



HIDROGEOQUIMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN UNA LOCALIDAD DE LA CUENCA BAJA DEL RIO CHUBUT

GROUNDWATER HYDROGEOCHEMISTRY USED FOR HUMAN CONSUMPTION. LOWER CHUBUT RIVER CATCHMENT

Torres, Américo Iadrán¹; Faleschini, Mauricio¹; Lecomte Karina Leticia², Silva-Filho Emmanoel Vieira³

¹Centro para el Estudio de Sistemas Marinos – Laboratorio de Oceanografía Química y Contaminación de Aguas - CCT CONICET- CENPAT. Puerto Madryn, Chubut, Argentina,

²Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra – CCT CONICET – CICTERRA. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina, ³Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geoquímica, Niterói, Río de Janeiro, Brasil.

americo@cenpat-conicet.gob.ar

Resumen

El objetivo de este estudio fue caracterizar la hidrogeoquímica del agua subterránea utilizada para consumo humano de la localidad de 28 de Julio (NE-Chubut). Se tomaron muestras de agua subterránea de tres pozos en junio 2017. Se determinó in situ los parámetros físico-químicos (sonda YSI-556-MPS), y en laboratorio se midieron los elementos trazas (ET), elementos de las tierras raras (ETR), iones mayoritarios (ICP-MS), nutrientes (autoanalizador-Skalar) y radón-222 (RAD7-DurrIDGE). Las aguas subterráneas presentaron un gradiente en profundidad desde sódico-potásicas hacia aguas cálcicas. Las concentraciones de los ET (Mn<Sr<Zn<Ba<Fe<Se<V<Al<As<Ti<Cu<Rb<Mo<Ni<Co<Cr<Pb<Cd<Sb) fueron menores a los valores máximos fijados por el Código Alimentario Argentino, con excepción del Mn y Se. Los ETR más livianos presentaron mayor concentración que los pesados. La concentración de nitrato+nitrito fue dos ordenes de magnitud mayor respecto al amonio y fosfato. El agua subterránea presentó alta actividad de Radón-222. Estos resultados se comparan con datos de agua superficial del río Chubut.

Palabras clave: Agua Subterránea, Hidrogeoquímica, Código Alimentario Argentino, Río Chubut.

Introducción

En el valle inferior del río Chubut (VIRCH) las principales actividades económicas son la agricultura y ganadería. En esta zona son seis los asentamientos urbanos con distinto tamaño poblacional (entre 1000 y 150000 habitantes). La menor localidad (aprox. 1000 hab.) es 28 de Julio, la cual está establecida sobre la margen Este del río Chubut, a 40 km de la capital provincial. Particularmente, esta localidad extrae agua subterránea para consumo humano, desde una batería de pozos que oscilan entre los 20 y 90 metros de profundidad. Luego del filtrado y cloración, el agua subterránea es distribuida a las viviendas. Debido a esto, no tuvo inconvenientes en el suministro de agua potable durante el temporal ocurrido en abril del 2017, a diferencia de las demás localidades donde los altos niveles de turbiedad en el agua del río Chubut impidieron continuar con el proceso de potabilización. Torres et al. (2018) realizaron estudios hidroquímicos del agua superficial del río Chubut en esta zona, e indicaron que las concentraciones halladas de elementos tóxicos no superaron los valores máximos permitidos por el Código Alimentario Argentino (CAA, 2012) para agua de consumo. Dado que los habitantes de 28 de Julio se abastecen de agua subterránea, el objetivo del presente estudio fue caracterizar desde el punto de vista hidrogeoquímico, el recurso hídrico subterráneo utilizado para consumo humano antes de su potabilización. Los resultados se compararon con aquellos del río Chubut, el cual, se encuentra próximos a dos sitios muestreados.

Materiales y Métodos

Se tomaron muestras de agua subterránea, antes de ingresar al sistema de potabilización, de tres pozos cuyas profundidades son 20, 30 y 90m bbb, utilizando una bomba de extracción. Se desconoce si los mismos pertenecen al mismo acuífero. Además, se tomaron muestras de agua superficial del río



Chubut, en dos sitios ubicados en las proximidades a los ingresos de la localidad, con el fin de comparar los resultados. Se determinaron *in situ*: temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH, salinidad y potencial redox con una sonda multiparámetros (YSI-556MPS). Se filtraron alícuotas de 250 ml de cada sitio para determinar los elementos trazas (ET), elementos de las tierras raras (ETR) e iones mayoritarios, se las acidificó inmediatamente ($\text{pH} < 2$) y se las conservó en envases plásticos protegidas de la luz solar directa. Posteriormente, en el laboratorio de la Universidad Federal Fluminense (Niterói, Brasil) se realizaron las mediciones de cationes y aniones mayoritarios por cromatografía de iones y de elementos traza utilizando un ICP-MS (Thermo-Scientific). Otra alícuota de 250 ml, se conservó a 4°C en oscuridad y en envase plástico para luego determinar la concentración de nutrientes en un autoanalizador (Skalar) del CESIMAR (CCT CONICET-CENPAT). La actividad de Radón (Rn-222) se determinó en un volumen de 4lts, utilizando un RAD7 (DurrIDGE Inc.) por el método "big bottle".

Resultados

La temperatura del agua subterránea varió de 13 a 16 °C, y presentó bajos niveles de oxígeno disuelto entre 35 y 68%. La conductividad eléctrica varió entre 638 y 1822 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los STD entre 0,4 y 1,1g/L, el potencial redox fue positivo y luego de ser corregido varió entre 345 y 446 mV, y el pH fue neutro. Por otro lado, el agua superficial del río Chubut presentó una temperatura similar, mientras que la saturación de oxígeno disuelto fue claramente mayor, indicando un ambiente más oxidante (105%). Además, presentó menor conductividad eléctrica (330 $\mu\text{S}/\text{cm}$) respecto del agua subterránea. Finalmente, el pH (8,8) y el potencial redox (452 mV) fueron levemente superiores al agua proveniente de pozos. El río Chubut, de acuerdo a los cationes mayoritarios corresponde al tipo sódico (Tabla 1), mientras que el agua subterránea presenta una diferencia entre aguas sódicas de los dos pozos más superficiales y aguas cálcicas en el pozo más profundo. En cuanto a los nutrientes el $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ presentó las mayores concentraciones en agua subterránea, y fue un orden de magnitud superior respecto a la hallada en agua superficial (Tabla 1). El NH_4^+ presentó concentraciones bajas y similares en agua de pozo y río. Finalmente, el PO_4^{3-} fue dos órdenes de magnitud mayor en agua superficial. Los elementos trazas (ET) presentan en general, una variación entre los pozos, mientras que en las dos muestras de río, las concentraciones fueron similares. Las mayores concentraciones en agua subterránea fueron: Mn, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Sr, Mo, Ba, Pb y U. Mientras que los siguientes ET presentaron mayor concentración en el río: Al, Ti, V, Cr, Fe, Co, As y Sb (Tabla 2). De igual manera, los ETR se encuentran más concentrados en el río. Los pozos 1 y 2 (Tabla 3) presentaron la mayor concentración de U y coincidentemente, la mayor actividad de Rn-222: 776 ± 34 y 969 ± 39 dpm/L, respectivamente.

Tabla 1. Concentración de los iones mayoritarios (en mg/L) y de nutrientes (en μM) en agua subterránea y superficial del río Chubut. Nd: no detectable. STD: sólidos totales disueltos

Iones/Sitio	Valor máximo permitido por el Código Alimentario Argentino en agua de consumo	Agua subterránea			Agua superficial	
		Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Río 1	Río 2
Flúor	2,0	0,22	0,27	0,27	0,71	0,38
Cloruro	350,0	230,23	62,49	23,21	8,95	9,40
Sulfato	500,0	205,69	152,21	51,60	45,82	47,41
Sodio		272,61	146,87	52,11	60,56	55,33
Potasio		5,42	3,10	1,16	1,93	2,32
Calcio		106,96	77,29	72,80	14,96	15,71
Magnesio		22,91	15,01	10,27	2,03	1,81
NH_4^+	0,2	0,05	0,45	0,14	0,53	0,38
$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	45,1	26,09	17,39	56,52	2,72	2,19
PO_4^{3-}		Nd	0,09	Nd	2,65	2,03
Prof. (m bbb)	-	20	30	90	0	0
Conductividad		1822	1038	638	330	347
pH		7,37	7,37	7,61	8,90	8,75
Temp. (°C)		13,69	15,25	16,00	15,61	16,13
Oxígeno disuelto		48	35	68	107	105
Pot. Redox (mV)		437	249	422	319	452

Tabla 2. Concentración ($\mu\text{g/L}$) de los elementos traza en agua subterránea y superficial del río Chubut.

E.Trazas/Sitio	Agua subterránea			Agua superficial	
	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Río 1	Río 2
Al	13,51	1,043	15,17	164,3	205,9
Ti	4,410	4,371	4,016	6,616	7,127
V	11,84	7,978	36,06	96,83	97,88
Cr	0,083	0,008	0,425	0,340	0,380
Mn	613,0	288,8	30,49	69,73	96,44
Fe	37,2	79,78	44,01	115,0	127,7
Co	0,358	0,595	1,697	0,238	0,336
Ni	1,318	1,766	0,780	0,871	0,943
Cu	3,912	2,944	1,702	3,083	3,053
Zn	38,58	9,161	286,5	1,998	1,428
As	7,218	6,866	12,01	15,73	15,98
Se	42,21	17,12	7,198	3,615	4,213
Rb	2,890	2,587	22,582	1,119	1,187
Sr	1267,0	610,3	651,4	121,9	132,6
Mo	2,383	1,921	1,146	1,195	1,172
Cd	0,135	0,110	0,056	0,051	0,044
Sb	0,106	0,103	0,115	0,121	0,124
Ba	74,64	114,4	43,18	18,38	19,44
Pb	0,353	<0,01	0,045	0,330	0,436
U	6,781	5,509	1,894	1,649	1,721

Tabla 3. Concentración (en $\mu\text{g/L}$) de los elementos de las tierras raras (ETR) en agua subterránea de pozo y en agua superficial del río Chubut.

E.T.R. /Sitio	Agua subterránea			Agua superficial	
	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Río 1	Río 2
Y	0,178	0,064	0,031	1,300	1,360
La	0,081	0,020	0,024	1,356	1,388
Ce	0,150	0,036	0,057	2,959	3,075
Pr	0,037	0,007	0,012	0,763	0,782
Nd	0,091	0,017	0,026	1,896	1,943
Sm	0,021	0,004	0,007	0,425	0,451
Eu	0,012	0,012	0,005	0,088	0,091
Gd	0,021	0,004	0,006	0,407	0,421
Tb	0,010	0,003	0,003	0,121	0,126
Dy	0,021	0,005	0,006	0,310	0,320
Ho	0,009	0,003	0,002	0,119	0,120
Er	0,012	0,004	0,003	0,141	0,146
Tm	0,004	0,001	0,001	0,040	0,040
Yb	0,011	0,004	0,002	0,107	0,110
Lu	0,004	0,001	0,001	0,035	0,034
Th	0,113	0,114	0,090	0,236	0,266

Discusión y Conclusiones

El agua subterránea presentó mayor concentración de nutrientes (específicamente de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), respecto al agua superficial de río. Este nutriente puede ser peligroso si supera una concentración límite en agua, causando problemas para la población que la ingiere. Si bien este nutriente está presente en el agua debido al ciclo natural del nitrógeno, su concentración se ve aumentada en algunas regiones rurales por el uso en exceso de abonos nitrogenados, como puede ser el caso de la zona agrícola en los alrededores de 28 de Julio. El pozo más profundo presenta mayores concentraciones de este compuesto que los pozos más someros, a diferencia de lo que ocurre con los elementos mayoritarios, evidenciando aportes de diferentes fuentes. Dado que no se han realizado análisis bacteriológicos en este estudio, se sugiere a los organismos de gestión se realicen periódicamente estos análisis. La variación de ET es significativa y en estas muestras, no se ha encontrado una tendencia particular. La mayoría de los ET no superan el límite máximo establecido por el CAA, con excepción del Mn y del Se que



fueron mayores, tanto en agua subterránea como en agua de río. Estos resultados hallados en agua del río Chubut, también fueron encontrados a lo largo de su trayecto que lo separa con el océano Atlántico (Torres et al., 2018). El agua superficial presentó mayor concentración de los ETR, probablemente debido al efecto de las precipitaciones (ej., García et al., 2007) o, por la adsorción en partículas que generan la disminución en las aguas subterráneas. Por otro lado, en los pozos se encontró elevadas concentraciones de U, el cual en su cadena de desintegración se encuentra, entre otros intermediarios, el Rn-222. El agua de los pozos 1 y 2 presentó la mayor concentración de U, y esto coincidió con los sitios donde se determinaron las más altas actividades de Rn-222, evidenciando un aporte de las rocas circundantes. Finalmente, los análisis físicos y químicos realizados en el agua subterránea utilizada para consumo humano, indican que las mismas cumplen con los niveles máximos permitidos por el CAA. Se sugiere implementar un programa de monitoreo del agua subterránea, que tenga en cuenta análisis bacteriológicos y la caracterización hidrogeoquímica teniendo en cuenta la actividad agrícola ganadera que se practica en la región, con el fin de evitar la contaminación (con plaguicidas, agroquímicos, nitrato, etc.) de las napas someras de aguas subterráneas.

Bibliografía

- Código Alimentario Argentino.** 2012. Capítulo XII, Artículos: 982 al 1079 - Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas.
- Torres, A., Faleschini, M., Lecomte, K., y Silva-Filho E.** 2018. Caracterización hidrogeoquímica de la cuenca baja del río Chubut en primavera, Patagonia, Argentina. X Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Buenos Aires, Argentina.
- García, M.G., Lecomte, K.L., Pasquini, A.I., y Depetris, P.J.,** 2007. Sources of dissolved REE in mountainous streams draining granitic rocks, Sierras Pampeanas (Córdoba, Argentina), *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 71: 5355-5368.