

Herramientas hidrogeoquímicas aplicadas a la evaluación del acuífero de Trenque Lauquen, provincia de Buenos Aires, Argentina

E. Bocanegra*

U.A. Mar del Plata, UTN, UNMDP, CIC, Buque Pesquero Dorrego N° 281. Puerto Mar del Plata, Argentina

E. Moschione & A. Zamora

U. A. Mar del Plata, UTN, Buque Pesquero Dorrego N° 281 Puerto Mar del Plata, Argentina

P. Picco & S. Leiva

Fac. Regional Trenque Lauquen, UTN, Racedo N° 298. Trenque Lauquen, Argentina

* *Email de correspondencia: emilia.bocanegra@gmail.com*

RESUMEN: La ciudad de Trenque Lauquen en la provincia de Buenos Aires, Argentina se abastece exclusivamente del recurso hídrico subterráneo. El objetivo del trabajo es analizar la evolución temporal en la calidad fisicoquímica del agua, teniendo en cuenta las características hidrogeológicas y los procesos con la matriz sólida. La metodología consistió en la valoración y síntesis de la información geológica, geofísica, hidrogeológica e hidroquímica y la modelación de procesos hidrogeoquímicos. El agua del acuífero incrementa su salinidad con la profundidad de explotación y evoluciona hacia una disolución de yeso y precipitación de calcita, con el consiguiente incremento del contenido de sulfatos y de dureza. Se consideran apropiadas las medidas de gestión en los últimos años, que condujeron a realizar perforaciones más someras y con menor caudal de extracción, lo que ha permitido que la tendencia creciente a la salinización haya disminuido su tasa de evolución, mejorando la calidad del agua subterránea.

PALABRAS CLAVE: hidrogeoquímica – Trenque Lauquen - Argentina

ABSTRACT: The city of Trenque Lauquen in the Buenos Aires Province, Argentina, gets water supply exclusively from groundwater resources. The goal of this study is to analyze time trends related to water quality, taking into account hydrogeological characteristics and processes with the solid matrix. The methodology consisted in the assessment and summary of geological, geophysical, hydrogeological and hydrochemical information, and hydrogeochemical modelling. Groundwater salinity increases with the depth of exploitation and evolves into a gypsum dissolution and calcite precipitation, increasing sulphate content and hardness. Water management measures in recent years, based on shallow wells and lower extraction volumes became appropriate since the rate of salinization has decreased improving groundwater quality.

KEYWORDS: hydrogeochemistry - Trenque Lauquen - Argentina

1 INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es primordial para el desarrollo humano desde el punto de vista económico, social y sanitario, por lo que la Organización Mundial para la Salud ha convertido el tema en uno de los objetivos para el decenio 2005-2015, "El agua fuente de vida".

El noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, presenta una problemática variada en cuanto a cantidad y calidad de agua para el abastecimiento de las poblaciones que allí se asientan. Las principales actividades económicas en la zona comprenden la producción agrícola, con amplias extensiones de cultivo sin riego, y la cría de ganado,

mayoritariamente bovino, por lo que las necesidades de disponibilidad de agua inciden directamente en el desarrollo de la zona (Moschione et al, 2011). Se presentan situaciones de escasa cantidad de agua en algunos partidos de la región, mientras que en otros, el alto tenor de minerales hacen del agua un recurso no apto para el uso y/o consumo. El partido de Trenque Lauquen, con una población de 43000 habitantes (INDEC 2010) se encuentra ubicado en esta zona de la Provincia de Buenos Aires, (35°.50' S, 62°.44' W) y se extiende sobre una superficie de 5500 km² (Fig. 1). El Distrito tiene 600 hectáreas urbanizadas, 400 de las cuales corresponden a la ciudad cabecera, Trenque Lauquen, la que se provee de agua subterránea para el consumo humano.

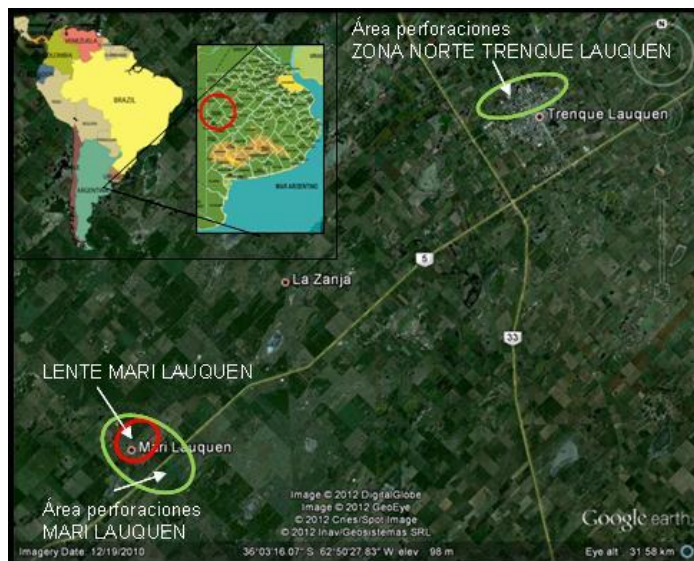


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

El abastecimiento se realiza a través de 34 perforaciones ubicadas en la Zona Norte de la ciudad, 12 de las cuales fueron construidas entre 1977 y 1980, con profundidades entre 50 y 30 m y caudal inicial de extracción de 25 y 20 m³/h respectivamente. Otras 12 perforaciones se realizaron en el año 2000 y las últimas 10 en 2004, con profundidad de 20 m y caudal inicial promedio de 5 m³/h. Actualmente el caudal promedio en toda esta Zona Norte es 3.8 m³/h por pozo.

La fuente de provisión principal de la ciudad se localiza en Mari Lauquen, 25 Km al sudoeste de Trenque Lauquen, donde se encuentra una importante lente de agua dulce. La explotación se realiza a través de 22 perforaciones que extraen un caudal promedio de 16 m³/h por pozo, y se encuentran conectadas con la urbe a través de un acueducto que finaliza en un depósito subterráneo. El objetivo de este trabajo es realizar una evaluación de la evolución temporal en la calidad fisicoquímica del agua en la zona de estudio considerando las características hidrogeológicas y los posibles procesos de intercambio de minerales con la matriz rocosa causantes de las variaciones registradas en componentes mayoritarios. Esta información resulta de suma importancia, teniendo en cuenta la necesidad de un uso sustentable del recurso hídrico disponible, minimizando riesgos de salinización de las perforaciones para abastecimiento público.

2 METODOLOGÍA

Se realizó la valoración y síntesis de la información geológica, geofísica e hidrogeológica y una evaluación de las características fisicoquímicas del agua subterránea en pozos de abastecimiento para Trenque Lauquen, a partir de análisis de laboratorio realizados entre 2005 y 2010 en distintas zonas del Par-

tido. Se aplicó el programa Aquachem 4.0 (Calmbach and Waterloo Hydrogeologic INC, 1998) para el estudio de la evolución espacial y temporal de los componentes mayoritarios, y construcción de gráficos de Schoeller, Piper y Stiff.

La modelación hidroquímica del balance de masas se realizó por medio del código NETPATH (Plummer et al., 1991) por el cual se obtiene, conocida la o las soluciones iniciales y la composición de la solución final y seleccionadas determinadas condiciones y reacciones, uno o más modelos que expliquen las variaciones de composición observadas.

3 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

La zona de estudio, con una superficie de unos 1100 km², pertenece a la provincia hidrogeológica Llanura Chaco-pampeana árida, caracterizada por presentar déficit hídrico y a la región hidrogeológica Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (Auge, 1997). Hidrográficamente la zona es arreica, sin ríos.

En el área de estudio se reconoce la presencia de las unidades hidrogeológicas *Postpampeano*, *Pampeano*, *Araucano* y *Formación Paraná*.

El *Postpampeano* presenta una gran continuidad areal, se denomina Médano Invasor (Tapia, 1937) y está conformado por arenas finas y limos arenosos de origen eólico, de espesor máximo 20 m. La elevada permeabilidad de los médanos favorece la infiltración y por ende la recarga (Auge et al, 1988), lo que deriva en lentes de agua freática de baja salinidad. Estas lentes de agua dulce, que no sólo se emplazan en los médanos sino también en la sección superior de la Formación subyacente (Pampeano), constituyen la única fuente segura para la provisión de agua potable.

El *Pampeano* está formado por limos arenosos finos, algo arcillosos, con concreciones calcáreas, también de origen eólico pero en forma de loess (Auge et al, 1988). Su comportamiento está definido como “ambiente acuitardo, de baja permeabilidad, dentro del cual se desarrollan lentes de mediana permeabilidad portadoras de niveles acuíferos productivos” (Sala, 1975). La salinidad manifiesta una acentuada zonación lateral y vertical. La sección superior es la que posee menor contenido salino, fundamentalmente cuando está cubierta por médanos. La abundancia de vidrio volcánico hace que el agua subterránea pueda presentar altos tenores de flúor y en algunos casos de arsénico (Auge, 2004).

El *Araucano* está integrado por areniscas arcillosas con cemento calcáreo y abundante yeso. Se comporta como acuífero de baja productividad, el agua tiene elevada salinidad (mayor de 5 g/l) y es de tipo sulfatada. Esto limita su aprovechamiento a la provisión para el ganado.

La *Formación Paraná* está constituida por arcillas, arenas arcillosas y arenas con niveles calcáreos

y fósiles marinos, es portadora de agua de alta salinidad, y se la considera el sustrato donde se apoya la secuencia hidrogeológica con agua que puede resultar apta para los usos corrientes (Auge, 2004).

Un pozo de exploración realizado en Mari Lauquen alcanzó una profundidad de 105 m, determinándose espesores de 12 m para el Postpampeano, 62 m para el Pampeano y 28 m para el Araucano, hasta alcanzar una arcilla verde que sólo fue explorada en sus 3 m superiores y que resultó asimilable a la Fm Paraná.

Un estudio de prospección geoelectrica realizado en la zona de Mari Lauquen (Mugni, 2007) permitió identificar una lente de agua dulce de 15 km² de extensión (Fig. 1); en su sector central, zona de recarga, el espesor máximo es de 45 m, en el sector periférico, zona de circulación, el espesor es inferior a 20 m, mientras que en la zona de descarga se produce el acuñamiento y la desaparición de la lente.

4 RESULTADOS

La evolución de la composición química del agua subterránea en la Zona Norte de Trenque Lauquen y en Mari Lauquen, con registros entre 2005 y 2010 indica que el agua evolucionó de Na.Ca.Mg.HCO₃ a Na.Cl.SO₄ (Fig.2).

La distribución espacial de concentración de iones mayoritarios en el año 2010 se muestra en la Fig. 3 mediante diagramas de Stiff.

La modelación hidrogeoquímica se realizó siguiendo la evolución de un pozo representativo del área de estudio ubicado en la Zona Norte que cuenta con registros continuos de datos químicos, el ZN11.

La composición de dicho pozo en el año 2005 correspondía al agua dulce del acuífero (CE = 490 µS/cm) y evolucionó incrementando su salinización gradualmente, según se aprecia en la Fig.4.

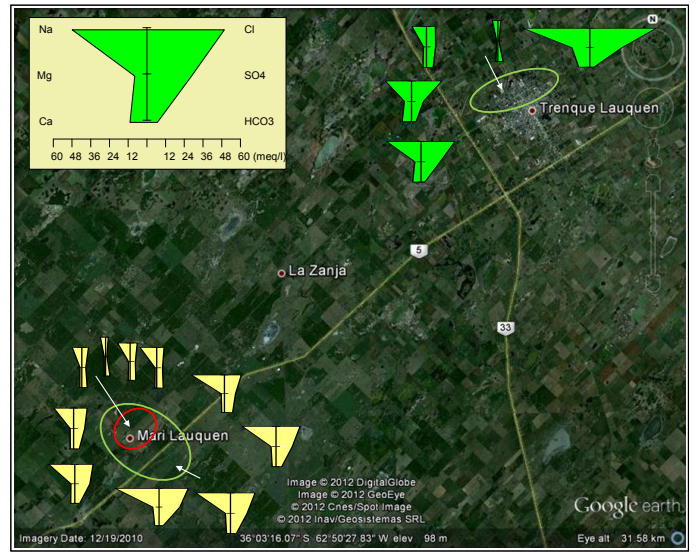


Figura 3. Distribución espacial de Diagramas de Stiff, para el año 2010

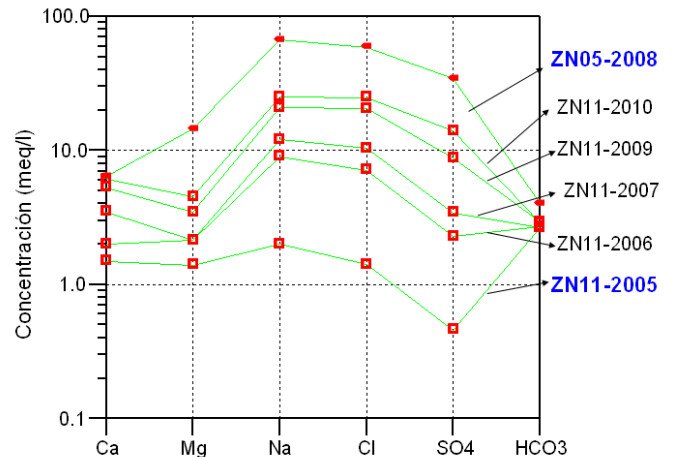


Figura 4. Diagramas de Schoeller del Pozo ZN11

El agua representativa de la formación Araucano correspondiente a la composición química del pozo ZN5 en el 2008 constituye el agua extremo salada en la modelación (CE= 8370 µS/cm), (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones de iones mayoritarios (mmol/L)

Iones	Acuitardo	ZN11- salado	ZN11- 2005	ZN11- 2006	ZN11- 2007	ZN11- 2009	ZN11- 2010
C	4.27	3.49	2.89	2.72	3.04	3.01	
S	17.28	0.23	1.15	1.72	4.38	7.04	
Cl ⁻	59.30	1.41	7.14	10.33	20.63	24.86	
Ca ²⁺	3.25	0.75	1.02	1.76	2.66	3.06	
Mg ²⁺	7.25	0.73	1.11	1.09	1.77	2.29	
Na ⁺	67.42	2.00	9.01	12.02	21.05	25.07	

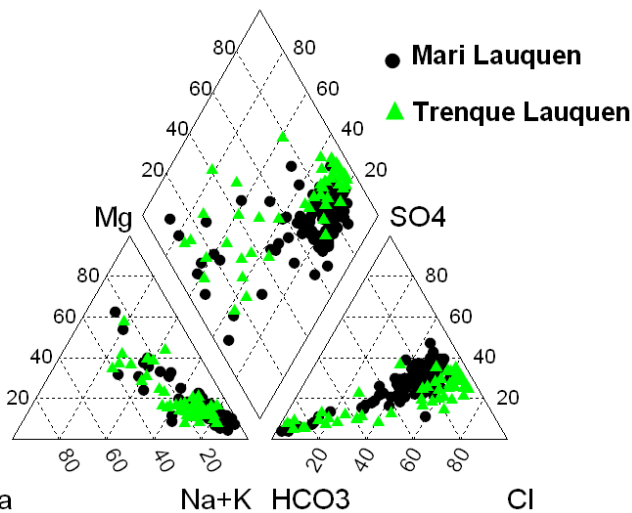


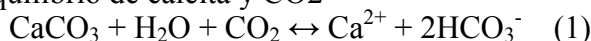
Figura 2. Diagrama de Piper de pozos de Zona Norte de Trenque Lauquen y de Mari Lauquen (2005-2010)

Las reacciones y procesos que tienen lugar como consecuencia de la mezcla de aguas en un acuífero están condicionadas tanto por la composición inicial de cada una de las soluciones como por los materia-

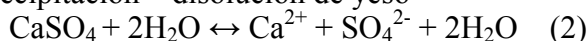
les presentes en el medio y las condiciones fisico-químicas reinantes (Eh, P_{CO2}, pH, etc).

Las principales reacciones seleccionadas para modelar el proceso de mezcla de agua dulce del acuífero *Pampeano* con agua del *Araucano* son las siguientes:

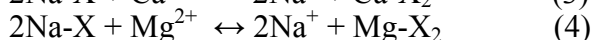
Equilibrio de calcita y CO₂



Precipitación – disolución de yeso



Intercambio catiónico (siendo X la superficie de intercambio)



En el proceso de mezcla modelado (Tabla 2), la solución final en cada año es la composición del agua del acuífero pampeano, mientras que las concentraciones de las soluciones iniciales corresponden a las del agua del acuitardo y del acuífero pampeano el año anterior.

Tabla 2 Resultados de los modelos de procesos de mezcla (en mmol/L)

Paso	Solución Inicial 1	Solución Inicial 2	Solución Final	%	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
				mezcla					
1	Acuitardo salado	ZN11-2005	ZN11-2006	0.10	0.80	-1.48	0.00	0.26	-0.77
2	Acuitardo salado	ZN11-2006	ZN11-2007	0.06	0.33	-0.58	-0.69	0.40	-0.41
3	Acuitardo salado	ZN11-2007	ZN11-2009	0.21	-0.72	0.72	-1.92	0.61	-0.61
4	Acuitardo salado	ZN11-2009	ZN11-2010	0.11	-1.51	1.35	-0.60	0.07	1.25

(a) disolución o precipitación de calcita

(b) disolución o liberación de CO₂

(c) intercambio Ca/Na

(d) intercambio Mg/Na

(e) disolución o precipitación de yeso

Inicialmente la explotación en las zonas ubicadas fuera de la lente de agua dulce, tanto en Mari Lauquen como en Trenque Lauquen, se realizó por medio de pozos de 50 m de profundidad que extraían caudales de 25 m³/h.

La evolución de los criterios de gestión condujo a disminuir las profundidades a unos 20 m, y caudales mínimos de 5 m³/h (Tabla 3), con la consecuente disminución de los contenidos salinos.

Tabla 3 Evolución de las características de la explotación y contenidos salinos en el año 2010

Año de construcción	Nº de pozos	Prof. Pozo (m)	Caudal (m ³ /h)	Cl promedio (mg/l)	SO ₄ promedio (mg/l)
1977	4	50	25	785	825
1980	9	30	20	753	580
1990	2	25	12	624	650
2004	4	20	12	464	469
2004	8	18	5	124	40

5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la Zona Norte de Trenque Lauquen, a partir de la información hidroquímica del año 2010, se observa una elevada salinización con altos tenores de Cl y SO₄, que se corresponde con pozos de 50 m profundidad, una salinidad menor en pozos de 30 m de profundidad, mientras que otros presentan bajas concentraciones debido probablemente a una reducción de la explotación.

En Mari Lauquen los pozos ubicados en el sector central de la lente de unos 40 m de profundidad, registran baja salinidad, mientras que los pozos localizados en la periferia de la lente o fuera de la misma registran altos tenores de Cl y SO₄.

En la modelación, el proceso de mezcla presenta una tendencia a la precipitación de calcita, la disolución de yeso, adsorción de calcio y desorción de sodio. El equilibrio (1) se muestra inicialmente por disolución de calcita y liberación de CO₂ pasando luego a precipitación de la primera y disolución del segundo, lo cual se confirma en el hecho de que la alcalinidad permanece sin grandes variaciones, entre 136 y 146 mg/l, a lo largo del tiempo (2005-2010).

Por otra parte, se observa un proceso de intercambio catiónico entre Ca, Mg y Na, con aumento de los iones alcalino-térreos en solución, en compensación con la adsorción del sodio. Este tipo de procesos suceden en casos de intrusión de agua salada en un acuífero con agua dulce, tendiendo a equilibrar concentraciones y provocando un incremento en la dureza, evolución que se verifica en este caso de estudio con un aumento en este parámetro desde 148 a 534 mg/l en el período evaluado.

6 CONCLUSIONES

En Zona Norte y Mari Lauquen se verifican procesos hidrogeoquímicos que pueden vincularse con el intercambio de minerales con la matriz rocosa, en los que intervienen las fases de calcita, CO₂, yeso e intercambio catiónico. A medida que incrementa su salinidad, el agua del acuífero evoluciona hacia una

disolución de yeso y precipitación de calcita, con el consiguiente incremento del contenido de sulfatos y de dureza. Estos cambios están relacionados con las características constructivas de las perforaciones, siendo que las más profundas muestran mayores tenores salinos.

Se consideran apropiadas las medidas de gestión en los últimos años, que condujeron a realizar perforaciones más someras y con menor caudal de extracción, lo que ha permitido que la tendencia creciente a la salinización haya disminuido su tasa de evolución, mejorando la calidad del agua subterránea.

7 REFERENCIAS

- Auge, M. (1997). Hidrogeología Regional Argentina. Provincias Hidrogeológicas. Primer Congreso Nacional de Hidrogeología. Inédito. 20 págs. Bahía Blanca.
- Auge, M. (2004). Regiones Hidrogeológicas: República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/indexm.htm>
- Auge, M., Méndez Escobar, R., Nagy, M. (1988). Hidrogeología del Partido de Salliqueló, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Rev. Asoc. Bras. Aguas Subterráneas (ABAS). Vol 12: 75-90. Sao Paulo.
- Calmbach and Waterloo Hydrogeologic INC (1998) AQUACHEM Aqueous Geochemical Analysis, Plotting and Modeling.
- INDEC. (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. www.censo2010.indec.gov.ar
- Moschione E, Picco P, Leiva S y Zamora A (2011). Diagnóstico de calidad del agua subterránea y gestión del recurso hídrico en el noroeste de la provincia de Buenos Aires (caracterización de los centros urbanos). III Reunión PROIMCA y I PRODECA. UTN. Volumen 2 parte. Capítulo F. Contaminación de aguas subterráneas pag: 327-334. ISBN 978-950-42-0136-6
- Mugni, J. (1997). Prospección geofísica en Mari Lauquen. Municipalidad de Trenque Lauquen. Informe Técnico. Inédito. 94 págs. La Plata.
- Plummer LN, Prestemon EC, Parkhurst DL (1991) An Interactive Code (NETPATH) for Modelling NET Geochemical Reactions Along a Flow PATH. U.S.G.S. Water Resources Invest, Report 91-4078, 227 pp.
- Sala J M (1975) Recursos Hídricos (especial mención de las aguas subterráneas). VI Cong. Geol. Arg., Buenos Aires. Relatorio: 169-194 pp.
- Tapia, A. 1937. Datos geológicos de la provincia de Buenos Aires. Aguas Minerales. Com. Nac. Climat. Y Aguas Min. Tomo II: 23-90. Buenos Aires.