada y varía entre 1560 $\mu S/cm$ y 8060 $\mu S/cm$. El resto de las muestras del río tienen baja salinidad, entre 120 $\mu S/cm$ y 190 $\mu S/cm$.

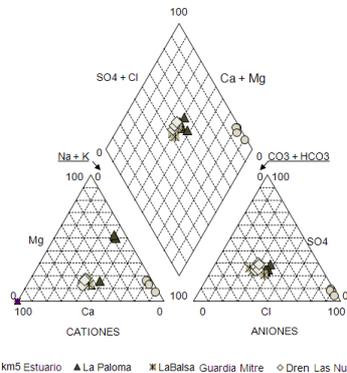


Figura 3. Diagrama de Piper mostrando tipos de aguas en estuario y zona fluvial del río Negro

La composición química del agua subterránea muestra tres tipos principales: bicarbonatadas sódicas, cloruradas sulfatadas sódicas y sulfatadas cloruradas cálcico-magnésicas (Figura 4). Al primer grupo pertenecen las perforaciones (La Maroma, Chacra 37, Mina (Par.23), Rivas, Mao y Montefiore) todas ubicadas en la planicie aluvial del río. Al segundo grupo pertenecen los pozos cercanos al estuario (La Esperanza (Mazzei) La Argentina, Doña Cloris) y los pozos de las parcelas 47, 273, 274). El tercer grupo está representado por el pozo Castro. Las aguas

con salinidades menos a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ corresponden a los pozos Chacra 37, Rivas y Mina Parc23/3. Los pozos La Maroma, Chacra 4, Montefiore, Mazzei, MAO, Doña Cloris, A 273 y A 274 tienen CE entre 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los más salinos son el pozo Iribarren (La Argentina) (4800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y Castro (6280 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

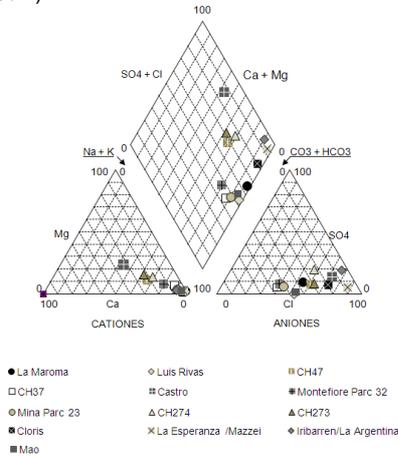


Figura 4. Diagrama de Piper mostrando tipos de aguas en perforaciones de zona de secano y del valle inferior de río Negro

En la figura 5 conjuntamente con las muestras se representa la línea meteórica mundial ($\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10\text{‰}$). En la figura 6, debido a que la zona de estudio comprende una zona de costa y a la presencia de sedimentos marinos en la región se agrega el valor estándar promedio del agua de mar (SMOW, Standard Mean Ocean Water) como referencia y para el reconocimiento de posibles mecanismos de salinización (evaporación y mezcla).

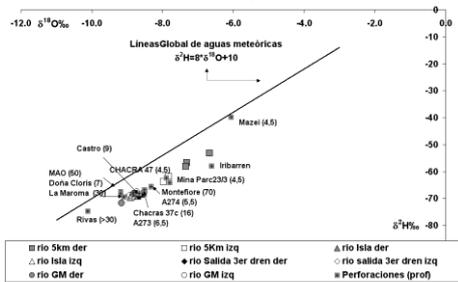


Figura 5. $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$, línea de aguas meteorológicas, muestras de agua superficial y perforaciones (m).

La composición isotópica del río y sus variaciones responden a la localización de su cabecera (altitud y latitud) y a los distintos aportes que reciben a lo largo de su curso. En estas figuras se observa que las muestras de agua superficial del Río Negro son aguas empobrecidas y con excesos de deuterio menores que 10‰, típicos de aguas de fusión de nieve que sufrieron procesos de evaporación y sublimación (Arnasson, 1981; Gat, 2010) sumados a un enriquecimiento por evaporación en los embalses de los ríos Neuquén y Limay. El rango medido varía entre -9,2‰ y 6,7‰ para $\delta^{18}\text{O}$ y -72‰ y -53‰ para $\delta^2\text{H}$. Por otro lado las muestras del Punta Redonda-Estuario presentan alta salinidad y valores más enriquecidos indicando posibles procesos de mezcla con aguas similares a las del mar. Utilizando elementos conservativos como los isótopos del oxígeno y los cloruros para comprobar la mezcla se observan porcentajes de mezcla del orden del 25% al 11% (Figuras 7 y 8).

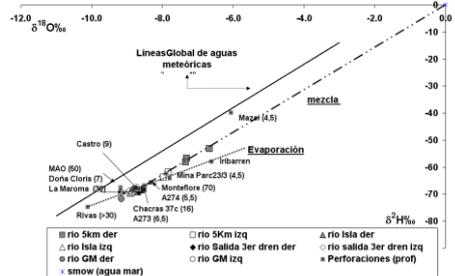


Figura 6. $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ línea de aguas meteorológicas, muestras de agua superficial y perforaciones (m) e identificación de procesos.

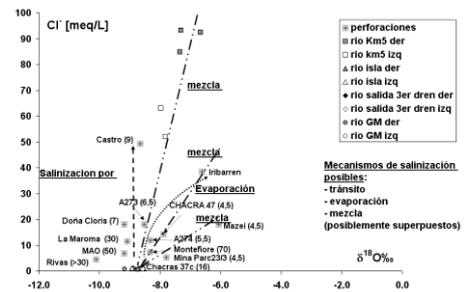


Figura 7. Cl^- vs. $\delta^{18}\text{O}$

Respecto a las aguas subterráneas se observan varios grupos. La mayoría tiene composiciones similares a las del río. Sin

embargo la perforación Rivas muestra valores más empobrecidos que podrían estar asociados a variaciones estacionales de la composición isotópica del río. Por otro lado el pozo Mazzei (La Esperanza) tiene valores más enriquecidos y su recarga podría estar vinculada a la precipitación local. El pozo Iribarren (La Argentina) muestra valores más enriquecidos y evidencias de evaporación y mezcla. En general las aguas subterráneas muestran evoluciones compatibles con salinización por tránsito, líneas de evaporación o rectas de mezcla (Figuras 5, 6 y 7).

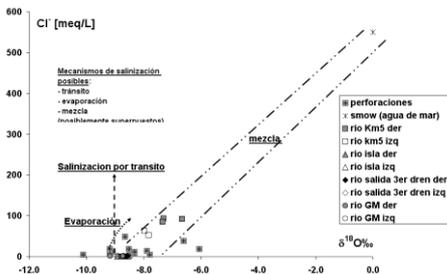


Figura 8. Cl⁻ vs. δ¹⁸O. Se muestra detalle de la posible mezcla con agua de mar.

Conclusiones

La salinidad del agua superficial esta localizada en la zona del estuario.

Las aguas subterráneas tienen salinidades variables, desde 200 μS/cm hasta 6280 μS/cm. No se observó relación entre la profundidad y la salinidad. Las aguas más salinas están vinculadas a la zona del estuario.

Las muestras de agua superficial del Río Negro son aguas empobrecidas y con excesos de deuterio menores que 10‰ típicos de aguas de fusión de nieve. Las muestras del Punta redonda-Estuario presentan alta salinidad y valores más enriquecidos indicando posibles procesos de mezcla con aguas similares a las del mar.

La mayoría de las aguas subterráneas tiene composición similar a la del río. Sin embargo la perforación Rivas muestra valores más empobrecidos que podrían estar asociados a variaciones estacionales de la composición isotópica del río. Por otro lado el pozo Mazzei (La Esperanza) tiene valores más enriquecidos y su recarga podría estar vinculada a la precipitación local. El pozo Iribarren (La Argentina) muestra valores más enriquecidos y evidencias de evaporación y mezcla.

En general las aguas subterráneas muestran evoluciones compatibles con salinización por tránsito, líneas de evaporación o rectas de mezcla

Agradecimientos

El trabajo fue subsidiado por el Proyecto "Hidro geoquímica de la interacción agua superficial-agua subterránea en el valle inferior, del río Negro", Proy. 40-C-155 de la Universidad Nacional de Río Negro.

Referencias

Abrameto M., Barrio, D., Banzato, L., Fellenz, N., Gibeli, T., Molina, L. 2012. Niveles de metales traza en invertebrados colectados en el Río Negro. II Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie, Editorial de la Universidad Nacional del Sur, ISBN 978-987-1620-86-9, pp 1-5.

APHA-AWWA-WPCF, Diaz de Santos, 1992

Arnasson, B., 1981. Ice and snow hydrology Chapter 7. Guide Book on Nuclear Techniques in Hydrology. Technical Report Series 91. IAEA. Vienna

Auge, M., C. Wetten, G. Baudino, G. Bonorino, R. Gianni, N. González, M. Griznik, M. Hernández, J. Rodríguez, A. Sisil, M. Virella, C. Torres. 2006. Hidrogeología de Argentina. Boletín Geológico y Minero, 117 (1): 7-23.

CFI, 1994. Carta de ordenamiento ambiental Area Viedma-Carmen de Patagones. I Etapa. 88 Pág. CEFIRED.

Craig, H., 1961. Isotope variations in meteoric waters. Science 133: 1702-1703.

Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitation. Tellus, 16: 4-35.

Dapeña, C., 2007. . Isótopos Ambientales livianos: su aplicación en hidrología e hidrogeología. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias y Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Tesis 4282. 442p.

Dapeña, C. y Panarello, H.O., 2008. Isótopos en precipitación en Argentina. Aplicaciones en estudios Hidrológicos e Hidrogeológicos. IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. ALHSUD Volumen CD T-100. 8p. Quito, Ecuador.

Dapeña, C. & Panarello, H.O., 2009. Isótopos ambientales aplicados en la identificación de mecanismos y fuentes de contaminación. I Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (I RAGSU). Actas/Resúmenes, Sección V: Geoquímica Isotópica, p.80. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.

- Del Rio, J., Colado, U.R. y Gaido, E. S., 1991. Estabilidad y dinámica del delta de reflujo de la boca del río negro. Asociación Geológica Argentina, Rev. XLVI (3-4): 325-332.
- Galván, A.F., 1966. Estudio hidrogeológico del valle inferior del Río Negro. Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires.
- Gat., J. R., 2010. Isotope Hydrology A study of the water cycle. Series on Environmental Science and Management — Vol. 6. 189p Imperial College Press.
- Gonfiantini, R. 1978. Standards for stable isotope measurements in natural compounds. Nature 271: 534.
- Gonfiantini, R. y Araguas, L. A., 1988. Los isótopos ambientales en el estudio de la intrusión salina. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros. Granada, España
- Lis, G., Wassenaar, L.I. & Hendry, M.J. 2008. High-Precision Laser Spectroscopy D/H and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ measurements of Microliter Natural Water Samples. Analytical Chemistry. 80:287-293
- Piccolo C. y Perillo G. 1997. El Mar argentino y sus recursos Pesqueros. Geomorfología e Hidrografía de los estuarios, 1: 133-161. Editor Boschi E.
- Roman, A. M. y Sisul, A.1984. Recursos Hídricos Subterráneos. Capítulo III-1. En Geología y Recursos Naturales de la provincia de Río Negro. Velatorio del IX Congreso geológico Argentino: 565-582.