

# INFLUENCIA DE LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN UN SECTOR DEL ÁREA PERIURBANA DE LA PLATA

Patricia LAURENCENA<sup>1</sup>, Marta DELUCHI<sup>1</sup>, Adolfo ROJO<sup>1</sup> y Eduardo KRUSE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Comisión de Investigaciones Científicas

<sup>2</sup> Cátedra de Hidrología General, Facultad de Ciencias Naturales y Museo - CONICET

Emails: pl Lauren@fcnym.unlp.edu.ar, mhdeluchi@hotmail.com

## RESUMEN

En el sector del área periurbana de La Plata, la explotación de aguas subterráneas da lugar a una competencia de uso del recurso entre consumo humano y riego. El objetivo del trabajo es analizar la influencia generada por el desplazamiento de la batería de pozos de explotación desde el área urbana hacia un sector del área periurbana, donde además se extrae agua subterránea para el desarrollo hortiflorícola. La necesidad de extracción de mayores volúmenes de agua subterránea para proveer de agua potable a La Plata y barrios periféricos ha provocado un cono de depresión de los niveles freáticos y del acuífero Puelche en la zona periurbana. Debido a esto se han producido cambios en la dirección del flujo subterráneo natural en la divisoria norte del arroyo El Pescado, la cual constituía un sector de recarga para la cuenca y actualmente genera aportes hacia la batería de explotación. El conocimiento y seguimiento de las condiciones hidrológicas en el área de competencia de usos, resulta una base indispensable para lograr un ordenamiento territorial que minimice los efectos derivados de la sobreexplotación de aguas subterráneas.

Palabras clave: *Sobreexplotación, agua subterránea, competencia de usos, La Plata.*

**ABSTRACT:** *Influence of groundwater exploitation in a sector of the periurban area of La Plata.* In the periurban sector of the city of La Plata both human consumption and irrigation compete for the exploitation of groundwater. In this framework, the work objective is to analyze the impact generated by the displacement of the groundwater exploitation wells from the urban to the periurban area where additionally, local exploitation is conveyed for the horticulture-floriculture development. The need of extracting increasing volumes to supply drinkable water to the City of La Plata and surrounding areas has produced a depression cone affecting both the phreatic and Puelche aquifer that reaches the periurban area. As a consequence, changes in the natural groundwater flow direction have been detected in the northern drainage divide of the Arroyo El Pescado basin. The Northern divide was formerly a recharge area of the basin but presently it drains towards the exploitation zone. The knowledge and close follow up of the hydrological conditions of the area with competing water use is an unavoidable work base to reach a land ordering that minimizes the effect of groundwater overexploitation.

Keywords: *Groundwater exploitation, conflicting water use, La Plata.*

## INTRODUCCIÓN

En el sector periurbano de La Plata (provincia de Buenos Aires) la expansión de la urbanización y del desarrollo agrícola dan lugar a una competencia por el uso de la tierra y consecuentemente por el uso del agua. Los conflictos entre la utilización de agua subterránea para consumo humano e irrigación es citada en diversos trabajos, tanto en regiones áridas y semiáridas (Llamas y Martínez Santos 2005), como en regiones húmedas (González *et al.* 2008).

Estudios previos realizados en La Plata han reconocido fenómenos de sobreexplotación (Auge 1995) y modificaciones del ciclo hidrológico natural debido a la acción antrópica (Kruse *et al.* 2004). En un trabajo reciente se evalúan las evidencias que indican cómo el aumento en la explotación del agua subterránea para consumo humano comienza a afectar el área periurbana (Rojo *et al.* 2008).

El objetivo del trabajo es analizar la influencia generada por el desplazamiento de la batería de pozos de explotación desde el área urbana hacia un sector del área

periurbana, donde además se extrae agua subterránea para el desarrollo hortiflorícola. En este sector con crecimiento poblacional y productivo, el agua constituye uno de los componentes a considerar al momento de definir una estrategia con respecto al uso y ocupación del territorio para lograr el desarrollo sostenible de la región.

## CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

El área de estudio comprende un sector periurbano de La Plata, situado en las di-

visorias de agua común entre los arroyos del Gato y El Pescado (Figs. 1 y 2).

El sector periurbano posee 25.000 habitantes, ocupando un 39% de la superficie total (942 km<sup>2</sup>) del partido de La Plata. Se caracteriza por una explotación fruti-hortícola intensiva. Dentro de esta área también existen 910 industrias (Censo 1999), siendo los rubros más destacados el alimenticio, metálica básica, maquinarias y vehículos automotores. Los cambios tecnológicos asociados con este desarrollo han originado un aumento en el volumen de agua utilizada, que se extrae exclusivamente del medio subterráneo.

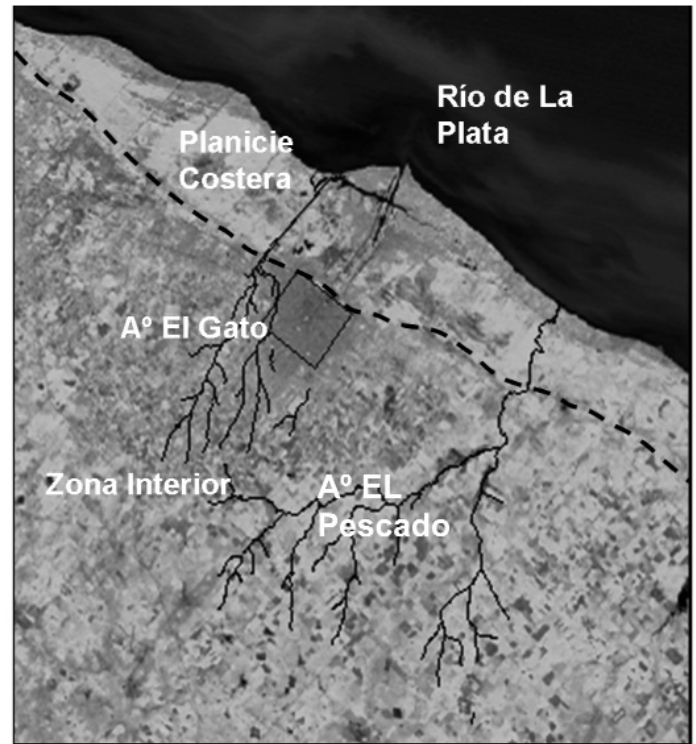
Relacionado con el sector periurbano, se encuentran las zonas urbana y la rural (Fig. 2). El área urbana, registra una población de más de 600.000 habitantes. Los datos del último censo de población (2001) indican que el crecimiento se produjo en las áreas periféricas, mientras que el ejido urbano marcó una reducción de 12,9 % (Fuente: INDEC). En esta zona se encontraban originalmente la mayoría de las perforaciones de la red de abastecimiento de agua potable, parte de estos pozos se han abandonado debido a problemas de contaminación, lo cual obligó a construir nuevos pozos de explotación hacia el sector periurbano.

El área rural presenta un desarrollo agrícola – ganadero extensivo con baja densidad poblacional y escasa actividad antrópica. En esta zona la extracción de agua subterránea está vinculada con el abastecimiento a pobladores locales, ganado y sistemas aislados de riego para cultivos extensivos.

El sector periurbano se desarrolla dentro de la zona interior (Fig. 1), siguiendo la clasificación morfológica de Fidalgo y Martínez (1983). Se trata de una llanura con una suave pendiente regional hacia el NE del orden de 0,1%, con cotas que varían entre los 15 y los 25 m s.n.m. Los suelos son de buena calidad y bien drenados (Giménez *et al.* 1992), predominando los procesos de infiltración.

Esta región posee un clima húmedo, subhúmedo, con precipitaciones media anual de 1060 mm/año (1901-2006) y una evapotranspiración real media de 783

**Figura 1:** Unidades morfológicas del área de estudio.



mm/año. La precipitación constituye el principal ingreso de agua a considerar en el balance hidrológico de esta zona.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los relevamientos de campo, que abarcan aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos y de uso de la tierra han sido la base metodológica de sustentación para este trabajo. Se utilizaron los datos básicos, correspondientes al área de estudio, derivados de la operación de redes de monitoreo regional que incluyen a las cuencas de los arroyos El Pescado (35 puntos de medición y muestreo periódicos) y Del Gato (37 puntos de medición y muestreo de agua subterránea y 16 de agua superficial). Además para lograr una densidad acorde con la finalidad perseguida se efectuaron mediciones adicionales en pozos del servicio de agua potable, de riego y domiciliarios. En la red de explotación de agua subterránea que posee ABSA en La Plata y alrededores, se seleccionaron 20 pozos para efectuar el monitoreo.

Se realizaron mediciones simultáneas y ensayos de la capa freática y acuífero Puelches. Los datos que se analizan son

los obtenidos en el relevamiento de abril de 2008. Para la elaboración e interpretación de los resultados se utilizó material cartográfico, fotografías aéreas (1: 50.000 y 1: 20.000) e imágenes satelitales.

## CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

La perforación efectuada por la Dirección Provincial de Hidráulica en la Plaza de Armas de La Plata, cuya profundidad alcanzó el basamento a 497 m. (Artaza 1943) ha sido utilizada como base para la descripción de la estratigrafía del subsuelo en numerosos estudios de la región. En forma resumida se debe indicar que de base a techo se identificaron las siguientes unidades (Cuadro 1).

Basamento (Precámbrico): integrado por rocas metamórficas y plutónicas, se ubican a 486 m de profundidad.

Formación Olivos o “El Rojo” (Mioceno Inferior), (Groeber 1945): se apoya sobre el basamento cristalino, en la base de esta unidad hay conglomerados de rodados silíceos del material subyacente. Hacia arriba continúan arcillas limosas pardo-rojizas, que alternan con niveles de arena



Figura 2: Usos del suelo.

gruesa. El ambiente deposicional de esta formación es continental, en gran parte lacustre. Se ubica entre los 271 y 486 m de profundidad.

Formación Paraná o “El Verde” (Mioceno Superior), (Groeber 1945): Se dispone en discordancia sobre la Formación Olivos, reconociéndose dos secciones. Una inferior, con clastos de granulometría arenosa a conglomerádica, emplazados entre 154 y 271 mbbp. La sección superior, caracterizada por la presencia de arcillas plásticas, de tonos verdosos que se disponen entre 63 y 154 m b.b.p., las cuales son cubiertas en discordancia por la Formación Puelches. Conforman una secuencia de origen marino.

Formación Puelches (Plio-Pleistoceno) (Santa Cruz 1972): secuencia de arenas cuarzosas, sueltas, finas a medianas, de coloración pardo-amarillenta. Presenta generalmente estratificación gradada y se tornan más limosas hacia su parte superior. El contacto con la unidad subyacente es por discordancia erosiva. Su origen es fluvial. En la perforación descrita, se ubica entre 44 y 63 m b.b.p.

Sedimentos Pampeanos (Fidalgo *et al.* 1975) (Pleistoceno medio – superior): Constituidos por los miembros inferior y superior. El miembro inferior, está integrado esencialmente por un limo arcilloso. El superior, está formado por un limo

pardo rojizo, siendo abundantes las intercalaciones calcáreas de nódulos o estratiformes (tosca).

Los sedimentos pampeanos pueden estar cubiertos por horizontes edáficos o los sedimentos postpampeanos dependiendo de la geomorfología del lugar (zona interior o planicie costera). El espesor de los sedimentos pampeanos en esta perforación alcanza 44 m de potencia.

Sedimentos postpampeanos (Pleistoceno superior – Holoceno): esta unidad está compuesta por sedimentos limo-arcillosos y arenosos de variado origen (fluvial, lacustre, eólico y marino). Sus afloramientos tienen mayor desarrollo en el ámbito de la planicie costera y en la zona interior quedan restringidos a los valles de los arroyos. Desde un punto de vista práctico, las secciones del subsuelo menos profundo: pampeano – pospampeano, incluida la capa freática, y Formación Puelches resultan las más conocidas ya que constituyen las unidades acuíferas actualmente en explotación. Además son las que presentan una mayor relación con los aspectos ambientales y el ciclo hidrológico actual.

Estas unidades presentan una alternancia de secciones productivas separadas por sedimentos de menor permeabilidad que conforman un acuífero multiunitario. El Pampeano presenta un espesor del orden de 50 m y la transmisividad es de alrede-

dor 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 sitúa la Formación Puelches que representan al acuífero más importante del noreste de la provincia de Buenos Aires. Se trata de una secuencia de arenas cuarzosas cuya transmisividad media es de 500 m<sup>2</sup>/día.

## RESULTADOS

Se analizan las variaciones de los niveles freáticos y piezométricos del acuífero Puelches obtenidos en abril de 2008.

### Niveles freáticos

En la zona del sector periurbano que incluye a la divisoria común entre los arroyos del Gato y El Pescado, el mapa freático (Fig. 3) indica cotas de nivel freático que varían entre 5 y 10 m s.n.m. El sentido de flujo es hacia el norte, con un gradiente variable entre 0,6 m/km y 1,8 m/km modificando la coincidencia natural de la divisoria de aguas superficial y subterránea.

El control periódico de los niveles freáticos ha permitido reconocer la influencia de la explotación a través del descenso de los niveles que oscila entre 5 y 8 m en el período 2000 a 2008. Existe una profundización significativa, con sólo variaciones estacionales que no modifican la tendencia general. En la figura 4 se han representado las variaciones registradas en dos pozos de monitoreo representativos de esta situación.

El sector analizado se enmarca en el comportamiento regional del acuífero freático (Fig. 3), mostrando que las mayores alturas freáticas están dadas por la curva de 15 msnm, con un desarrollo paralelo a la divisoria sur de la cuenca del arroyo El Pescado. Se registran las cotas menores (-5 y -10 m s.n.m.) sobre la margen derecha del arroyo del Gato, en el área adyacente al casco urbano. Las curvas isofreáticas acompañan el desarrollo del cono de depresión producido por la explotación del acuífero Puelches.

Se pone de manifiesto en el registro de

abril de 2008, el carácter influente del arroyo del Gato respecto de la capa freática, en los sectores superior y medio, confirmando la situación observada en estudios anteriores (Varela *et al.* 2002, Deluchi *et al.* 2005). En la cuenca del arroyo El Pescado la relación agua superficial – agua subterránea permanece efluente, excepto en el sector periurbano donde comienzan a reconocerse los efectos de la intensificación de la explotación del agua subterránea, adquiriendo un carácter indiferente.

### Niveles piezométricos

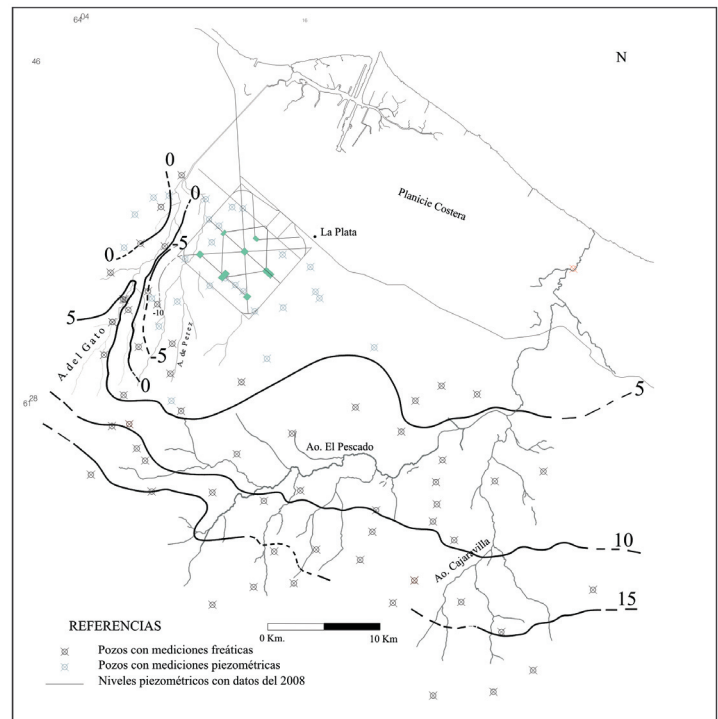
El acuífero Puelches, en la zona de competencia entre usos para agua potable y riego, dentro del sector periurbano estudiado, presenta diferencias de carga hidráulica entre freática y Puelches, variables entre 2 y 5 metros, a diferencia de estudios anteriores en los que se midieron diferencias de 1 metro y menores (Auge 1997). Las profundidades de los niveles freáticos oscilan entre los 15 y 23 m, mientras que los niveles piezométricos varían entre 18 y 28 metros.

En el mapa piezométrico regional se puede observar (Fig. 5), que el ápice del cono de depresión generado por la explotación actual, está ubicado fuera del ejido urbano con cota de -16 m s.n.m. Los gradientes hídricos varían entre 1,4 m/km hacia el este y 5 m/km hacia el oeste. Con respecto a registros previos (Auge 1995, 2005) se evidencia un desplazamiento del ápice del cono de 2,5 km, hacia el SO de la ciudad de La Plata y una mayor superficie, que actualmente supera los 85 km<sup>2</sup>.

### Particularidades del balance hidrológico

Los relevamientos de campo y el análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales actuales comparadas con fechas anteriores, (1984, 1996, 2001) ponen en evidencia el crecimiento urbano y el aumento de las áreas destinadas a cultivos. Una particularidad que caracteriza a estas últimas dentro del sector periurbano son los cultivos hortiflorícolas en invernáculos, práctica restringida años atrás a la actividad florícola. Según el censo hortiflorícola de la provincia de Buenos Aires de 2005 (CHFBA

Figura 3: Mapa iso-freático. Abril 2008.



2005), en el área de estudio, el total de explotaciones es de 1.047, ocupando un área de 2.879 hectáreas, de éste total 992 son cultivos bajo cubierta. En términos de cantidad de módulos de superficie cubierta de acuerdo al año de construcción se registra para 1995, 3800 módulos y para el período 2000-2004, 7700 módulos, indicando que se duplican con respecto a 1995.

Se estimó el escurrimiento superficial del área periurbana, según la metodología de *Soil Conservation Service* (1975). Para ello se consideraron eventos de tormentas con registros diarios obtenidos en la estación Observatorio de La Plata para el período 2000-2004. Se analizaron precipitaciones mayores a 120 mm con una duración de 5 días.

Se diferenció el escurrimiento superficial para áreas urbanizadas y para áreas rurales. Las áreas cultivadas a intemperie (aproximadamente 2000 ha) se asimilaron a estas últimas, mientras que las cultivadas bajo cubierta (aproximadamente 1000 ha) a las primeras.

De esta forma se estimaron para el área de cultivos a intemperie valores que varían entre 1% y 60% de la precipitación en condiciones antecedentes del suelo muy seco y muy húmedo respectivamente. En cambio

para el área bajo cubierta, los valores van de 23% (suelo muy seco) a 90% (suelo muy húmedo). La ponderación de estos valores determinó que el escurrimiento superficial representa un 14% de la precipitación en situaciones de suelo muy seco y un 70% de la precipitación en condiciones muy húmedas.

El incremento del escurrimiento superficial está asociado a una disminución en la infiltración y consecuentemente en la recarga del acuífero freático e indirectamente al Puelches. Laurencena *et al.* (2002) consideran las variaciones freáticas en un período en condiciones antecedentes de suelo húmedo en un medio con escasa modificación antrópica en el arroyo El Pescado, determinando una infiltración del orden del 65% de la precipitación para eventos de 120 mm con una duración de 5 días. Se deduce que prácticamente el mismo volumen de agua que se infiltra en el área rural, en el sector de competencia de usos escurre superficialmente.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El desarrollo urbano, la mayor demanda de agua y la inhabilitación de algunos po-

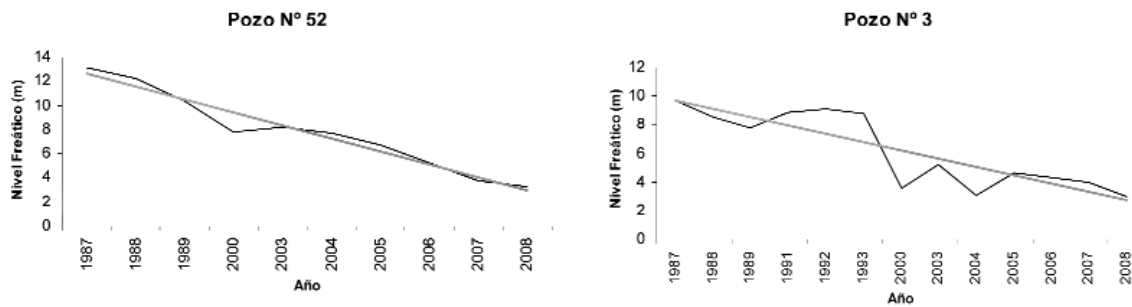


Figura 4: Niveles freáticos, período 1987 - 2008.

CUADRO 1: Hidrogeología.

Unidad Estratigráfica	Prof. (m)	Esp. (m)	Litología	Características Hidrogeológica	Observaciones
<b>Postpampeano</b>				Acuícludo	
(Pleistoceno superior- Holoceno)			Limos, arcillas y arenas		Restringido a sectores topográficamente bajos
<b>Pampeano</b>	0	44		Acuífero	
(Pleistoceno medio-superior)			Limos arcillosos	T=215 m <sup>2</sup> /d	Buen desarrollo areal
			Intercalaciones calcáreas hacia arriba	K= 10 m/d	
				S=0.05	
<b>Puelche</b>	44	19		Acuífero	
(Plioceno-Pleistoceno)			Arena cuarzosa, fina-media limosa	T=500 m <sup>2</sup> /d	Principal acuífero.
			hacia el tope. Origen fluvial	K= 25 m/ día	Recarga autóctona
				S=10E-3 a 10E-4	indirecta por el Pampeano
<b>Fm. Paraná</b>	63	208		Acuíferos y acuícludos	
"Verde"			Arenas hasta conglomerados en la base		Poco investigada por alto
(Mioceno superior)			y arcillas verdosas en el tope.		tenor salino de aguas y alto costo de perforación.
<b>Fm. Olivos</b>	271	215		Acuíferos y acuícludos	
"Rojo"			Conglomerado basal. Hacia arriba		Poco investigada por alto
(Mioceno inferior)			alternancia de fangolitas rojizas		tenor salino de aguas y alto
			y arenas.		costo de perforación.
<b>Basamento</b>	486	---		Base complejo acuífero	
			Metamórficas y plutónicas.		

zos por problemas de contaminación han dado lugar a la expansión del área de explotación para abastecimiento de agua potable. A partir de fines de la década del 90 la explotación se extiende hacia el sector periurbano, al sudeste de La Plata. Estos sectores tradicionalmente dedicados a la agricultura cubren sus necesidades de agua para riego mediante la extracción de aguas subterráneas.

Distintas particularidades hidrológicas caracterizan a este sector, donde existe explotación de aguas subterráneas para consumo humano y para riego.

A partir del 2000 se observa una tendencia a la profundización los niveles freáticos (entre 5 y 8 m) generando la necesidad por parte de los productores locales

de realizar nuevas perforaciones, reemplazando el uso del acuífero pampeano por el del Puelches.

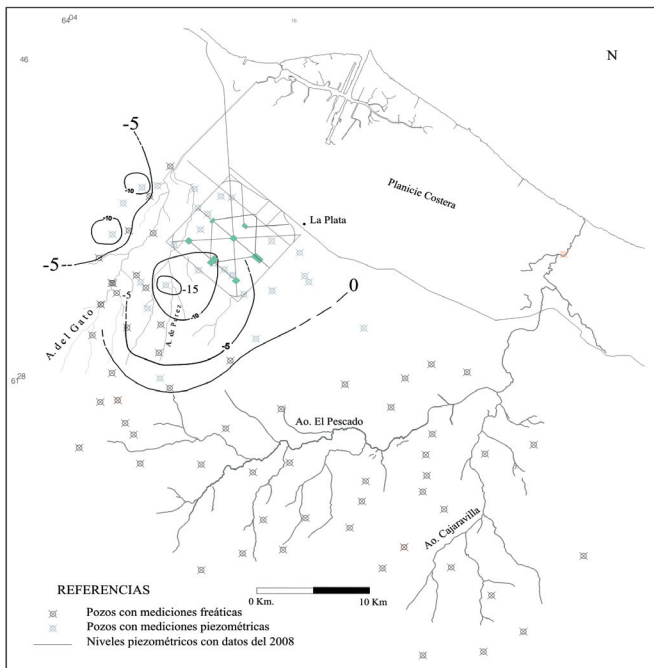
Se registró un aumento en la diferencia entre la carga hidráulica de la capa freática y el acuífero Puelches, con valores que alcanzan 5 m, cuando en condiciones naturales eran de 1 m o menores.

Se reconoce la modificación de la relación agua superficial – agua subterránea natural, ya que los cursos naturalmente efluentes se transforman en influentes en la cuenca del arroyo del Gato e indiferentes en el sector de cabeceras de la cuenca del arroyo El Pescado.

Se observa un cambio en la dirección de flujo subterráneo en la divisoria norte de la cuenca del arroyo El Pescado, que consti-

tuía un sector de recarga para la cuenca y actualmente genera aportes al cono de explotación del servicio público de La Plata. El acuífero Puelches como consecuencia de su explotación muestra un cono de depresión que aumentó su superficie y además su ápice (-16 m s.n.m.) se trasladó hacia el SO de La Plata, fuera del ejido urbano.

Debido al crecimiento de los cultivos bajo cubierta, se registra una disminución de la recarga de las aguas subterráneas. Ello es consecuencia del incremento y aceleración en la respuesta del escurrimiento superficial en eventos de tormentas importantes. Se estima en un 14 % de la precipitación en condiciones antecedentes del suelo muy seco y en un 70 % para las muy húmedas.



**Figura 3:** Mapa equipotencial acuífero Puelche, Abril 2008.

Todas estas evidencias asociadas a los cambios que generan las actividades antrópicas producen en el balance hidrológico una disminución en las reservas del recurso subterráneo y consecuentemente una competencia por el uso del agua. Tanto el ordenamiento territorial actual como cualquier planificación en la modificación del uso de la tierra exigirán un manejo sustentable del agua subterránea. Ello implicará la necesaria convivencia entre las condiciones naturales, las reservas de agua y las posibilidades de desarrollo para evitar las situaciones conflictivas entre los distintos usos.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Auge, M.P. 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.P. 1997. Piezometría de los acuíferos Pampeano y Puelche en Poblado, La Plata- Argentina. Primer Congreso Nacional de Hidrogeología, Actas: 145-152, Bahía Blanca.

Auge M., P. 2005. Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. 16° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 293-312, La Plata.

Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires 2005. Ministerio de Economía de la Provincia de

Buenos Aires, 40 p., Buenos Aires.

Estadística Bonaerense 1999. Industria manufacturera. Dirección Provincial de Estadística, Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires, Anuario 11(2): 461-481, La Plata.

Deluchi, M., Kruse, E., Laurencena, P., Carol E. y Rojo, A. 2005. Variaciones de los niveles freáticos y su relación con el agua superficial en La Plata (Provincia de Buenos Aires). 4° Congreso Argentino de Hidrogeología, 2° Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea, Actas 77-84, Río Cuarto.

Fidalgo, F., de Francesco, F., Pascual, R. 1975. Geología Superficial de la Llanura Bonaerense. 6° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 103-138. Bahía Blanca.

Fidalgo, F. y Martínez, R. 1983. Algunas Características Geomorfológicas dentro del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. Revista Asociación Geológica Argentina 38(2): 263 - 279.

Giménez, J., Hurtado, M., Cabral, M. y Da Silva, M. 1992. Estudio de Suelos del Partido de La Plata. Consejo Federal de Inversiones - Universidad Nacional de La Plata, inédito, 180 p., La Plata.

González N., Hernández L. y Hernández M. 2008. Conflicto entre las actividades usuarias de aguas subterráneas doméstica y agrícola en un sector de la llanura Pampeana, Argentina. Noveno Congreso Latinoamericano de Hidrología subterránea y Expo Agua 2008, Actas digitales en CD, Quito.

Groeber, P. 1945. Las aguas surgentes y semisurgentes

del norte de la Provincia de Buenos Aires, Revista La Ingeniería 6: 371-387.

INDEC 2001. Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas. Buenos Aires.

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., Varela, L., Kruse, E., Rojo, A. y Deluchi, M. 2002. Características de las variaciones freáticas en un área del noreste de la Provincia de Buenos Aires. En Bocanegra, E., Martínez, D. y Massone, H. (eds) Groundwater and Human Development 1334-1342, Mar del Plata.

Llamas, M.R. y Martínez Santos, P. 2005. Intensive Groundwater Use: Silent Revolution and Potential Source of Social Conflicts. Journal of Water Resources Planning and Management. ASCE, (September/October) 337-341.

Rojo, A., Laurencena, P., Kruse, E. y Deluchi M. 2008. Particularidades de la Relación aguas subterráneas - aguas superficiales en un sector del noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. 9° Congreso Latinoamericano de Hidrología subterránea y Expo Agua 2008, Actas digitales en CD, Quito.

Santa Cruz, J.N. 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches. Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 27(1): 5-63.

Soil Conservation Service 1975. Urban hydrology for small watersheds. U.S. Department of Agriculture, Technical Report 55, 162 p., Washington D. C.

Varela, L., Laurencena, P., Kruse, E., Deluchi, M. y Rojo, A. 2002. Reconocimiento de la Relación Aguas Superficiales - Aguas Subterráneas en la Cuenca del Arroyo del Gato. Buenos Aires. En Bocanegra, E., Martínez, D. y Massone, H. (eds) Groundwater and Human Development 547-552, Mar del Plata.

Recibido: 11 de Diciembre, 2009

Aceptado: 25 de Marzo, 2010