

## **ABASTECIMIENTO DE AGUA A BAHÍA BLANCA. UBICACIÓN Y DISEÑO DE LA BATERÍA DE POZOS DE EXPLOTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA**

Albouy<sup>1</sup>, R.; Carrica<sup>1</sup>, J.; Lexow<sup>1,2</sup>, C.; Lafont<sup>1</sup>, D. y Bonorino<sup>1</sup>, G.

<sup>1</sup> Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina. Tel. 0291 4595101 Interno 3015. e-mail: albouy@uns.edu.ar .<sup>2</sup> PAID CIC Provincia de Buenos Aires

### **Resumen**

La ciudad de Bahía Blanca es el núcleo urbano más importante del suroeste de la provincia de Buenos Aires. La principal fuente de abastecimiento de agua la constituye el dique Paso de las Piedras ubicado a unos 55 km al noreste de la ciudad. El advenimiento de una serie de años pluviométricamente secos en toda la región, provocó los niveles históricos de agua más bajos del embalse, circunstancia que generó una crisis hídrica que responde más a problemas de gestión que a la falta de proyectos técnicos alternativos o a la disponibilidad del recurso. En esta contribución se sintetiza la propuesta científico-técnica de explotación del recurso hídrico subterráneo en la cuenca del Arroyo Napostá Chico presentada recientemente a Aguas Bonaerenses S.A., actual prestataria del servicio. El objetivo es demostrar la factibilidad de explotación de agua subterránea para suplementar la provisión de agua potable a la ciudad. El método de trabajo seguido es clásico en estudios de este tipo y abarcó las siguientes tareas: censo de pozos, muestreo de agua para análisis químico, sondeos eléctricos verticales, control litológico de perforaciones piloto y ensayos de bombeo. El estudio se complementó con formulación de un modelo numérico de simulación del flujo subterráneo y la simulación de algunos escenarios de explotación con MODFLOW y con un análisis de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación y de perímetros de protección de pozos. Se concluye que una explotación racional del acuífero, bajo el concepto de sustentabilidad, es una de las alternativas técnicas y económicas más viables para paliar la crítica situación hídrica de la ciudad.

**Palabras claves:** crisis hídrica, Bahía Blanca, explotación agua subterránea.

### **Abstract**

Bahía Blanca city is the most important town in southwestern of Buenos Aires province. The main water supply source is the Paso de las Piedras dam, located about 55 km northeast of the city. The advent of a series of dry years in the whole region led to the lowest historical levels in the water reservoir and created a water crisis that demands immediate solutions. This paper summarizes the scientific-technical proposal for the groundwater exploitation in the Arroyo Napostá Chico watershed, recently presented to Aguas Bonaerenses SA, the current lending service. The overall objective of this contribution is to suggest the feasibility of groundwater extraction as an alternative solution to supplement the water supply to Bahia Blanca city. The methodology included the following field tasks: wells inventory, water sampling for chemical analysis, vertical electrical sounding, lithologic control and pumping tests. A numerical simulation model of groundwater flow was formulated with MODFLOW and some pumping scenarios were simulated. Also a pollution aquifer vulnerability analysis and wellhead protection areas were made. It is conclude that an aquifer rational exploitation, under a sustainability concept is one of the more feasible alternatives to alleviate the critical water situation in the city.

**Keywords:** hydric crisis, Bahía Blanca, groundwater exploitation.

## **INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

En el período 2005-2009 se registró en la región una sucesión de años secos con una media pluviométrica de 495 mm muy por debajo del módulo anual (674 mm; período 1960-2009). Este hecho derivó en una notable merma en las reservas del Dique Paso de las Piedras, principal fuente de suministro de agua potable a Bahía Blanca y Punta Alta (360.000 habitantes); de un volumen máximo embalsado de 328 Hm<sup>3</sup> se pasó a valores por debajo de los 70 Hm<sup>3</sup>. Esta situación, denominada por la prensa “crisis hídrica” aún no ha sido revertida, aunque en parte aliviada con algunas acciones y obras de emergencia y por lluvias ocurridas durante enero del 2011 en la cuenca superior del Río Sauce Grande. Para paliar esta “crisis” la concesionaria del servicio Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA) decidió retomar los estudios, realizados en el año 2000, por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad Nacional del Sur en la cuenca del A° Napostá Chico. Esta contribución sintetiza la reciente propuesta científico-técnica de explotación del recurso hídrico subterráneo presentada por dicho grupo y que se está ejecutando hoy en día. El principal objetivo del trabajo fue seleccionar los sectores del acuífero freático con mayor potencial de producción y mejor calidad química para consumo humano. El área de prospección se restringió, lo más próxima posible, a la traza del acueducto proveniente del dique Paso de las Piedras, a fin de optimizar los costos de transporte del agua.

## **METODOLOGÍA**

El método de trabajo se basó en la recopilación de la información previa relevada, la realización de un nuevo censo hidrológico más local, que permitió complementar la información disponible y la ejecución de 12 sondeos eléctricos verticales (SEV) cuyo objeto principal fue estimar la profundidad de los eventuales pozos de explotación. Durante el censo se tomaron muestras de agua subterránea a fin de verificar su aptitud para consumo humano. Los análisis físico-químicos fueron realizados por ABSA y comprendieron la determinación de elementos mayoritarios, nitratos, flúor, arsénico y bacteriológico. En base a la información precedente se propuso un área de explotación en la que se efectuó una perforación de estudio de 137 m para determinar las características litológicas y productividad del acuífero. El estudio se complementó con la elaboración de un modelo numérico del flujo subterráneo con MODFLOW (McDonald y Harbaugh, 1988) para simular algunos escenarios de explotación y con un análisis de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación y de perímetros de protección de pozos.

## **ÁREA DE ESTUDIO Y MEDIO FÍSICO**

El área de estudio (Figura 1) comprende una superficie de unos 300 km<sup>2</sup> en proximidades de la localidad de Cabildo, provincia de Buenos Aires y se inserta en la zona de interfluvio de las cuencas medias del A° Napostá Chico, que la atraviesa de noroeste a sur y el río Sauce Grande, hacia el este. El clima según los índices de Thornthwaite es subhúmedo-húmedo, mesotermal. La temperatura media anual está en el orden a los 14,7 °C y la lámina anual media precipitada en la localidad de Cabildo es de 674 mm (período 1960-2009). El paisaje forma parte del piedemonte de las Sierras Australes que conecta hacia el sur con la llanura subventánica (González Uriarte, 1984). El área de estudio corresponde a una planicie suavemente ondulada por la presencia de médanos semifijos de 1-2 m de altura que la atraviesan en su parte central y que tienen importancia en la infiltración del agua de lluvia y recarga del acuífero. El A° Napostá Chico presenta un régimen efluente y permanente hasta la localidad de Cabildo a partir de donde adquiere un carácter influente hasta desaparecer por infiltración en proximidades de Bahía Blanca. El módulo anual en el cierre de la cuenca superior se estimó en 0,2 m<sup>3</sup>/s y a la altura de Cabildo, en 0,5 m<sup>3</sup>/s (FUNS, 2000). El río Sauce Grande es de carácter permanente y ganador con un caudal básico en el área de estudio de unos 0,6 a 0,7 m<sup>3</sup>/s debido al cierre total que ejerce el dique Paso de las Piedras.

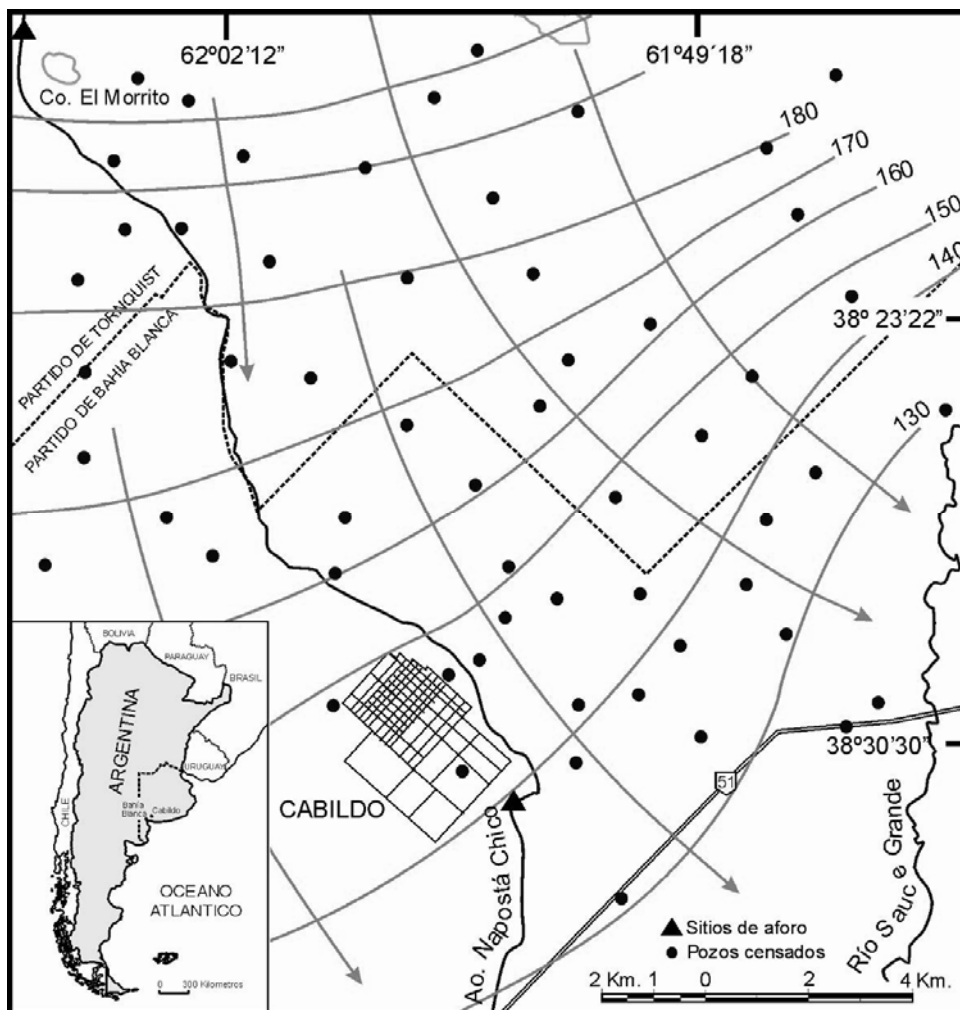


Figura 1. Área de estudio y red de flujo subterráneo (modificado de FUNSA, 2000)

## HIDROGEOLOGÍA

El área de estudio se inserta en la Región hidrogeológica interserrana y periserrana (González, 2005). El basamento hidrogeológico está conformado por cuarcitas y areniscas cuarzosas paleozoicas de la Fm. Trocadero (Llambías y Prozzi, 1975) cuyos afloramientos limitan la cuenca del A° Napostá Chico hacia el norte. De acuerdo a los estudios geofísicos realizados (SEV) se profundiza hacia el sur siendo detectado a unos 450 m de profundidad en el límite austral del área de estudio (FUNSA, 2010). Un pozo exploratorio realizado en el Bajo San José (10 km al este de Cabildo) localizó a los 396 mbbp rocas masivas que a partir de los 442 mbbp se identifican como granitos miloníticos. Por encima, se atravesaron 75 m de sedimentos continentales de la Fm. Ombucta del Eoceno-Oligoceno con características acuitardas-acuícludas (Bonorino, 1988). Estos sedimentos pasan hacia arriba a la Fm. Barranca Final, conocida regionalmente como "Mioceno Verde" de sedimentación marina que se extendería hasta los 236 mbbp. Se trata de acuícludos-acuitardos con algunos niveles acuíferos, con agua de elevada salinidad. Por encima aparecen los denominados "sedimentos pampeanos" (Fidalgo et al, 1975) del Mioceno superior-Plioceno superior que conforman las zonas saturada y de aireación. En el área de estudio se estiman espesores de unos 200 m, que se acuñan hacia los afloramientos serranos. Se tratan de limos arenosos y hasta arcillosos, macizos, cementados con carbonato de calcio y rematados por niveles de tosca (2 a 3 m de espesor) que la caracterizan. La tosca aflora en las lomas mientras que en los bajos es discontinua o puede estar ausente.

Los “sedimentos pampeanos” presentan anisotropías hidrolíticas que dan lugar a una alternancia de niveles acuíferos-acuitados (sistema multicapa) con un comportamiento hidráulico único. Los sondeos eléctricos verticales indican la presencia en el área de estudio de niveles acuitados y/o acuíclados a unos 180-200 m de profundidad que podrían constituir el hidroapoyo del acuífero freático (FUNSA, 2010). Ensayos de bombeo, a caudal constante, realizados en los primeros 100 m de espesor saturado arrojaron transmisividades promedio de 144 m<sup>2</sup>/d con máximos de hasta 230 m<sup>2</sup>/d y coeficientes de almacenamiento del orden de 0,1, con drenaje diferido (Albouy et al., 2005; FUNSA, 2000). La capa freática presenta una morfología radial divergente con dos zonas de recarga preferenciales: una en el sector pedemontano de las sierras y otra coincidente con la presencia de cordones medanosos en el sector meridional del área de estudio y cuya delimitación resulta más evidente desde un punto de vista hidroquímico que hidrodinámico. Las zonas de descarga son los cursos efluentes.

En la zona medanosa, la recarga preferencial favorece la calidad química del agua del acuífero, cuya conductividad eléctrica, en general, no supera los 1000 µS/cm. Es del tipo bicarbonatada clorurada calco-sódica y químicamente potable hasta las profundidades de los ensayos realizados, es decir unos 100 m de espesor saturado (FUNSA, 2010). La recarga por agua de lluvia en el área de estudio se cuantificó mediante balances hidrológicos y del ión cloruro, obteniéndose un valor promedio del 12,5% de la precipitación media, esto es unos 84 mm/año (FUNSA, 2000). Este valor concuerda con los obtenidos por otros autores (12 a 16 % de la precipitación) para otras zonas de climas semiáridos a semihúmedos, con potentes suelos arenosos (Carrica, 2009). El ingreso subterráneo de agua por el límite norte del área, se estimó en base a balances hidrológicos, el mapa de isopiezas, la permeabilidad calculada por ensayos de bombeo y el espesor del acuífero inferido mediante geoelectrónica (Albouy et al., 2010). Esta recarga indirecta puede cuantificarse en unos 14500 m<sup>3</sup>/d de los cuales un 35% pasaría a formar parte del escurrimiento subterráneo profundo (Bonorino, 1988; Carrica, 1998).

## **RECURSOS Y RESERVAS HÍDRICAS SUBTERRÁNEAS**

El recurso hídrico subterráneo del área potencial de explotación equivale a la recarga media por agua de lluvia (80 mm anuales) más el aporte por escurrimiento subterráneo proveniente de la cuenca superior. Ello totaliza unos 19,4 Hm<sup>3</sup>/año que en términos de consumo equivalen a 0,6 m<sup>3</sup>/s. Considerando un espesor medio saturado de 160 m, un área de unos 200 Km<sup>2</sup> y una porosidad eficaz de 0,1 las reservas totales de agua se cifrarían en el orden a los 3.200 Hm<sup>3</sup>.

## **MODELO NUMÉRICO DE FLUJO**

El modelo numérico de flujo subterráneo se formuló con el empleo del programa MODFLOW (McDonald y Harbaugh, 1988) en el entorno Visual Modflow 3.1. El mismo ha sido de utilidad para integrar la información disponible y corroborar cuali y cuantitativamente el funcionamiento hidrodinámico del acuífero en estado estacionario y transitorio de bombeo. Se trata de una reformulación del presentado por Albouy et al. (2010) en el sentido que se amplió el área modelada (hacia el oeste y sur) y se simuló otros escenarios de explotación (FUNSA, 2010). El mapa de isopiezas simulado en régimen estacionario reproduce, en general, la configuración local de la superficie freática, las direcciones de flujo subterráneo predominantes y la relación hidráulica entre el arroyo y el acuífero (Figura 2). El modelo ajusta con un coeficiente de correlación (r) entre valores simulados y medidos de r = 0,9 y un error medio de 2,8 m en el orden de las fluctuaciones plurianuales de los niveles freáticos. El balance de masas indica un ingreso de agua al acuífero de unos 64166 m<sup>3</sup>/día (recarga por agua de lluvia, caudal subterráneo e influencia del arroyo) que se iguala con la descarga subterránea hacia el arroyo Napostá Chico (24896 m<sup>3</sup>/d) y el río Sauce Grande (39266 m<sup>3</sup>/día) (FUNSA, 2010).

## Simulación transitoria de bombeos

La modelación del flujo estacionario se empleó como condición inicial para realizar simulaciones de bombeo a fin de analizar los efectos hidrodinámicos sobre en el acuífero. Los resultados teóricos que se obtienen se corresponden con los valores de transmisividad del ajuste del modelo estacionario y con un coeficiente de almacenamiento medio de 0,1 calculado en base a los ensayos de bombeo a caudal constante realizados en pozos

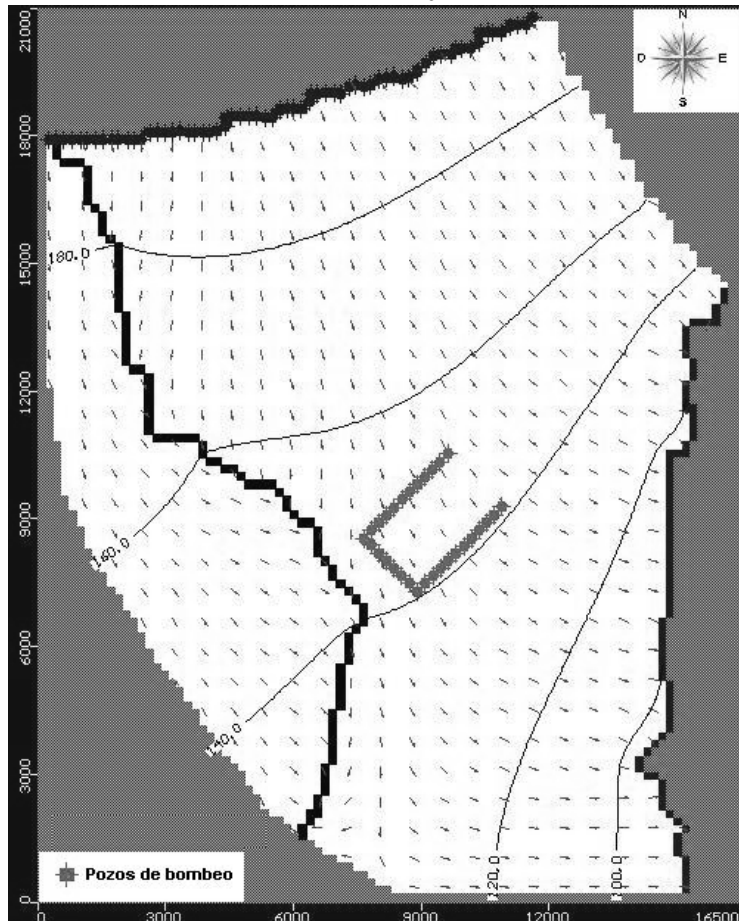


Figura 2: Mapa de isopiezas simulado. Equidistancia 20 m

próximos a la localidad de Cabildo (Albouy et al. 2005). Durante la ejecución de las pruebas a caudales constante y variable se midieron los niveles dinámicos en los pozos de bombeo a pared desnuda que sirven para testear los descensos teóricos que arroja la simulación en estado transitorio.

Uno de los escenarios planteados conforme a los requerimientos de ABSA supone una extracción anual de 0,83 m<sup>3</sup>/s con una batería de 30 pozos extrayendo cada uno un caudal de 100 m<sup>3</sup>/h en forma constante a lo largo de los 365 días. La ubicación de la batería se estableció en base a criterios geofísicos e hidroquímicos y de conformidad con ABSA sobre calles vecinales, con 24 pozos en dos baterías paralelas de 12 pozos en sentido noreste y una batería de 6 pozos con rumbo noroeste (Figura 2).

La distancia entre pozos se estimó en 250 m teniendo en cuenta la superposición teórica entre conos de bombeo

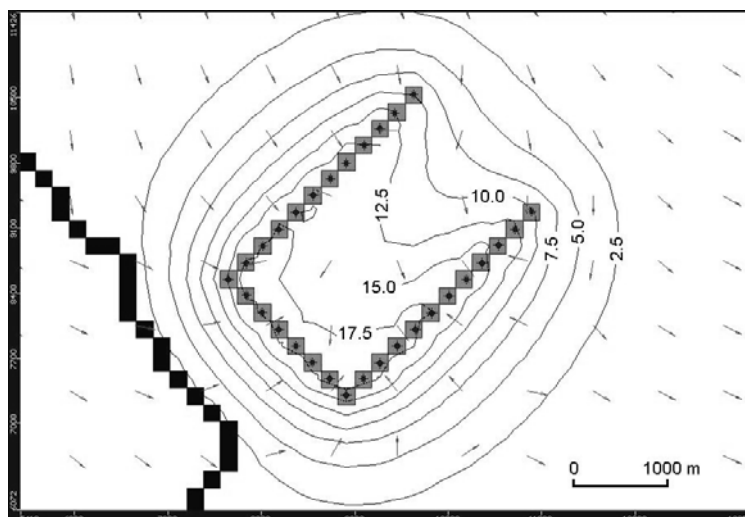


Figura 3: Cono de descensos simulado. Equidistancia 2,5 m

en base a parámetros calculados por Albouy et al. (2005) y a criterios económicos (longitud de acueductos de interconexión). Los máximos abatimientos del nivel freático se producirían en el sector interno a la intersección de las líneas de pozos (Figura 3) y estarían en el orden a los 18-19 m no superando el 20% del espesor saturado del acuífero. En el sector interno delimitado por los pozos, los abatimientos del nivel de agua promediarían los 15 m.

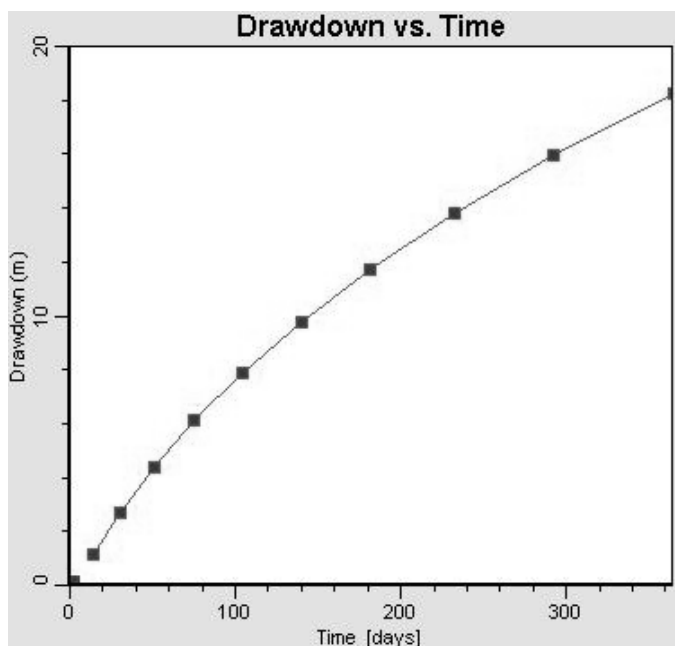


Figura 4: Evolución temporal de los descensos en el punto de máximo abatimiento

En la Figura 4 puede observarse la evolución temporal de los descensos en el punto de máximo abatimiento del nivel dinámico con el bombeo. El radio de influencia de la batería de pozos evoluciona con el tiempo de bombeo, y luego de un año de explotación, los resultados de la modelación indican que, podrían verificarse descensos medios de hasta 5 m en el nivel de agua, en los pozos ubicados hasta 1000 m de la batería de explotación. El cono de descensos no debería afectar el nivel de agua en los pozos que abastecen a la localidad de Cabildo, situada sobre la otra margen del arroyo Napostá y el impacto de la explotación debiera ser poco significativo sobre esta margen.

En este supuesto se captarían el arroyo Napostá Chico aproximadamente  $0,042 \text{ m}^3/\text{s}$  (menos de un 10% de su caudal medio de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Sin embargo, si el bombeo continuara hasta un régimen permanente (donde los ingresos al sistema igualan a los egresos) el arroyo constituiría un límite positivo que aportaría agua al acuífero algo más del doble de la cifra antes mencionada es decir alrededor de  $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$  (18 % del caudal medio) lo que totalizaría un ingreso al sistema de los  $0,83 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Vulnerabilidad del acuífero a la contaminación

La vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación se entiende como la fragilidad o susceptibilidad del sistema acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante. Uno de los métodos de determinación cuantitativa más utilizados por su simplicidad y la correcta definición del medio natural es el denominado DIOS (Foster, 1987) cuya aplicación en el área permitió definir los parámetros requeridos: distancia al agua ( $D_i$ ) entre 5 y 20 m, acuífero (O) acuífero libre con cobertura de tosca y litología de la zona no saturada de loess; se obtiene así un valor de 0,24 que determina un índice de vulnerabilidad baja a la contaminación.

### Perímetros de protección

El perímetro de protección hace referencia a un área superficial o subsuperficial alrededor de un pozo o campo de pozos a través del cual es probable que los contaminantes se muevan hasta alcanzar los mismos (USEPA, 1987). En este trabajo se presentan al respecto una serie de conceptos convenientemente adaptados por Foster et al. (2002). Las áreas de protección de las fuentes de abastecimiento deben proteger contra: a) contaminantes que decaen con el tiempo, donde el tiempo de residencia subsuperficial es la mejor medida de protección y b) contaminantes no degradables, donde se debe considerar la dilución que depende de la trayectoria del flujo. Considerar ambas situaciones es necesario para una completa protección.

Las áreas se definen en base a diferentes criterios: distancia horizontal, tiempo de flujo horizontal, porcentaje del área de recarga, capacidad de dilución y/o atenuación de la zona saturada, entre otras. Se pueden establecer una serie de zonas generalmente concéntricas (Foster y Skinner, 1995) en torno a la fuente de abastecimiento de agua subterránea, mediante el conocimiento de las condiciones hidrogeológicas locales y las propias características de la fuente identificadas como: área total de captura, área de protección microbiológica y área operacional.

El área total de captura de las perforaciones se define como el perímetro en el que toda la recarga del acuífero (proveniente de la precipitación y/o cursos de agua superficiales) será captada por la fuente de abastecimiento de agua en consideración. Se determina considerando el balance de agua y por medio de las trayectorias de flujo subterráneo. Esta es la zona que provee un caudal de explotación sustentable a largo plazo.

El área de protección microbiológica conduce a prevenir la llegada, a la fuente de agua subterránea, de bacterias, virus y parásitos patógenos, que ingresan a los acuíferos someros desde diversas fuentes. La misma se determina en función del tiempo de tránsito horizontal en el acuífero. En función de los datos publicados (generalmente de 20 días, pero también hasta 400 días o más para especies resistentes) se propone la curva isócrona correspondiente a los 50 días como una base razonable para definir la zona. De acuerdo a los parámetros hidráulicos calculados en el sector la distancia equivale a un radio de 17 m.

El área operacional del pozo es el perímetro de protección más interno que comprende un área pequeña de terreno alrededor de la propia fuente. Es importante que esta área sea propiedad y esté bajo el control de quien realiza la explotación. En ella se deberían realizar solo operaciones vinculadas a la explotación. La definición de sus dimensiones es arbitraria y dependerá fundamentalmente de la naturaleza de las formaciones geológicas locales. No debería ser superior a los 10 m.

Se propone adicionalmente subdividir aún más el área de captación o de captura total de la fuente para permitir controles del uso del territorio graduales fuera de la zona de protección microbiológica. Esto se puede realizar sobre la base de la isócrona de 500 días de flujo horizontal. Este perímetro, brindaría más tiempo para encarar acciones de remediación para controlar la difusión de contaminantes persistentes y sería, según los parámetros hidráulicos del sector, de 177 m (FUNS, 2010). En términos conservativos se propone que a 200 m de distancia de las perforaciones, se construyeran pozos de monitoreo que permitieran un seguimiento de la calidad química y de los aspectos hidrodinámicos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La información litológica, geofísica e hidráulica señala que la porción superior del acuífero tiene las mejores condiciones hidrogeológicas para su explotación, por lo que se propone construir pozos someros de hasta unos 130 m de profundidad máxima. En el sector medanoso ubicado al este de Cabildo, la recarga preferencial por agua de lluvia mejora la calidad química del agua del acuífero. Esta circunstancia, junto a intereses de logística, como la proximidad a los actuales acueductos y la infraestructura eléctrica, señalan esta zona como la más propicia para emplazar los futuros pozos de explotación.

El campo de bombeo podría estar constituido por hasta 30 pozos, con un rendimiento promedio de 100 m<sup>3</sup>/h cada uno, lo que en términos de consumo significan unos 0,83 m<sup>3</sup>/s. Este escenario de explotación se plantea bajo un régimen de sustentabilidad ya que la extracción de agua es equivalente al recurso subterráneo del área más el aporte inducido por bombeo desde el A° Napostá Chico.

La simulación numérica del campo de bombeo indica que los máximos abatimientos no superarían el 20% del espesor saturado del acuífero, lo que permite apoyar la viabilidad de llevar a cabo una explotación racional del mismo. Las extracciones no impactarían sobre la margen derecha del A° Napostá Chico (barrera natural positiva) lugar donde están emplazadas las actuales perforaciones que abastecen a la localidad de Cabildo.

La extracción de agua subterránea en proximidades de la localidad de Cabildo constituye una alternativa técnica y económicamente sostenible para paliar la crítica situación hídrica de las ciudades de Bahía Blanca, Punta Alta y alrededores.

## REFERENCIAS

- Albouy R., Carrica, J. y Bonorino, G.,** 2005. Identificación y análisis del fenómeno de drenaje diferido en sedimentos pampeanos. Cuenca del Arroyo Napostá Chico, Provincia de Buenos Aires. IV Congreso Argentino de Hidrogeología Actas, Tomo I: 261- 268.
- Albouy, R., Carrica, J. y Lafont, D.,** 2010. Crisis hídrica de la ciudad de Bahía Blanca: sustentabilidad de la explotación del recurso hídrico subterráneo para abastecimiento humano. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. En: Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanuras, Tomo II: 449-456. Azul, Buenos Aires, Argentina. Varni, Entraigas, Vives Editores.
- Bonorino, G.,** 1988. Geohidrología del sistema hidrotermal profundo de la región de Bahía Blanca. Tesis doctoral. Biblioteca Central UNS. 289 p. Inédita.
- Carrica, J.,** 1998. Hidrogeología de la cuenca del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral. Biblioteca Central UNS. 215 p. Inédita.
- Carrica, J,** 2009. Cálculo de la recarga en zonas áridas y semiáridas. En Recarga de Acuíferos. Aspectos generales y particularidades en regiones áridas. Jorge Carrica, Mario Hernández y Eduardo Mariño (Eds). 2009. AIH-Fac. Exactas y Naturales UNLPam. 71-80. Santa Rosa.
- Fidalgo, F., De Francesco, F. y Pascual, R.,** 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense. VI Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca. Relatorio: 103-138.
- Foster, S.S.D.,** 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc. Intl. Conf. "Vulnerability of soils and groundwater to pollutants" (Noorwijk, The Netherlands/April 1987).
- Foster, S.S.D. and Skinner, A.C.,** 1995. Groundwater protection: the science and practice of land surface zoning. International Association of Hydrological Sciences. 225: 471-482.
- Foster, S.S.D., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia M. y Paris, M.,** 2002. Groundwater Quality Protection. A guide for water utilities, municipal authorities and environment agencies. The World Bank, Washington 103 pp. ISBN 0-8213-4951-1.
- FUNS,** 2000 Estudio hidrogeológico de la cuenca del arroyo Napostá Chico. Fundación de la Universidad Nacional del Sur. Etapas I, II y III: 109 pp., y anexos (Inéditos).
- FUNS,** 2010. Ubicación de la batería de pozos de explotación de agua subterránea para abastecimiento humano en las cercanías de la localidad de Cabildo, Partido de Bahía Blanca. ETAPA II. 64 pp y anexos (Inédito).
- González Uriarte, M.,** 1984. Características geomorfológicas de la porción continental que rodea a la Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires. Actas IX Congreso Geológico Argentino. AACS (Eds). Bariloche, Argentina. (3): 556-576.
- González, N.,** 2005. Los ambientes hidrogeológicos de la provincia de Buenos Aires. En Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires. XVI Congreso Geológico Argentino, Relatorio, La Plata, (22): 359-374.
- Llambías, E. y Prozzi, C.,** 1975. Ventania. VI Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca Relatorio Geología de la provincia de Buenos Aires: 79-103.
- McDonald, G. y Harbaugh, A.,** 1988. A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. US Geological Survey, Techniques of Water-Resources Investigations, Book 6, chapter A1.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA),** 1987. *Guidelines for delineation of wellhead protection areas.* Technical Report EPA-440/6-87-010. Environmental Protection Agency, Office of Water. Washington. <http://www.epa.gov/cgi-bin/claritgw?op-Display&document=clserv:OAR:0668;&rank=4&template=epa>