

Evidencias hidrodinámicas de explotación intensiva en cuencas del Noreste de la provincia de Buenos Aires

María Marta Trovatto ⁽¹⁾, María del Pilar Álvarez ⁽¹⁾, Nilda González ⁽¹⁾ y Mario Alberto Hernández ⁽¹⁾

(1) Cátedra de Hidrogeología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. (UNLP) Av. 60 y 122 La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina

Mail de contacto: m.trovatto@hotmail.com

RESUMEN

Se analiza la hidrodinámica subterránea en las cuencas de los arroyos Conchitas-Plátanos y Baldovinos, alterada por la extracción para abastecimiento público, industrial, agrícola y recreativo. El sistema geohidrológico se compone de la zona no saturada, acuífero freático y semilibre asociados, y acuífero semiconfinado (Puelche), sobre acuícludo paraniano. Se realizó un censo de perforaciones, medición de profundidad de niveles y parámetros fisicoquímicos *in situ*. Las redes de flujo muestran una morfología hidrodinámica con conos de depresión coalescentes, y niveles dinámicos de -30 msnm y -10 msnm, para el Puelche y suprayacente respectivamente. Las hidroformas antecedentes se mantuvieron en el tiempo y profundizaron aguas arriba de las cuencas. Producto de la explotación intensiva desaparece por sectores el conjunto acuífero freático-semilibre, cambiando el comportamiento hidráulico del acuífero Puelche de semiconfinado a libre. La mayor extracción respecto de la recarga determina nuevas perforaciones y a futuro, otras fuentes de abastecimiento.

Palabras clave: Hidrogeología, hidrodinámica, usos, explotación intensiva

ABSTRACT

The groundwater hydrodynamics of the altered Conchitas-Plátanos and Baldovinos watersheds-altered by the public supply and by industrial, agricultural and recreational uses-are analyzed. The geohydrologic system includes the vadose zone, the associated phreatic and semi-free aquifer and the semi-confined aquifer (Puelche) above the paranian aquiclude. A well survey was conducted, and the groundwater levels and *in situ* physicochemical parameters were measured. The groundwater flows show a hydrodynamic morphology with coalescent cones of depression, and dynamic levels of -30m as and -10 m as for the Puelche and the overlying aquifer, respectively. The historical hydroforms remained in time and deepened upstream from the watersheds. Due to intensive exploitation, the phreatic and semi-free ensemble disappears by sectors, changing the hydraulic behavior of the Puelche from semi-confined to unconfined. Increased extraction with respect to recharge determines new drillings and other future sources of water supply.

Keywords: Hydrogeology, hydrodynamics, uses, intensive exploitation

Introducción

El ámbito de estudio se encuadra en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires, donde las cuencas de los arroyos Conchitas-Plátanos y Baldovinos abarcan un gran porcentaje de los partidos de Berazategui y Florencio Varela (Figura 1).

En las últimas décadas ha tenido lugar en ellas un acentuado proceso de ocupación antrópica, con actividades abastecidas exclusivamente por agua subterránea extraída principalmente del acuífero semiconfinado Puelche (doméstico, industrial, florihortícola y recreativo) y en menor medida, del acuífero Pampeano (florihortícola).

Desde el estudio hidrogeológico a escala regional realizado hace aproximadamente 40 años, no han sido superadas todavía las limitaciones relacionadas al conocimiento del recurso hídrico subterráneo tales como el resguardo de perfiles geológicos con sus descripciones, la medición de niveles con frecuencia adecuada, así como los caudales de extracción, parámetros hidráulicos, control y monitoreo de calidad, entre otras, ya señaladas EASNE, 1972.

No obstante resulta de importancia destacar la iniciativa de organismos como la Autoridad del Agua (ADA) y el Consejo Federal de Inversiones (CFI), al promover y financiar el estudio integral de cuencas pequeñas del NE de

la provincia con el fin de planificar y gestionar el agua subterránea.

Se plantea como objetivo por un lado, presentar la hidrodinámica elaborada en base al relevamiento del recurso subterráneo, realizado en el mes de mayo de 2010, y por el otro, su comparación con información antecedente, generada a fines de la década del '60.

Características generales del área

En un ambiente de llanura del NE de la provincia de Buenos Aires, el área de estudio abarca 160 km². Limita al N-NE con la Llanura Costera paralela al río de La Plata, al E-SE con la cuenca Pereyra-San Juan, al S con la cuenca del río Samborombón y al SW - W - NW con los arroyos Las Piedras y Jiménez.

En un clima subhúmedo-húmedo mesotermal, las precipitaciones modulares anuales registradas en las estaciones Ezeiza y La Plata Observatorio (1973-2009 y 1909-2007), están comprendidas entre 903 mm y 1042 mm. La evapotranspiración real se calcula en 800 mm/año con excesos hídricos del orden de 243 mm anuales para la Estación La Plata Observatorio según la metodología de Thornthwaite - Mather, (1957).

Las unidades geomorfológicas principales son la *Llanura Costera* del río de la Plata y la *Llanura Alta*. La primera no está involucrada en el ámbito de estudio y se vincula con la segunda a través de un "escalón" o antigua terraza, disimulada en parte por la erosión y la actividad antrópica (Hurtado et al., 2006). La segunda se desarrolla entre las cotas de 5 m snm lindante con la Llanura Costera y 30 m snm, en el límite Suroeste con la cuenca del río Samborombón. Incluye geoformas de menor jerarquía como los interfluvios planos-convexos, y las planicies de inundación de los arroyos (Hurtado et al., 2005). Estos presentan en su desarrollo un rumbo general de escurrimiento SW – NE, hacia río de la Plata.

A nivel regional los suelos reconocidos son Argiudoles vérticos y acuérticos, y Natracuoles y Natracuertes (Hurtado et al., 2006).

El sistema geohidrológico y su comportamiento hidrológico, pueden resumirse en tres componentes (González et al., 2002): el subsistema activo vinculado al ciclo exógeno, el subsistema pasivo ó profundo y el basamento ó soporte del conjunto. El primero de ellos está compuesto por la Zona No-Saturada (ZNS), un acuífero freático y otro semilibre (Pampeano) que funcionan como una única unidad desde el punto de vista hidráulico, un acuitardo y el acuífero principal (Puelche) de

características semiconfinadas. El pasivo está compuesto por dos acuíferos confinados (Paraná y Olivos), limitados por sendos acuícludos, mientras que el basamento, de comportamiento acuífugo, está conformado por rocas ígneas y metamórficas.

En referencia a la hidroquímica subterránea, se reconocen para los acuíferos Pampeano y Puelche aguas bicarbonatadas de tipo sódicas.

Metodología

El presente trabajo contó con información antecedente Artaza (1943), EASNE (1972), González (2005), informes inéditos, perfiles geológicos de perforaciones de la batería bombeo de Berazategui e informes técnicos de establecimientos industriales.

Para la hidrodinámica subterránea de los acuíferos Pampeano y Puelche se realizaron tareas de gabinete y campo. En la primera se contactó a los responsables del abastecimiento público en los Municipios de Florencio Varela (ABSA-Aguas Bonaerenses Sociedad Anónima) y Berazategui (Secretaría de Servicios Sanitarios), establecimientos industriales y escuelas. En campo se realizó el censo de perforaciones o fuentes de agua preexistente, para establecer una red de monitoreo con representatividad espacial y fácil acceso a los sitios. Se midió la profundidad de agua subterránea y parámetros fisicoquímicos *in situ* como conductividad eléctrica (CE), pH, temperatura, oxígeno disuelto y potencial redox.

Las redes de flujo se construyeron con la profundidad medida en cada sitio, la cota topográfica obtenida de la cartografía IGM y la altura del brocal, calculando las alturas freáticas y potenciométricas expresadas en metros sobre el nivel del mar. Se debe aclarar que las alturas equipotenciales tanto del acuífero Puelche como Pampeano corresponden a valores estáticos y dinámicos que reflejan la situación de Mayo de 2010. La escala de trabajo utilizada fue de 1:50000, con una equidistancia de 5 m.

La lectura de los mapas equipotenciales permitió reconocer la morfología de la superficie potenciométrica, la dirección de escurrimiento, las zonas de recarga, circulación y descarga, y su relación con el agua superficial.

Con los gradientes hidráulicos asociados a valores de conductividad hidráulica (K), obtenidos de ensayos antecedentes y de porosidad efectiva (θ) para cada acuífero, se calcularon las velocidades efectivas promedio, máximas y mínimas correspondientes.

Con relación al trabajo antecedente de fines de los '60, se digitalizaron las redes de flujo de ambos acuíferos ubicando en una misma base digital georeferenciada los diferentes mapas, logrando la superposición y posterior comparación de las curvas equipotenciales.

Resultados

De 144 sitios relevados en ambas cuencas, 68 puntos de control conforman la red de monitoreo, 29 pozos al acuífero Pampeano y 39 al acuífero Puelche, correspondientes a perforaciones de escuelas, industrias, quinteros, abastecimiento individual, sumadas a aquellas administradas por el Municipio de Berazategui, y por la empresa ABSA, en el partido de Florencio Varela.

A continuación se analiza la dinámica del agua subterránea para cada acuífero, con localización de las áreas de recarga-circulación-descarga y cálculo de gradientes hidráulico y velocidad de flujo.

Hidrodinámica del acuífero Pampeano

La dinámica del flujo subterráneo en el acuífero Pampeano se muestra en la Figura 1, donde las curvas equipotenciales presentan un valor máximo de 20 m snm y uno mínimo de -10 m snm.

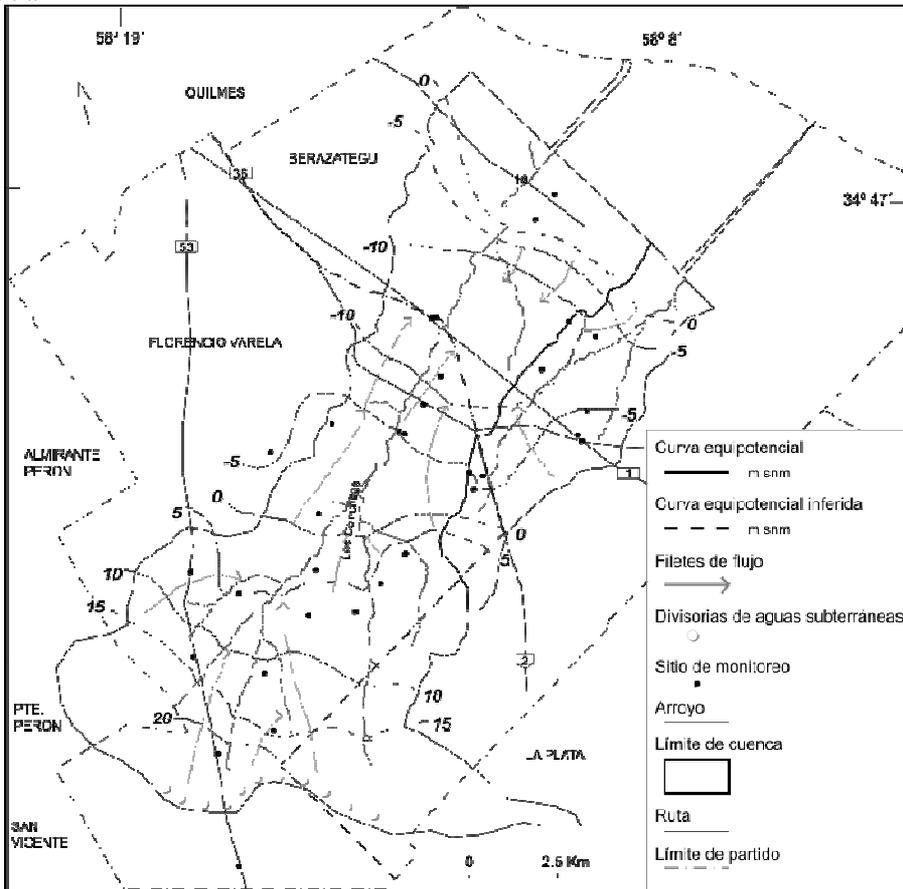


Figura 1. Mapa equipotencial del acuífero Pampeano – Mayo de 2010.

La dirección regional del escurrimiento subterráneo para la cuenca Conchitas – Plátanos es SW - NE hacia el río de La Plata en su sector superior a medio, con algunas

variaciones locales en cercanías del curso superficial. En la parte media a baja, si bien mantiene la dirección, invierte el sentido.

En el caso de la cuenca del arroyo Baldovinos, se reconoce una dirección Noroeste – Suroeste y Sureste – Noroeste con sentido de flujo hacia el límite entre ambas cuencas.

La morfología de la superficie freática manifiesta un patrón radial sobre el sector de la cuenca alta a media con tendencia a convergente sobre el ámbito de la zona media a baja donde existe una distorsión en las curvas equipotenciales, traducida en una amplia hidroforma negativa, enmarcada por la isolínea de -10 m que afecta a ambas cuencas.

La disposición de las curvas equipotenciales y de los filetes de flujo divergentes del sector Suroeste, Sur y Sureste, permiten identificar áreas de recarga que son consecuencia de las características climáticas (zona húmeda), topográficas (pendientes suaves) e hidrolíticas (acuífero libre), definen un proceso de tipo autóctono directo, en coincidencia con las divisorias superficiales e interfluvios menores.

La circulación y descarga tienen lugar hacia el sector medio de la cuenca, donde la curva isofreática de 0 m snm, refleja la extracción por bombeo presente tanto en el acuífero Pampeano como en el Puelche.

En cuanto a la relación agua superficial - agua subterránea, por la disposición de las curvas equipotenciales y los filetes de flujo en el sector de cabeceras, se interpreta para los arroyos un comportamiento indiferente con tendencia a influente o perdedor, basado además en las profundidades de nivel registradas (10 m a 15 m). Hacia el sector medio e inferior de la cuenca, el carácter indiferente e influente se mantiene por la acción antrópica mencionada, con profundidades mayores a 15 m.

La pendiente de la superficie freática o gradiente hidráulico presenta un promedio para toda el área de $4,2 \cdot 10^{-3}$, con mínimos del orden de $1,2 \cdot 10^{-3}$, localizados en el sector superior - medio de la cuenca, y máximos de $9,0 \cdot 10^{-3}$, en la zona urbanizada del Municipio de Berazategui (cuenca media baja).

Para el cálculo de la velocidad efectiva, se empleó la información antecedente de Auge (2005), con un promedio de 5 m/d de K, mientras que para la porosidad efectiva se asignó un valor de 0,10 (limos arenosos). Luego con los gradientes extremos de $1,2 \cdot 10^{-3}$ y $9,0 \cdot 10^{-3}$, la velocidad efectiva en el Pampeano alcanza valores de 6 cm/día a 45 cm/día, para el

sector medio, y el área de bombeo, respectivamente.

Se observa en líneas generales que el comportamiento hidrodinámico descrito se encuentra instalado en las cuencas desde los años '70, situación reconocida por EASNE (1972), Hernández (1975, 1978) y Ruiz de Galarreta (1996).

Hidrodinámica del acuífero Puelche

La hidrodinámica del acuífero Puelche surge del análisis de la red de flujo en la Figura 2, donde las curvas equipotenciales presentan un valor máximo de 20 m snm y mínimo de -25 m snm, indicando los filetes el escurrimiento subterráneo general con dirección Sur - Norte en sentido Norte-Noroeste, mejor representado en el sector superior y medio de la cuenca. Ya, en la parte baja del sector medio y en el sector bajo, el sentido se modifica con inversión hacia el Este, Sur y Sureste, concentrándose hacia el ejido urbano del partido de Berazategui (localidades de Gutiérrez, Hudson, Ranelagh).

Siguiendo el orden recarga-circulación-descarga que caracteriza al circuito hidrodinámico se señala que la recarga natural reconocida para el acuífero Puelche, es de tipo autóctona indirecta, proceso ya señalado en EASNE (1972), Auge et al. (2002), Auge (2005) y González (2005), donde se identifica una dinámica vertical del flujo a través del acuitardo, impuesta por la menor altura potenciométrica respecto al acuífero Pampeano, lo cual se traduce en una filtración vertical con sentido descendente.

Respecto a la circulación, las curvas equipotenciales y los filetes de flujo definen una morfología de la capa de tipo radial en el sector de la cuenca alta, tanto del arroyo Conchitas – Plátanos como del Baldovinos, pasando a cilíndrica convergente en el partido de Berazategui, donde se generan hidroformas negativas (conos de depresión).

Dentro de la mayor, se distingue un máximo puntual de -29,5 m snm con epicentro en un pozo asociado a la actividad industrial. También se reconoce una hidroforma cerrada de -25 m snm, elongada en sentido Noroeste – Sureste, la cual enmarca a los pozos medidos en la batería de Berazategui; mientras que las curvas correspondientes a -20 m snm y -10 m snm, encierran a dos pozos de Berazategui, y otros dos de la batería de ABSA, en Florencio Varela. El cierre de las curvas de -25 m snm y -20 m snm se infiere en cercanías de la llanura costera.

La interferencia de los conos de depresión ha provocado la coalescencia y ampliación de

los mismos alcanzando el ápice de los principales, niveles negativos desde -29,1 hasta -26,9 m snm, traducidos en profundidades máximas que van desde 40 m (ABSA – Florencio Varela) hasta 46 m (Berazategui).

El gradiente hidráulico calculado sobre los filetes de flujo es de un promedio para toda la cuenca de $1,58 \cdot 10^{-2}$, con valores mínimos de $3,49 \cdot 10^{-3}$ y máximos de $4,0 \cdot 10^{-2}$. Se reconoce en el sector superior un promedio de $6,33 \cdot 10^{-3}$;

en tanto que para los sectores medio y bajo de $2,01 \cdot 10^{-2}$ y $1,31 \cdot 10^{-2}$ respectivamente.

Considerando los gradientes mínimo y máximo, los valores medios de K de 28 m/d y 24 m/d (ensayos de bombeo de ABSA y Municipio de Berazategui), y teniendo en cuenta una porosidad efectiva de 0,20, para las arenas, se obtiene la velocidad efectiva de flujo subterráneo según expresión de Darcy.

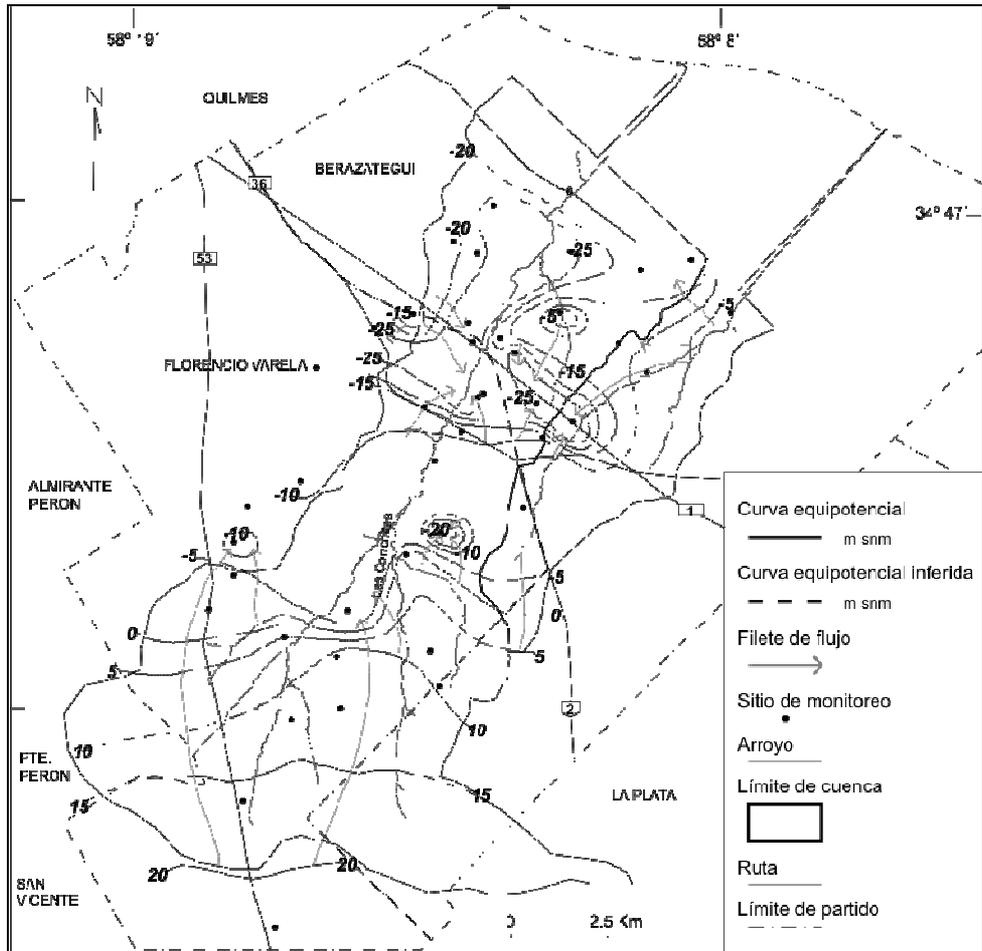


Figura 2. Mapa equipotencial del acuífero Puelche - Mayo de 2010

En el sector superior de la cuenca es del orden de 0,49 m/día, y en el sector medio a bajo es de 4,85 m/d, asociada a los ápices más profundos de las hidroformas negativas.

Por lo expuesto, la descarga del sistema está directamente vinculada con el bombeo, modificando la descarga natural, ya señalada

por EASNE (1972), Hernández (1978), y Ruiz de Galarreta (1996).

En relación a las profundidades máximas alcanzadas por el nivel piezométrico (entre 40 mbbp y 46 mbbp) se puede interpretar que la condición de semiconfinamiento cambia a libre en Berazategui donde el techo de las arenas se ubica entre 29 mbbp y 46 mbbp.

Análisis Comparativo 1969-2010

Se realizó una comparación de los niveles freáticos y piezométricos entre las mediciones efectuadas en mayo de 2010 y las registradas para el año 1969 por el EASNE (1972). Si bien existen algunos estudios comprendidos entre las dos fechas consideradas (1978 y 1996) éstos no abarcan las cuencas en su totalidad, prefiriendo mostrar sólo los extremos mencionados.

En la Figura 3 se muestra la superposición de las curvas equipotenciales 2010 y 1969 para el acuífero Pampeano. En líneas generales, se observa un desfase de la posición de hasta 10 km en el sentido Sur-Suroeste de las curvas freáticas de 10 m snm y 5 m snm registradas en 1969 respecto de las medidas en 2010. Se evidencia una velocidad de desplazamiento aguas arriba de toda la zona deprimida de entre 120 m a 240 m por año. Una diferencia notable está dada por la curva de 0 m snm, la cual se ubica en la actualidad en la cuenca alta, mientras que en 1969 podría inferirse próxima a la llanura costera.

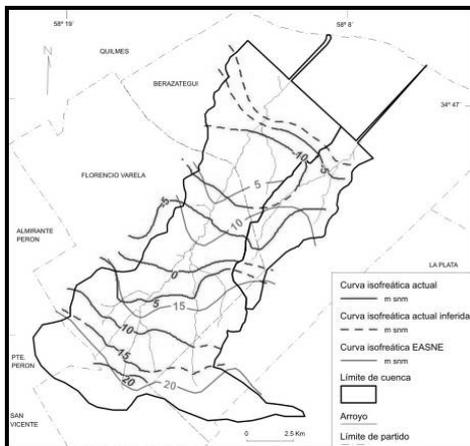


Figura 3. Acuífero Pampeano. Redes de flujo 1969 y 2010.

El desplazamiento de las curvas del acuífero Pampeano en dirección aguas arriba es

el reflejo de la profundización de los niveles, en respuesta al bombeo del acuífero Puelche

En la Figura 4 el acuífero semiconfinado también muestra un desfase importante entre ambos períodos, señalando diferencias notables en cuanto a la morfología de la capa, debido a que presenta conos de depresión más definidos y amplios que los existentes en 1969.

Si bien en ese año ya se registraban valores negativos (curva de -20 m snm) éstos se situaban en el extremo Norte y Noroeste de la cuenca, mientras que en la actualidad las mayores depresiones se ubican en el sector centro-este, influenciado principalmente por la incorporación de nuevos pozos a la batería de Berazategui en la zona El Pato en reemplazo de aquellos fuera de servicio cercanos a la llanura costera. Se suman las nuevas perforaciones incorporadas en Florencio Varela para el abastecimiento de las localidades de Ingeniero Allan y La Rotonda.

Al comparar la posición de la curva 0 m snm se evidencia el desplazamiento aguas arriba de toda la zona deprimida, que hoy se ubica en promedio a 5 km al Suroeste de la posición más antigua, equivalente a un avance de 120 m por año.

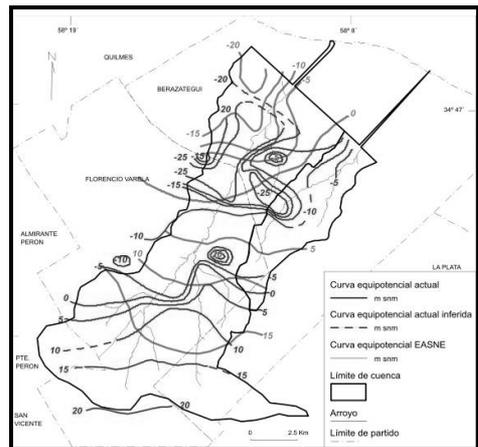


Figura 4. Acuífero Puelche. Redes de flujo 1969 y 2010.

Conclusiones y Recomendaciones

El recurso hídrico subterráneo constituye la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y la única para uso industrial, florihortícola y recreativo.

La recarga del acuífero Pampeano es de tipo autóctona directa, producto de la infiltración

de agua de lluvia, mientras que en el Puelche es autóctona indirecta por filtración vertical descendente a través del acuitardo.

La dirección del flujo subterráneo en ambos acuíferos es Suroeste-Noreste con sentido Noreste en la cuenca alta, invirtiéndose en el sector medio a bajo.

Existe una alteración importante de lo que habría sido la red de flujo natural en ambos acuíferos, producto de la presencia de grandes conos de depresión generados por la explotación intensiva.

La relación agua superficial – agua subterránea originalmente de carácter efluente, ha sido modificada a indiferente – influente.

El bombeo intensivo llevado a cabo durante décadas en el acuífero Puelche y, el consecuente aumento de la filtración vertical descendente, se manifiesta de modo extremo con la ausencia del acuífero Pampeano en el sector suprayacente al gran cono de depresión, ubicado en el partido de Berazategui, donde el acuífero inferior pierde por sectores su carácter natural de semiconfinado quedando como libre.

En relación a las actividades desarrolladas en el ámbito de estudio se reconoce una mayor cobertura en el uso florihortícola (de tipo intensivo-bajo cubierta) en conflicto creciente con requerimientos en cantidad y calidad por parte del abastecimiento público, reflejado tanto en la ampliación de la batería de Berazategui (zona El Pato) como en la zona rural a suburbana de Florencio Varela (aguas arriba).

En la cuenca alta las curvas equipotenciales se desplazaron en dirección aguas arriba tanto para el acuífero Pampeano como para el Puelche, reflejo de la profundización de sus niveles (se toma como referencia la curva de 0 msn).

El sostenimiento, expansión y profundización de las hidroformas negativas ha llegado a afectar a las reservas geológicas del sistema, donde los ingresos no cubren la demanda, indicando una evolución desfavorable desde finales de los años '60 a la actualidad, situación crítica para la disponibilidad del recurso.

Las recomendaciones se centran en:

- Continuar con los estudios hidrogeológicos que permitan seguir la evolución del agua subterránea, tanto en cantidad como en calidad, con ampliación del monitoreo hacia cuencas vecinas.

- Requerir un control preciso de los volúmenes de extracción, a través de caudalímetros, por parte de las autoridades estatales, cooperativas, concesionarios, extensivo a todos los usos, con el fin de

conocer, calcular y ajustar los egresos del sistema.

- Exigir a los distintos operadores del agua subterránea el monitoreo de las obras de captación, acompañado del correspondiente mantenimiento, control y seguimiento con muestreos y análisis químicos normalizados.

- Considerar la incorporación al sistema de otras fuentes de abastecimiento como el agua superficial procedente del río de La Plata, la cual representaría un refuerzo y asistencia para el abasto público y una potencial recuperación del recurso hídrico subterráneo bajo control, recurriendo al uso conjuntivo.

- Propender a una priorización del uso de agua subterránea, en vista de los conflictos potenciales del público con otros destinos, incluyendo si fuese necesario perímetros de protección.

- Requerir a todos los actores intervinientes en la extracción del agua el resguardo de la información generada (perfiles geológicos, caudales, ensayos de bombeo, niveles, análisis químicos), a fin de garantizar el historial de registros y su posterior disponibilidad para el conocimiento del vital recurso, y así asegurar un adecuado manejo y una gestión responsable.

Referencias

- Auge, M.P., Hernández, M.A. y Hernández, L. 2002. Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. XXXII IAH Congress - VI Congreso ALHSUD.624-633. Mar del Plata.
- Auge, M. 2005. Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. En: Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. *Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino*, Cap. XXII: 293 – 312. La Plata.
- Custodio, E. y Llamas M. R. 1983. *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega. Barcelona.
- EASNE 1972. Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. *EASNE-CFI. Serie.Téc.24*, Tomo I y II.
- González, N., Trovatto, M. M. y Hernández M. A. 2002. Modelo Conceptual Hidrodinámico en una cuenca tributaria del río de la Plata (Buenos Aires, Argentina). XXXII IAH & VI ALSHUD CONGRESS 2002. Mar del Plata.
- González, N. 2005. Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. En: Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. *Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*, Cap. XXII: 359 – 374. La Plata.

- Hernández, M.A. 1975. Efectos de la sobreexplotación de aguas subterráneas en el Gran Buenos Aires y alrededores. República Argentina. *II Congreso Iberoamericano de Geología Económica*. Tomo I, pp.417-450. Buenos Aires.
- Hernández, M.A. 1978. Reconocimiento hidrodinámico e hidroquímico de la interfase agua dulce - agua salada en las aguas subterráneas del estuario del Plata (Partidos de Quilmes y Berazategui, Buenos Aires). *VII Congreso Geológico Argentino*. Actas II, pp. 273-285. Neuquén.
- Hurtado, M.A.; Giménez, J.E.; Martínez, O.R.; Cabral, M.G.; Lucesoli, H.; Forte, L.M. da Silva, M. M.; Crincoli, A. C. Sánchez, C.A.; y Somoza Sánchez, V.R. 2005. Elaboración de Cartografía Temática integrada a Sistema de Información Geográfica (SIG) y Propuesta de Ordenamiento Territorial y Zonificación según Usos. Partido de Florencio Varela. 91 pág. (Inédito).
- Hurtado, M.A.; Giménez, J.E. y Cabral, M.G. 2006. Suelos del partido de Berazategui como base para el planeamiento ambiental y ordenamiento territorial. *CFI-FCNyM*. 180 pág. y mapas.
- Ruiz de Galarreta, V.A 1996. Importancia del conocimiento y seguimiento geohidrológico de un acuífero sometido a intensa explotación (Partido de Berazategui). *XVI Congreso Nacional del Agua*, San Martín de los Andes, Neuquén.
- Thornthwaite, C. W. Mather, J. R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Clim. Drexel Inst. of Techn.* 10: 185-311.
- UIID-GA. 2011. Plan piloto de gestión de las Cuencas de los arroyos Conchitas – Plátanos y Baldovinos, Convenio (UIIDGA – FI – UNLP). *Autoridad del Agua (ADA) y Consejo Federal de Inversiones (CFI)*. Junio 2011.