

# Importancia del monitoreo del agua subterránea en zonas urbanizadas

**Marta Deluchi<sup>1,2</sup>, Adolfo Rojo<sup>2</sup>, Patricia Laurencena<sup>1,2</sup> y Eduardo Kruse<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> Cátedra de Hidrología General, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata 64 n°3 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Mail de contacto: [mhdeluchi@hotmail.com.ar](mailto:mhdeluchi@hotmail.com.ar)

---

## RESUMEN

Una herramienta esencial para evaluar la evolución química de las aguas subterráneas es el monitoreo periódico de su calidad. En las zonas urbanas esto permite estimar áreas contaminadas o el comienzo de alguna afectación en el agua suministrada a la población. En la ciudad de La Plata se efectuó en 2012 un muestreo de pozos de explotación de agua subterránea situados en el casco urbano y periferia, con el objeto de actualizar la información disponible. En el presente estudio se realizó un censo de perforaciones con la toma de 16 muestras para la determinación de iones mayoritarios, arsénico y flúor. El tratamiento de los datos se hizo mediante gráficos de relaciones iónicas, los cuales permitieron reconocer que las características químicas se han conservado relativamente estables a través del tiempo. Aunque se identificaron tres sectores con una composición química particular, dos ubicados en el ejido urbano y uno en la periferia.

Palabras clave: monitoreo, hidroquímica, urbano.

---

## ABSTRACT

Periodic monitoring of groundwater quality is an essential tool to evaluate its chemical evolution. In urban areas this tool allows to estimate contaminated areas or to detect quality changes in the water supply to the population. A sampling of groundwater exploitation wells located in the urban area and the suburbs of La Plata were carried out in 2012 with the aim of update the hydrogeological information. For the current work a groundwater well census were carried out and 16 water samples were taken for major ions, arsenic and fluorine. Data analysis were made using ionic relationship graphs which allowed recognizing that chemical characteristics have preserved relatively stable over time. Although three sectors with particular chemical composition, two located in the urban conglomerate and one in the suburbs, were identified.

Keywords: monitoring, hydrochemistry, urban.

---

## Introducción

Con el fin de lograr una adecuada gestión del agua subterránea, es necesario controlar la evolución de niveles, las direcciones de flujo, la calidad química de los acuíferos y definir objetivos medioambientales (Sahuquillo et al 2008). Dicha gestión implica, a su vez, conocer los procesos que tienen lugar en la interacción aguas subterráneas - aguas superficiales. Esta información es un requisito indispensable para cualquier estrategia de protección del agua subterránea. (Quevauviller, 2009).

La lenta velocidad de transporte de los contaminantes en el agua subterránea hace que su detección sea demorada en el tiempo (Candela Lledó, 1998), lo cual pone de manifiesto la necesidad de un control continuo.

En muchos casos, establecer mediante el monitoreo, la contribución relativa de una sustancia con respecto a su origen, natural o antropogénico, constituye un verdadero desafío. (Quevauviller, 2009).

En las áreas urbanas, además de la explotación del recurso subterráneo, un aspecto que incide en la hidrodinámica y consecuentemente en la calidad, es la ocupación del espacio subterráneo con obras civiles. La construcción de obras en áreas urbanas puede provocar impactos sociales y ambientales sobre los acuíferos, tales como descenso o ascenso de niveles, que conducen al secado de pozos o inundaciones de sótanos, estacionamientos subterráneos y estructuras similares, entre otros. En sentido inverso las

obras pueden verse afectadas por el flujo subterráneo (Carrera y Vazquez Suñé, 2008).

Existen regiones donde, a pesar del intenso uso del agua subterránea y de la presencia de obras en el subsuelo, no se realiza un monitoreo adecuado o es inexistente, lo cual genera problemas para la gestión del recurso y lleva a un deterioro en la calidad o una disminución en las reservas de agua. Ello puede traducirse en deficiencias significativas en el abastecimiento de agua potable.

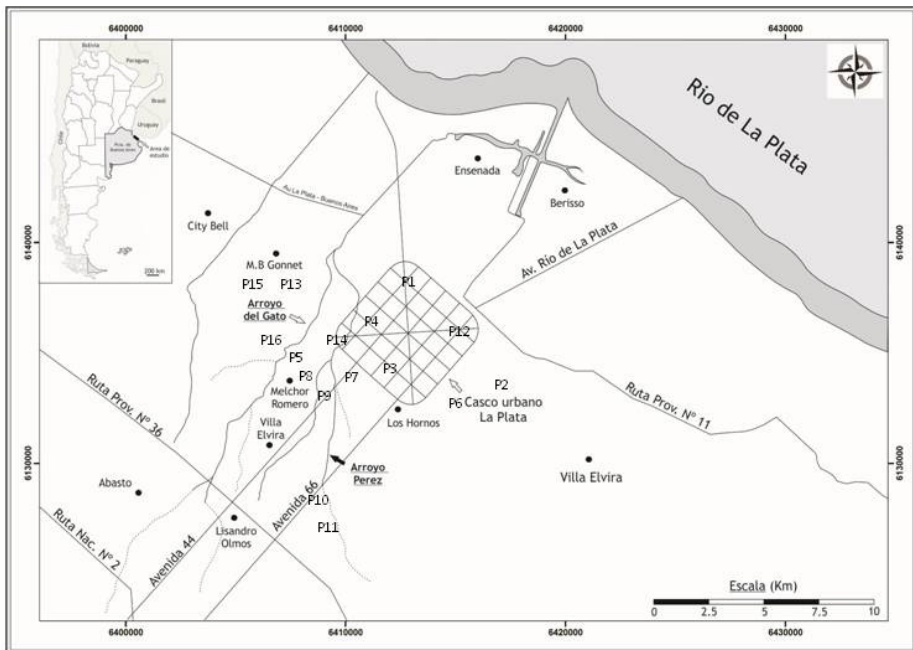
Tal es la situación del caso de estudio (región de La Plata) que se presenta en este

trabajo, cuyo objetivo es resaltar la importancia del monitoreo del agua subterránea en zonas urbanas como una base indispensable para la gestión de la explotación.

## Caso de estudio

### Generalidades

En la región de La Plata (Figura 1) una parte significativa del abastecimiento de agua potable se realiza mediante perforaciones, siendo ésta la única fuente para uso industrial y riego. Fue



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio

una de las primeras ciudades del país que se abasteció con agua subterránea, habiéndose habilitado el servicio de agua potable en 1885. Recién a partir de 1957, se aprovechó también el agua del Río de la Plata. En la actualidad aproximadamente un 50% del consumo se cubre con el acuífero Puelche y un 50% con agua potabilizada del Río de la Plata.

En épocas recientes el servicio fue afectado por distintos vaivenes en su administración, derivados de los procesos de privatización (en la década del 90) y del manejo estatal.

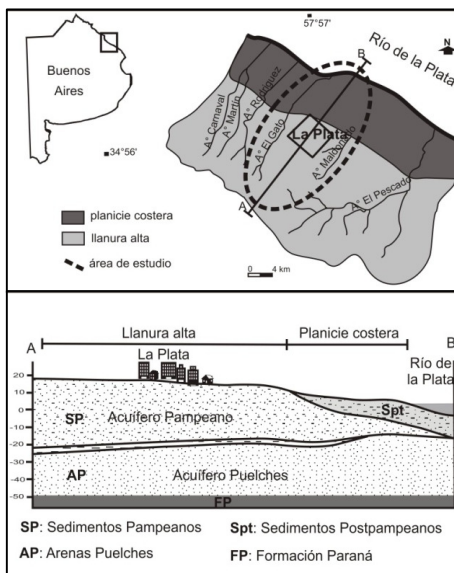
Los problemas existentes en el abastecimiento de agua asociado a un incremento en la demanda de agua, conduce a

revertir el concepto arraigado en la población que el agua subterránea (acuífero Puelche) es prácticamente inagotable. Son numerosos los trabajos realizados tendientes a evaluar el recurso hídrico de la región (Artaza, 1943; EASNE, 1972; Auge, 1995, 2005; Kruse et al. 2004). A pesar de ello no existe una red de monitoreo de los organismos proveedores de agua o del control estatal que sea confiable y permanente en el tiempo. A partir de esfuerzos individuales y no oficializados por los entes estatales o privados encargados de la problemática se conoce la progresiva disminución de las reservas, asociadas a

profundización de los niveles, y el deterioro de la calidad química.

La Plata, se ubica en una llanura que presenta un desarrollo de interfluvios anchos con valles amplios que conforman cuencas bien delimitadas. Es una planicie agradacional pleistocena, cortada por los valles tributarios de la cuenca Paraná-Río de La Plata, suavizada por una cubierta eólica (loess) del Pleistoceno tardío-Holoceno (Zárate, 2005). En este ambiente llano se diferencian dos sectores: Planicie Costera y Llanura Alta (Figura 2).

La Planicie Costera se dispone en forma de franja paralela a la costa del Río de La Plata con un ancho variable entre 5 y 8 Km. Las alturas no exceden los 5 m.s.n.m, con pendientes topográficas próximas a 0,5 m/Km. Es un ambiente de descarga parcial del sistema subterráneo.



**Figura 2.** Unidades morfológicas y características hidrogeológicas (modificado de Deluchi et al, 2011)

La Llanura Alta se ubica por encima de la cota de 5 msnm y se extiende hasta los 30 msnm. Las unidades aflorantes presentes en el área, están constituidas, en forma general, por los Sedimentos Pampeanos y Sedimentos Postpampeanos.

Los Sedimentos Pampeanos (Mioceno superior - Pleistoceno superior) están conformados por limos loessoides de coloración castaño rojizos, con niveles calcáreos que

poseen espesores comprendidos entre pocos centímetros hasta 1 a 2 metros.

Los Sedimentos Postpampeanos (Pleistoceno Superior – Holoceno) están compuestos por limos arcillosos y arenosos de color gris amarillento y amarillo castaño, de variado origen (fluvial, lacustre, eólico y marino). Poseen una estructura maciza, al igual que los sedimentos Pampeanos se disponen en manto. Sus afloramientos tienen mayor desarrollo en la Planicie Costera; en la Llanura Alta quedan restringidos a los valles de los arroyos.

Desde el punto de vista hidrogeológico se describen las unidades: Arenas Puelche y Sedimentos Pampeanos (Figura 2). El nivel superior conocido como Pampeano posee un espesor del orden de 50 m y la transmisividad es de 200 m<sup>2</sup>/día. Este nivel incluye a la capa freática, cuya profundidad, en condiciones naturales, varía entre 5 y 10 metros. Por debajo del Pampeano se sitúan las Arenas Puelche conformadas por una secuencia de arenas cuarzosas finas a medianas, con un tamaño de grano que aumenta en profundidad. El espesor medio es de 20 m y la transmisividad del orden de 500 m<sup>2</sup>/día.

Los sedimentos acuitardos que separan el acuífero Pampeano de las Arenas Puelche, presenta espesores que varían entre 0 y 12 m y con una transmisividad vertical de 5\*10<sup>-3</sup> día<sup>-1</sup>.

El acuífero Puelche es recargado verticalmente en forma indirecta a través del Pampeano, que contiene a la capa freática.

### Hidrodinámica

Estudios recientes sobre el acuífero Puelche en La Plata y alrededores, tratan aspectos hidrodinámicos (Laurencena et al, 2010) (Deluchi et al 2011). Estos trabajos han aportado datos discontinuos de las variaciones de los niveles piezométricos permitiendo identificar descensos significativos, el aumento del área de influencia del cono de depresión, modificaciones en el flujo natural de las aguas subterráneas y en las relaciones aguas superficiales – aguas subterráneas. Estos cambios se evidencian en la mayor superficie delimitada por la curva de -5 m.s.n.m. que aumentó en un 60 % en los últimos 10 años, y en el ápice del cono de depresión que actualmente supera los 19 m de profundidad.

En los últimos 20 años se estima en un 80% el incremento del volumen de extracción de agua subterránea. (Deluchi et al 2012). La expansión del área de influencia del cono de depresión se ha producido hacia el sur de la ciudad, comprendiendo sectores fuera del área

urbana, donde existe un uso del agua destinado a la producción florihortícola. A su vez se han incrementado en esta zona los cultivos bajo cubierta, factores que se deben considerar para la planificación y gestión del agua subterránea.

## Hidroquímica

Las caracterización hidroquímica más recientes disponible se refiere a 2004 (Auge et al, 2004).

En este trabajo se presenta una actualización química del acuífero Puelche, con respecto a los iones mayoritarios, flúor y arsénico. Se efectúa de acuerdo a un muestreo de 16 pozos seleccionados de la red de abastecimiento de ABSA, Aguas Bonaerenses S.A., empresa a cargo de los servicios de agua. La campaña de muestreo se desarrolló en diciembre de 2012. Las muestras corresponden a la llanura alta y están distribuidas en el casco urbano y área periurbana.

El tratamiento de los datos se realizó mediante gráficos de relaciones iónicas. A fin de reconocer la evolución de la calidad química del acuífero Puelche se evaluaron los datos disponibles del período 1988-1997 obtenidos por la empresa distribuidora de agua potable en ese momento y de 2004 que son indicados en la publicación Vulnerabilidad a la Contaminación por Nitratos del Acuífero Puelche en La Plata, Auge (2004). Se seleccionaron pozos coincidentes con los pozos censados en este estudio.

Los valores de conductividad eléctrica oscilan varían entre 700 y 1700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo en general, los bicarbonatos y el sodio los iones mayoritarios predominantes. El valor promedio de bicarbonato es de 470 mg/L y el de sodio, 132 mg/L. Los menores valores de conductividad están en las cabeceras de la cuenca del Arroyo del Gato y se incrementan hacia los pozos ubicados dentro del casco urbano.

De acuerdo a los diagramas de Piper (1944) existen diferentes tipos de agua para el área periurbana y urbana, las cuales muestran un cambio gradual de salinidad, dada principalmente por aumento de sodio y cloruro (Figura 3).

En el área periurbana las aguas son bicarbonatadas sódicas, exceptuando cuatro muestras que presentan características bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, ubicadas próximas a la posición actual del ápice del cono de depresión generado por el bombeo. Los cloruros que oscilan entre 21 y 50 mg/L; los

sulfatos entre 4 y 15 mg/L y bicarbonatos con valores extremos de 355 y 555 mg/L. La diferencia de estos dos tipos de agua está dada por una disminución en las aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas del porcentaje promedio del sodio en un 11% y aumento del magnesio en un 7%.

La totalidad de las muestras presentan  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ , las aguas sódicas con porcentajes promedios, según la secuencia, de 51%, 25% y 19%, mientras que los valores porcentuales de las aguas cálcicas y/o magnésicas son de 40%, 32% y 21%.

Dentro del área urbana, se diferencian dos grupos, uno ubicado hacia el suroeste y otro hacia el noreste, próximo a la planicie costera. En el primer caso las aguas son bicarbonatadas sódicas con tendencia a cloruradas sulfatadas, los cloruros varían entre 77 y 100 mg/L; los sulfatos entre 60 y 200 mg/L y bicarbonatos comprendidos entre 455 y 635 mg/L. Comparada con los dos tipos de aguas descriptas arriba, el bicarbonato disminuye en un 20%, el sulfato y cloruro se incrementan en un 12% y 6% respectivamente. En el segundo grupo, las aguas registran los valores de mayor conductividad (1706 y 1743  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) caracterizadas como cloruradas y/o sulfatadas sódicas. Los porcentajes de cloruro y bicarbonato son similares, 39% y 40% respectivamente. Las concentraciones de cloruros son del orden de 270 mg/L y los sulfatos de 125 mg/L. Estas características se sitúan en la zona la transición de la Llanura Alta hacia la Planicie Costera.

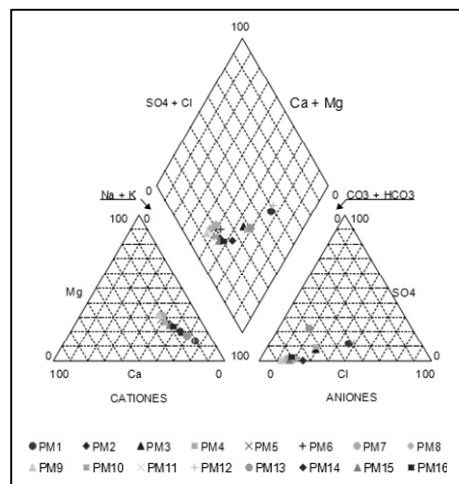
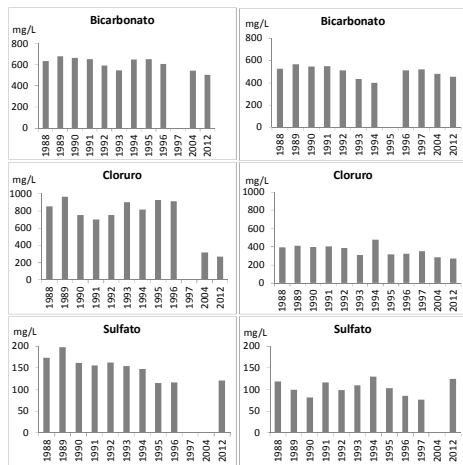


Figura 3. Diagrama de Piper. Acuífero Puelche

Los valores de arsénico en todas las muestras están por debajo del límite establecido por Código Alimentario Argentino (0,01 mg/L). Los fluoruros oscilan entre 0,19 mg/L y 0,51 mg/L, siendo el límite fijado por dicho organismo 1,2 mg/L.

En forma general, si se comparan estos datos con los de Auge (2004) no se reconocen para esa fecha aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas. A su vez los gráficos de las figuras 4 y 5 permiten comparar datos desde 1988 a 1997, con datos de 2004 y resultados del muestreo de 2012.

Se presentan como ejemplos representativos dos de los pozos que se sitúan en el área urbana y dos en la periurbana. Los datos evidencian que en un período superior a dos décadas no existen cambios significativos en los elementos químicos analizados. Se exceptúa sólo una disminución considerable de cloruros en la perforación P1, registrada también en 2004, donde se pasa de valores medios cercanos a 600 mg/L a 270 mg/L. Esto se podría relacionar con que actualmente varios pozos ubicados en el área urbana dejaron de operar.

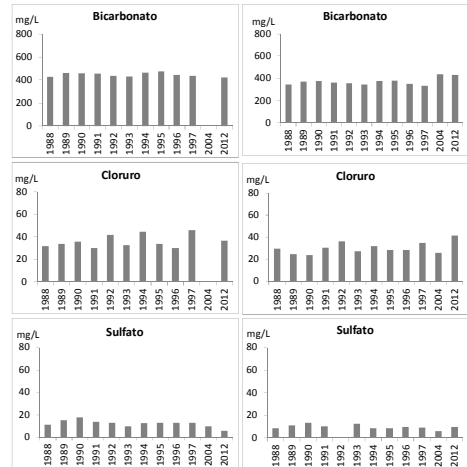


**Figura 4.** Concentraciones de aniones de los Pozos 1 y 12.

## Conclusiones

El caso de estudio presentado pone de manifiesto que el monitoreo de las aguas subterráneas en un área urbanizada debe formar parte de la evaluación del agua subterránea, siendo el registro continuo de

datos un elemento básico para ello. Es una herramienta fundamental para establecer el



**Figura 5.** Concentraciones de aniones de los pozos 7 y 15.

nivel de referencia, a través del cual se pueden detectar cambios.

Los datos saltuarios de niveles de agua subterránea y los de calidad química presentados, que son los disponibles, indican que resulta imprescindible la instalación y operación de una red de monitoreo.

Si bien la comparación de los resultados obtenidos en unas pocas perforaciones muestra que en los contenidos de iones mayoritarios no se produjeron cambios sustanciales en un período superior a los 20 años, ello no significa que no existan modificaciones en otros compuestos que pueden generar problemas en el abastecimiento de agua a la población.

Es necesario planificar una red de monitoreo estable, con una densidad de pozos y periodicidad de censos adecuados, que esté a cargo de un organismo que pueda garantizar su continuidad en el tiempo. Ello será la única forma de contar con datos suficientes para una evaluación continua de modificaciones hidrodinámicas e hidroquímicas, lo cual es la base para la gestión del recurso subterráneo.

## Referencias

Artaza, E. 1943. Saneamiento urbano en la República Argentina. Provisión de agua. Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas. Cuaderno N° 6. La Plata.

- Auge, M. 1995. Manejo del agua subterránea en La Plata, Argentina. Convenio Universidad de Buenos Aires - International Development Research Centre, 149 p., inédito. La Plata.
- Auge, M., Hirata, R., López Vera, F. 2004. Vulnerabilidad a la Contaminación por Nitratos del Acuífero Puelche en La Plata Argentina. Centro de Estudios de América Latina (CEAL). 1-195. Buenos Aires.
- Auge, M. 2005. Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Pág. 293-312. La Plata, Argentina.
- Candela Lledó, L. 1998. La contaminación de las aguas subterráneas por actividades agrarias en España: visión desde la investigación.
- Carrera, J. y Vazquez Suñé. 2008. Sobre la interacción entre acuíferos y obras subterráneas. El agua y las infraestructuras en el medio subterráneo. AIH-GE. Pp21-38. Barcelona.
- Deluchi, M., Kruse E., Laurencena, P., Rojo A. y Carol, E. 2012. Modificaciones en el flujo subterráneo por aumento en la extracción de agua en la ciudad de La Plata. I Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana. CD: 624-628. Buenos Aires.
- Deluchi, M., Carol, E., Mancuso, M. Kruse, E; Laurencena, P., Rojo, A. 2011. Evolución hidrológica en un área urbanizada con explotación de agua subterránea. VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Pág.166-173. Salta.
- EASNE. 1972. Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. EASNE-CFI. Serie. Téc.24, Tomo I y II.
- Kruse, E., Varela, L., Laurencena, P., Deluchi, M., Rojo, A. Y Carol, E. 2004. Modificaciones del ciclo hidrológico en un área del Noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, Instituto Geológico Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas 11:131-139. Madrid.
- Laurencena, P., Deluchi, M., Rojo, A. y Kruse, E, 2010. Influencia de la explotación de aguas subterráneas en un sector del área periurbana de La Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Volumen 66, N° 4, Pp. 484-489. Geología Urbana, Ordenamiento Territorial y Teledetección.
- Piper, A. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water - analysis. Transactions of the American Geophysical Union, 25:914-923.
- Quevauviller, P., Fouillac, A., Grath, J., Ward, R. 2009. Groundwater Monitoring. Ed. Wiley. UK.
- Sahuquillo, A., Custodio Gimena, E, Llamas Madurga, M., 2009. La gestión de las aguas subterráneas. Tecnología del agua, 29 (306): 54-67.
- Zárate, M. y Rabassa, J. 2005. Geomorfología de la provincia de Buenos Aires. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino. Pp:119-138.