

## CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA ZONA RURAL DE TRENQUE LAUQUEN. PROV. DE BS. AS. (PARTE I)

CAMPINS, MACARENA<sup>1</sup>; RAMPLI, MARIANA G.<sup>1</sup>; PICCO, PATRICIO<sup>2</sup>; LEIVA, SANTIAGO<sup>2</sup> Y MOSCHIONE, ELEONORA<sup>3</sup>

1: Laboratorio de Análisis Industriales  
Unidad Académica. Mar del Plata  
Universidad Tecnológica Nacional  
Buque Pesquero Dorrego 281, 7600 Mar del Plata  
macarenacampins@gmail.com

2: Facultad Regional de Trenque Lauquen  
Universidad Tecnológica Nacional

Recedo 298, 6400 Trenque Lauquen.  
3: Laboratorio del Estado de Hessen, Alemania  
(LHL-Landesbetrieb Hessisches Landeslab)

**Resumen.** *Las aguas subterráneas constituyen una importante fuente de abastecimiento de agua a la sociedad, principalmente en las áreas rurales. Por lo general, el análisis físico-químico se realiza con menor frecuencia que las determinaciones microbiológicas. Debemos tener presente que el riesgo sanitario es más de tipo crónico que agudo y los cambios en el aspecto físico-químico del agua generalmente tienden a ser a largo plazo. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de agua del área rural del partido de Trenque Lauquen. Para ello, se extrajeron 37 muestras de agua de pozos de establecimientos rurales, siendo procesadas físico-químicamente para determinar la calidad de agua para consumo humano. Se determinaron los siguientes parámetros: color, turbidez, conductividad, pH, sólidos totales, sodio, potasio, calcio, magnesio, alcalinidad total, dureza, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos y amonio, de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Siendo color, turbidez, sólidos totales, pH, dureza, cloruros, sulfatos, amonio, nitratos y nitritos las determinaciones utilizadas para analizar la calidad físicoquímica de las aguas examinadas según el Código Alimentario Argentino (C.A.A.). Como resultado se obtuvo que, aproximadamente el 86 % de las muestras analizadas, no cumplen con lo establecido por el C.A.A. para agua potable.*

**Palabras clave:** Calidad físico-química, agua de consumo, pozos de provisión, agua subterránea.

### 1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud, la calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la

contaminación radiológica son factores de riesgo [1].

En nuestro país, es el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) el que establece las características físicas, químicas y microbiológicas de potabilidad. En su artículo 982 se define agua potable: “Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener substancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios” [2].

En el noroeste de la Provincia de Buenos Aires el abastecimiento de agua para consumo es exclusivamente del recurso hídrico subterráneo, el cuál 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 [3].

Se presentan situaciones de escasa cantidad de agua en algunos partidos de la región, mientras que en otros, el alto tenor de minerales hace del agua un recurso no apto para el uso y/o consumo [4].

El agua subterránea constituye la principal fuente de agua potable para la población. El aumento en su demanda obliga a realizar excavaciones más profundas para obtener el recurso, lo cual conlleva a la sobreexplotación de los mantos acuíferos [5].

En relación con la calidad del agua subterránea, debe tenerse especialmente en cuenta que su calidad es la resultante de la interacción del agua de recarga, de las reacciones con los sedimentos y del tiempo de contacto o tiempo de residencia en el sistema. El agua subterránea es un agente geológico de carácter general. Esto se debe de manera fundamental a la interacción agua-geología, que involucra una serie de procesos químicos, físicos y cinéticos dados por una evolución natural que tiende a alcanzar un estado de equilibrio o de mínima energía y, a la característica jerárquica y sistematizada de las líneas de corriente, que definen al flujo del agua subterránea como mecanismo de transporte y distribución de los fenómenos producidos [6].

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de agua del área rural del partido de Trenque Lauquen, Provincia de Buenos Aires.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Área de estudio**

El partido de Trenque Lauquen se encuentra ubicado al noroeste de la Provincia de Buenos Aires, tiene una población de 43021 habitantes de acuerdo al censo del año 2010 [7] y se extiende sobre una superficie de 5500 km<sup>2</sup> (Figura 1). La zona pertenece a la provincia hidrogeológica Llanura Chaco-pampeana árida, y a la región hidrogeológica Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Se reconoce la presencia de las unidades hidrogeológicas

*Postpampeano, Pampeano, Araucano y Formación Paraná [8].*



Figura 1-Ubicación del Partido de Trenque Lauquen en la Provincia de Bs. As.

## 2.2. Datos de campo

Se muestrearon 37 perforaciones distribuidas en el Partido de Trenque Lauquen, Provincia de Buenos Aires. Los puntos de toma de muestra se geo-posicionaron de acuerdo a sus coordenadas geográficas, indicadas en la Tabla 1.

Pozo	Latitud	Longitud	Pozo	Latitud	Longitud
1	35°52'45.56"S	62°42'7.08"W	20	36°01'59.88"S	62°53'39.66"W
2	35°51'40.98"S	62°39'13.20"W	21	35°57'13.02"S	62°59'17.76"W
3	35°55'1.50"S	62°31'36.24"W	22	35°55'23.52"S	63°00'9.96"W
4	35°44'6.00"S	62°46'30.42"W	23	35°57'20.82"S	62°46'11.70"W
5	36°01'2.28"S	62°46'58.08"W	24	36°03'38.40"S	62°44'23.88"W
6	36°05'35.34"S	62°40'4.62"W	25	36°07'34.92"S	62°46'1.86"W
7	36°05'25.98"S	62°39'56.34"W	26	36°10'13.98"S	62°45'9.42"W
8	36°07'6.84"S	62°36'2.04"W	27	36°11'55.08"S	62°44'37.26"W
9	36°07'34.50"S	62°43'41.58"W	28	36°09'41.70"S	62°44'23.82"W
10	36°13'53.46"S	62°41'21.90"W	29	36°09'37.68"S	62°42'0.72"W
11	35°59'32.34"S	62°47'4.56"W	30	36°09'10.02"S	62°41'17.10"W
12	35°51'44.82"S	62°52'53.16"W	31	36°10'49.98"S	62°42'29.76"W
13	35°51'37.74"S	62°53'27.30"W	32	36°05'8.28"S	62°44'56.10"W
14	35°51'0.18"S	62°58'27.66"W	33	35°50'44.20"S	62°53'43.60"W
15	35°50'48.60"S	62°58'26.34"W	34	36°02'07.60"S	62°47'14.40"W
16	36°00'29.28"S	63°02'17.16"W	35	36°07'13.20"S	62°45'10.20"W
17	36°04'38.40"S	63°04'38.40"W	36	36°07'13.10"S	62°45'23.80"W
18	36°04'51.24"S	63°06'23.88"W	37	36°03'27.80"S	62°48'55.90"W
19	36°04'45.36"S	62°51'11.40"W			

Tabla 1- Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

Luego, con el objetivo de obtener un mapa de muestreo se trabajó con las coordenadas anteriormente mencionadas en el programa Google Earth (Figura 2).



Figura 2- Mapa de muestreo

Las actividades de muestreo se realizaron en noviembre de 2012 y en los meses de marzo y abril de 2013 siguiendo las normas IRAM de muestreo para aguas subterráneas. Las mismas estuvieron a cargo del grupo de trabajo conformado por investigadores de la UTN Regional Trenque Lauquen y de la Unidad Académica Mar del Plata en marco del Proyecto PID “Calidad del agua subterránea y gestión del recurso hídrico en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires” que se llevó a cabo entre los años 2011 y 2013.

### 2.3. Análisis de Laboratorio y datos

Las muestras de agua se enviaron al Laboratorio de Análisis de la UTN UA-Mar del Plata para el análisis físicoquímico de 16 parámetros según metodología estandarizada para aguas propuesta por APHA [9]. Dichos parámetros fueron: pH, conductividad, color, turbiedad, sólidos disueltos totales, dureza total, alcalinidad total, calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, nitratos, nitritos, sulfatos y cloruros.

Con el fin de evaluar si las mismas eran aptas para consumo humano, se tuvieron en cuenta las características físicas, químicas y las concentraciones de las sustancias inorgánicas establecidas en el Artículo 982 del C.A.A. [2].

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante estadística básica y se aplicó el programa Aquachem 4.0 para realizar los gráficos de Piper y Schoeller [10].

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

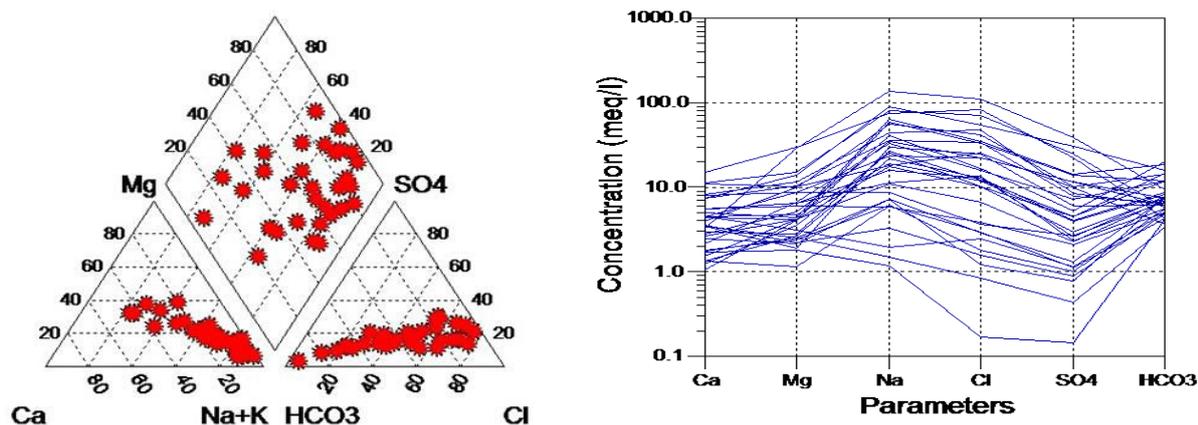
Los datos de calidad de agua subterránea obtenidos han sido muy dispares, según puede observarse en la Tabla 2, dónde se presentan los valores máximos, mínimos y promedios para los parámetros de composición mayoritaria analizados.

Parámetro	Max	Min	Promedio (n=37)
Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	15000	317	3739
pH	8.51	6.74	8.00
Color (Escala Pt-Co)	70	<5	14
Turbidez (NTU)	15	<1	3
Sólidos totales (mg/l)	11677	273	2662
Sodio (mg/l)	3125	19	676
Potasio (mg/l)	140	4	32
Calcio (mg/l)	302	10	87
Magnesio (mg/l)	364	8	82
Dureza (mg $\text{CaCO}_3/\text{l}$ )	2253	64	558
Alcalinidad total (mg $\text{CaCO}_3/\text{l}$ )	1010	152	401
Cloruros (mg/l)	3869	3	766
Sulfatos (mg/l)	1870	4	360
Nitratos (mg/l)	433	9	103
Nitritos (mg/l)	3.45	<0.1	1
Amonio (mg/l)	0.09	<0.05	0.07

Tabla 2- Principales parámetros de calidad de agua.

Se encontraron concentraciones salinas (sólidos totales) entre 11677 y 273 mg/l, y tenores de sodio y cloruros entre 3125 y 19 mg/l y 3869 y 3 mg/l respectivamente, siendo estos iones los que presentaron mayores variaciones. Según puede verse en las Figuras 3 y 4, la composición del agua resulta bicarbonatada sódica o clorurada sódica en la mayoría de los pozos, con concentraciones variables de iones  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{SO}_4^{-2}$ .

Esta situación es propia de las características hidrogeológicas y de explotación de la zona en estudio, donde el Pampeano actúa como acuífero de media productividad y la salinidad manifiesta una acentuada zonación lateral y vertical. La primera debido al flujo y a la variación litológica de los sedimentos portadores y la restante, por diferencia en la densidad del agua y por cambios litológicos. Y en el caso del Araucano, se comporta como un acuífero de baja productividad, en partes como acuitardo, debido a su granulometría predominantemente fina. El incremento salino en profundidad, su constitución arcillosa y la presencia de abundante yeso, hacen que el agua contenida en esta unidad tenga elevada salinidad y sea del tipo sulfatada [11].



Figuras 3 y 4- Gráficos de Piper y Schoeller

Estos resultados manifiestan que el agua acumula, en forma natural, una diversidad de sólidos disueltos o sales a medida que atraviesa suelos y rocas, por lo tanto, resultan ser importantes indicadores a la hora de evaluar la utilidad del agua para diversas aplicaciones [12].

De las 37 muestras analizadas, sólo cinco (13,5%) se encuentran dentro de los límites permitidos por el C.A.A. para los siguientes parámetros analizados: color, turbidez, sólidos totales, pH, dureza, cloruros, sulfatos, amonio, nitratos y nitritos. Dichas muestras corresponden a los pozos N°5, N°13, N°32, N°35 y N°36 (Ver Figura 2).

De las restantes 32 muestras que resultaron no cumplir con uno o más de los parámetros, el 62% presenta concentraciones de cloruros por encima de 350mg/l.

Por otra parte, aproximadamente el 60% presenta valores de sólidos totales (TDS) superiores a 1500 mg/l, siendo éste el límite permitido por el C.A.A. Estos resultados concuerdan con [13] y con otros trabajos llevados a cabo en la zona estudiada [14, 15].

Como se muestra en la Figura 5, la dureza, el color, la concentración de nitratos y sulfatos, en el mencionado orden, fueron los parámetros que mayoritariamente excedieron el valor fijado por el C.A.A.

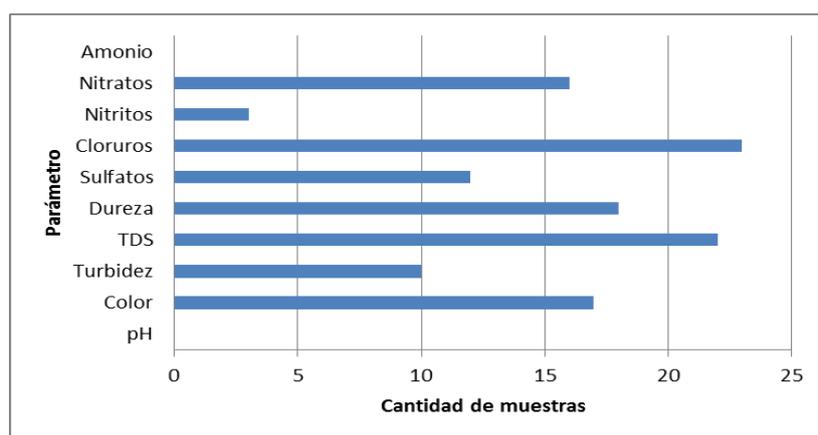


Figura 5-Cantidad de muestras que no cumplen con lo establecido en el C.A.A según el parámetro analizado

Al igual que en varios estudios realizados en nuestro país [16, 17, 18, 19, 20], la concentración de nitratos en las aguas subterráneas tanto en zonas rurales como en zonas urbanas se encuentra por encima del límite establecido por el C.A.A. [2]. El 43% de las muestras analizadas presentaron concentraciones de nitratos superiores a 45 mg/l. Esta situación es un riesgo para la salud de la población debido a las consecuencias toxicológicas producto de su ingesta.

Por otra parte, ninguna de las muestras estuvo por fuera del rango de pH normado y la concentración de amoníaco fue menor a 0,2mg/l en todos los pozos analizados.

#### 4. CONCLUSIONES

Del presente estudio se concluye que, conforme a lo establecido en el C.A.A., aproximadamente el 86% de las muestras indican que el recurso hídrico subterráneo no es apto para consumo humano, en esos sitios, de acuerdo a los parámetros analizados.

Por otra parte, estos resultados pretenden establecer una línea base de información que contribuya a la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes sobre la problemática y remarcar la importancia de estudiar la calidad del agua subterránea en zonas de nuestro país dónde el abastecimiento de agua para consumo es exclusivamente del recurso hídrico subterráneo.

#### REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/) (2017).
- [2] C.A.A. (Código Alimentario Argentino). Artículo 982, Agua Potable. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Actualizado (2007).
- [3] Moschione E. y Picco P., “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. Capitulo F. Contaminación de aguas subterráneas pp.: 327-334. ISBN 978-950-42-0136-6. (2011).
- [4] Bocanegra E. y Moschione E., “Efectos de la explotación en la evolución hidrogeoquímica del agua subterránea en Trenque Lauquen, Provincia de Buenos Aires”. XXIV° Congreso Nacional del Agua. (2013).
- [5] Paris M. y Tujchneider O., “Protección de pozos de abastecimiento. Indicadores de la calidad del agua subterránea”. *Tecnología y ciencias del Agua*. Vol.5, nº.4. (2014).
- [6] Mora-Bueno, D. y Sanchez-Peña, L. “Presencia de arsénico y coliformes en agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, México”, *Rev. Int. Contam. Ambient* vol.28 n.2. Print version ISSN 0188-4999. (2012).
- [7] Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar). (2010)
- [8] Bocanegra E. y Moschione E., “Hydrogeochemical tools applied to the evaluation of Trenque Lauquen groundwater, in Buenos Aires Province, Argentina”. XI Latinamerican Congress of Hydrogeochemistry and Hydrogeology. IV Colombian Congress, ALHSUD - ACH. Colombia. (2012).

- [9] AWWA, APHA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th edición. (2012).
- [10] Calmbach and Waterloo Hydrogeologic INC AQUACHEM Aqueous Geochemical Análisis, Plotting and Modeling. (1998).
- [11] Auge M. Regiones hidrogeológicas de la República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea. 111 pp. Disponible en:  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15909/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15909/Documento_completo.pdf?sequence=1). (2004).
- [12] Masters, G. M. y Ela, W. P. Introducción a la Ingeniería Ambiental. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 752 pp. (2008).
- [13] Boglione R. y Panigatti M.C. “Composición de arsénico en muestras de aguas subterráneas en la Provincia de Santa Fe”. V Reunión PROIMCA y III PRODECA. UTN. Tomo III. Sección calidad de aguas subterráneas pág.: 475-482. ISBN 978-950-42-0163-2. (2015).
- [14] Alconada-Magliano M.M. y Fagundo-Castillo J.R. “Origin of flooding water through hydrogeochemical identification, the Buenos Aires plain, Argentina”, *Environmental Earth Sciences*. Vol. 64 (1) pp.: 57-71. (2011).
- [15] Alconada-Magliano M.M. y Damiano F. “Arsenic and fluoride in water in northwestern Buenos Aires: their association with natural landscape elements”. *Journal of Geography and Regional Planning*. Vol. 10(2), pp.8-27. (2017).
- [16] Rocha, V. y Baudino, G. “Contaminación con nitratos en el norte de la ciudad de Salta capital, noroeste argentino”. *Groundwater and human development*, pp.: 480 -488. ISBN 987-544-063-9. (2002).
- [17] Fernández, M.A. y Mariño, E. “Evaluación de los contenidos de nitratos en los alrededores de General Acha, La Pampa, Argentina”. *Groundwater and human development*, pp.: 277 -286. ISBN 987-544-063-9. (2002).
- [18] Revelli, G. R. y Fito, G. B. “Calidad de agua para consumo en la zona noroeste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero”. *La Alimentación Latinoamericana*. Vol. 274, pp.58-65. (2008).
- [19] Holzman M. E. y Dalmaso M. G. “Contaminación por nitrato en la zona urbana y rural de la localidad de Macachín, La Pampa, Argentina”. *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 120 (4), pp. 553-562. ISSN: 0366-0176. (2009)
- [20] López C. y Macaño, H. “Origen de la contaminación por nitratos del agua subterránea en Salsipuedes – Cordoba.” III Reunión PROIMCA y I PRODECA. UTN. Volumen 2 parte. Capitulo F. Contaminación de aguas subterráneas pág.: 321-330. ISBN 978-950-42-0136-6. (2011).