



Estado actual del conocimiento de los acuíferos en el partido de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. Estudio Preliminar

Actual status of knowledge about aquifers in Bahía Blanca district, province of Buenos Aires. Preliminary Study

Carrica, Lucía ¹ ✉ - Carrica, Jorge ² - Albouy E. René ²

Recibido: 13 de julio de 2020 • Aceptado: 29 de octubre de 2020

Resumen

Se presenta un estado actualizado de la explotación de los acuíferos ubicados en el subsuelo del Partido de Bahía Blanca. Estos son: el acuífero freático regional, el acuífero confinado ubicado entre los 200 y 250 metros de profundidad (Sección Hidroestratigráfica Epiparaniana inferior) y el Sistema Hidrotermal Profundo (SHP) que es un acuífero confinado termal que se aloja en sedimentos del Mioceno hasta el Cretácico Superior entre los 650 y 800 metros de profundidad. En base al análisis de la información recabada, se brindan pautas para una explotación racional del recurso hídrico subterráneo de la región, aunque sin dejar de lado el agua superficial, conforme los distintos usos, su disponibilidad, sus características químicas y costos de explotación asociados. El estudio tiende a fomentar la explotación y el uso sostenible del agua subterránea para distintos fines: industriales, recreativos y eventualmente para consumo humano y riego con el objeto de contribuir al ahorro del agua potable de red de origen superficial (Río Sauce Grande). Se concluye que dicha propuesta es técnica y económicamente factible y contribuye a optimizar el aprovechamiento racional de los recursos hídricos del área.

Palabras claves: partido de Bahía blanca, explotación racional, hidrogeología.

Abstract

An updated status about groundwater use in the District of Bahía Blanca related to recognized and studied aquifers is presented. These are: the phreatic aquifer, the confined aquifer, located between 200 and 250 meters deep (Lower Epiparanian Hydrological Section) and the Deep Hydrothermal System, which is a thermal confined aquifer contained in sediments from the Miocene to the Upper Cretaceous, between 650 and 800 meters deep. Based on the analysis of the information gathered, guidelines are provided for a rational exploitation of the regional groundwater resources, however not disregarding surface water, concerning different uses, its

1. Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires.- UNS). CGAMA.

✉ luciacarrica@hotmail.com

2. CGAMA - UNS

availability, its chemical features and cost of exploitation associated. The study aims to promote the exploitation and sustainable use of the underground water for different purposes: industrial, recreational and eventually for human consumption and irrigation in order to contribute to saving drinking water from the supply system (Sauce Grande river). It is concluded that the proposal is technically and economically feasible and helps optimise the rational use of the water resources of the area.

Keyword: Bahía Blanca district, rational exploitation, hydrogeology.

INTRODUCCIÓN

El Partido de Bahía Blanca se ubica al sudoeste de la provincia de Buenos Aires, abarca una superficie de 2.300 km² (Figura 1), y posee una población de unos 350.000 habitantes, siendo cabecera del partido la ciudad homónima. El clima de la región es de transición entre el templado subhúmedo y el semiárido, con un módulo pluviométrico anual de 650 mm, y la principal fuente de abastecimiento de agua a la ciudad proviene del Dique y Acueducto Paso de la Piedras, inaugurado en 1972. El Dique se ubica a aproximadamente 50 km al noreste de la ciudad, en la cuenca superior del Río Sauce Grande, en el límite septentrional del partido (Figura 2). La potabilización y distribución la realiza la empresa provincial Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA). Estudios e informes científicos que datan de la primera mitad del siglo XX han contemplado la posibilidad de suplementar el servicio de agua potable a partir de la explotación del agua subterránea del denominado Sistema Hidrotermal Profundo (SHP)

de Bahía Blanca, acuífero confinado y termal, descartando, en principio, al acuífero freático y al acuífero confinado de la sección Epiparaniana inferior (Formación Chasicó) ubicados en el subsuelo de la ciudad, debido a la inaptitud química de sus aguas para consumo humano. Sin embargo, éstos acuíferos se explotan, sin demasiado control, para uso agropecuario, industrial, recreativo y riego.

Entre los años 1948 y 1971 se perforaron 26 pozos al SHP para abastecimiento de agua potable a la ciudad, con resultados dispares, fundamentalmente en cuanto a caudales de surgencia, la permanencia en el tiempo de los mismos y la eficiencia de los sistemas de enfriamiento del agua. Con la puesta en servicio del Dique y Acueducto Paso de la Piedras en 1972, los pozos profundos fueron dándose de baja, junto con otras obras como las tomas de cursos superficiales en el Río Sauce Grande y en el Arroyo Napostá Grande (Los Mirasoles).

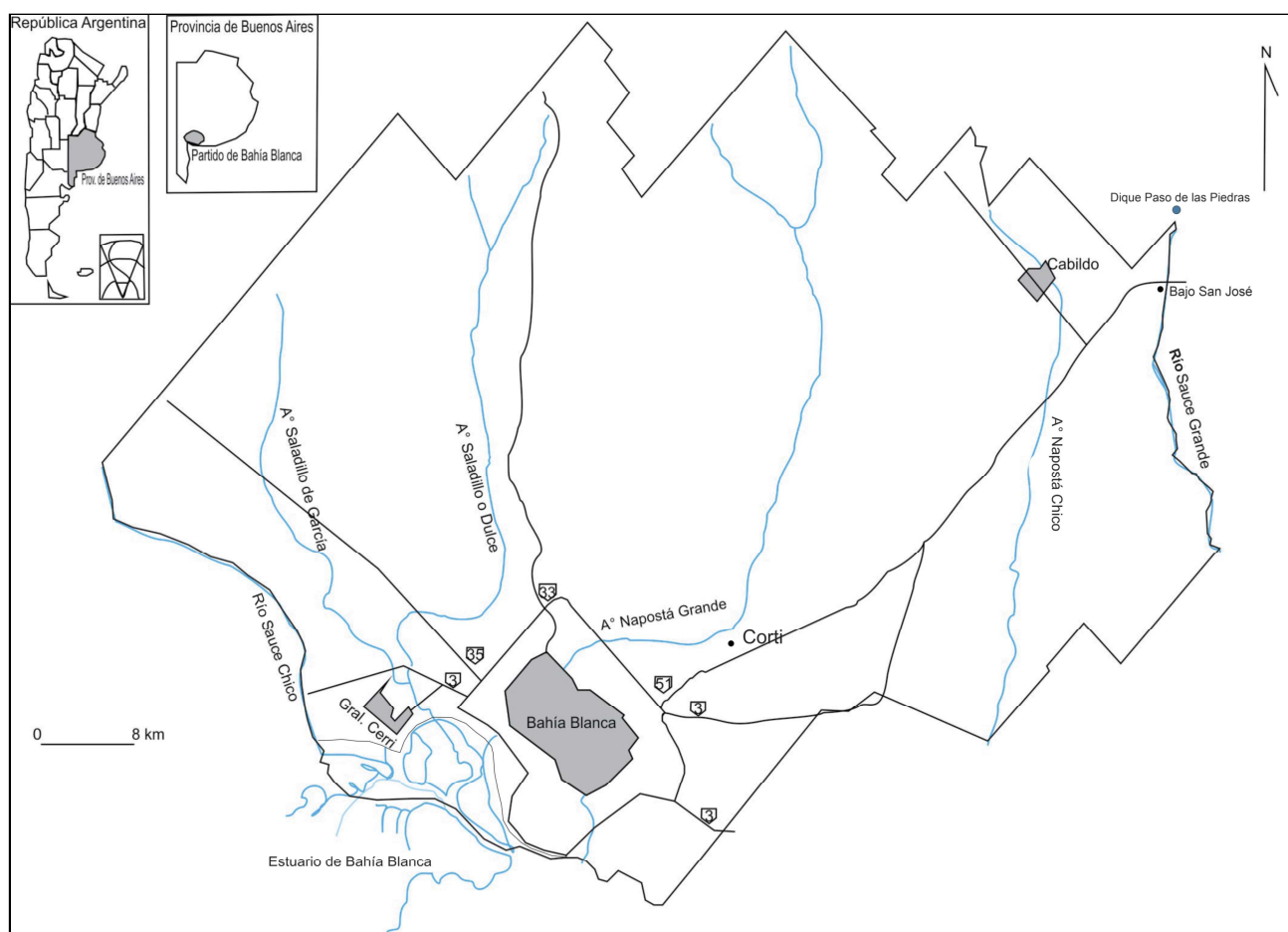


Figura 1. Partido de Bahía Blanca.

A fines de 1980, de acuerdo al crecimiento demográfico de la ciudad y a la demanda de agua, se preveía que el Dique y el Acueducto Paso de las Piedras verían superada su máxima capacidad en las décadas subsiguientes. En tal sentido, en el año 1990 la ex-AGOSBA, (Administración General de Obras Sanitarias), junto con la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) ambas de la Provincia de Buenos Aires y la Universidad Nacional del Sur (UNS), comenzaron los estudios para la búsqueda de fuentes alternativas de agua para abastecimiento de la ciudad para los próximos 50 años. Los resultados conforman un importante documento titulado “Plan Integral de Abastecimiento de Agua a Bahía Blanca, Gran Bahía Blanca y Punta Alta, Prefactibilidad Técnica y Económica”. El estudio descarta la explotación intensiva del SHP para abastecimiento a la ciudad debido a los problemas ya mencionados con los primeros pozos, a lo que se le suma la incertidumbre en cuanto al cálculo de los recursos y reservas del sistema y la baja relación entre los caudales erogados y los costos de las obras de captación.

Sin embargo, de todas las alternativas analizadas en el estudio técnico-económico mencionado, surgió como obra prioritaria la explotación del agua subterránea del acuífero freático en la zona del piedemonte de las Sierras Australes, en la cuenca del A° Napostá Grande mediante pozos someros (100 a 120 metros de profundidad) para extraer de cada uno alrededor de 75 m³/h hasta obtener un máximo de 1 m³/s para complementar el servicio de agua potable; proyecto elaborado por el Grupo de Hidrogeología de la UNS. El proyecto se postergó, hasta que en el año 2000, la nueva empresa encargada del servicio (Azurix), retoma los estudios anteriores pero en la cuenca del A° Napostá Chico en las cercanías de la localidad de Cabildo (Partido de Bahía Blanca). El proyecto, elaborado por el mismo grupo de trabajo, alcanzó la etapa de factibilidad.

Finalmente a principios de 2010, después de una severa sequía en la región, ABSA, la concesionaria del servicio, ejecutó 16 pozos de 120 metros de profundidad (acuífero freático) en las cercanías de Cabildo, para obtener unos 0,4 m³/s como suplemento al servicio de agua potable a la ciudad. Otros 16 pozos de emergencia, algo menos profundos, se perforaron en el valle de la cuenca media del Río Sauce Grande (Bajo San José). Los pozos se dejaron de utilizar poco tiempo después al superarse la situación de sequía, cuando el Dique, recuperó sus reservas de agua. Con estas obras quedó demostrado que el acuífero freático en la zona del piedemonte serrano, en este caso en los alrededores de Cabildo, constituye un recurso muy valioso para suplementar el servicio de agua potable en períodos de grandes sequías.

A excepción de los mencionados pozos al SHP y los de Cabildo, el resto de los pozos perforados en el partido, para explotación del recurso hídrico subterráneo, han sido por iniciativas privadas. Muchos de ellos no han sido declarados ante el organismo de control y aplicación de la ley vigente que es la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA). A dicho organismo además le compete la gestión y planificación hidráulica conforme la Ley 12.257 (Código de Aguas).

Los proyectos de ampliación de algunas de las empresas radicadas en el partido y la suspensión de la obra del acueducto desde el Río Colorado, sumado a el incremento de las tarifas del servicio de agua medido, han reactivado o elaborado nuevos proyectos de explotación del recurso y reservas hídricas subterráneas para uso industrial.

En un entorno en el que el uso sostenible del agua resulta obligado, la inclusión de los recursos subterráneos en el abanico

de posibles fuentes de recursos es fundamental, especialmente en previsión de los más que probables períodos de escasez, donde los recursos superficiales pueden verse mermados. (Cermérón Romero, en Custodio E, 2019).

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es actualizar el estado de explotación de los acuíferos de la región y brindar pautas para una explotación racional y conjunta con el agua superficial para los distintos usos, teniendo en cuenta su disponibilidad, sus características químicas y los costos de explotación asociados.

El trabajo se enmarca en el concepto de una gestión y planificación hidrológica de los recursos hídricos de la región e intenta crear conciencia y fomentar la explotación racional del agua subterránea, fundamentalmente para usos industriales y recreativos, con el objeto de reemplazar el uso del agua potable de red, que es considerado un bien escaso y limitado.

METODOLOGÍA

Se realizó una exhaustiva recopilación bibliográfica de toda la documentación disponible de las características hidrogeológicas de la región. Esta información se complementó con un censo de los pozos de explotación de los acuíferos confinados a los que se tuvo acceso. Se verificó el estado de conservación de las obras y el caudal de surgencia. Además se le georeferenció, se extrajo una muestra de agua y se midió in situ, pH, conductividad eléctrica, temperatura, para posteriormente en laboratorio, realizar los análisis químicos completos. Se realizó una caracterización y clasificación química con información antecedente y con la generada con los primeros resultados alcanzados provenientes de las muestras de agua extraídas en el censo de perforaciones.

RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La bibliografía antecedente, si bien es abundante, centra sus contenidos en aspectos hidrogeológicos y en las características químicas del agua para consumo humano del acuífero freático de la zona pedemontana de las Sierras Australes, *Bonorino et al., (1990,1997); Carrica, et al., (1992, 2017); Albouy, et al., (2009, 2010, 2011, 2012 y 2013)*.

Sin embargo, ya en el siglo pasado, *Raffo, J. (1904)* en su tesis doctoral, expuso resultados de análisis químicos de aguas subterráneas de distintas profundidades hasta el Epiparaniano Inferior y luego *Wichmann (1918)* aborda la hidrogeología general de la zona en base al estudio de las perforaciones realizadas hasta entonces, mencionando tanto el acuífero confinado de la Sección Epiparaniana Inferior, como al acuífero hipertermal profundo descubierto en Argerich en 1912. Años más tarde, en base a las perforaciones ejecutadas en la región, *García y Galli, (1954)* y *Salso y García (1958)* realizan informes generales de la denominada “cuenca hidrogeológica de Bahía Blanca”, actualmente SHP. En 1964, *García J. y O. de García* publican el trabajo más completo hasta entonces sobre los recursos hídricos subterráneos de toda la región (Figura 2). Posteriormente otros autores publicaron informes sobre aspectos específicos del SHP como isotopía, geotermia, entre otros.

El informe de *DYMAS (1974)*, refiere a los recursos hídricos subterráneos de la región y *Hernández et al., (1979)* describen las características geohidrológicas regionales de los acuíferos profundos en el territorio bonaerense. En 1980, *Álvarez* expone resultados de un estudio hidrogeológico del nivel acuífero

alojado en la Fm. Chasicó (Epiparaniana Inferior). Más tarde, *Bonorino* y *Carrica* (1985) estudian la hidroquímica de las aguas del SHP y proponen modelos de circulación desde la zona de recarga (piedemonte de las Sierras Australes) hasta Bahía Blanca por vías preferenciales de circulación (paleocauces). El trabajo más completo sobre el SHP lo realiza *Bonorino* (1988) en su tesis doctoral donde define la hidrogeología del mismo, y especialmente su hidrodinámica, hidroquímica e isotopía.

Los completos estudios del acuífero freático son los de las cuencas de los arroyos Napostá Grande de *Carrica et al.*, (1998) y *Leitao et al.*, (2007); los del Napostá Chico (*FUNS*, 2010) y los de la cuenca inferior del río Sauce Chico (*C.F.I.*, 2011). También se consideran los estudios del acuífero costero que bordea al estuario de Bahía Blanca, de *Sala et al.*, (1985), *Carrica et al.*, (2003), *Carrica y Lexow* (2005), *Albouy et al.*, (2005a y b y 2007) y *Lafont et al.*, (2006 y 2007) que involucran a casi toda el área de estudio del presente trabajo. Sin embargo, el acuífero freático en el propio subsuelo de la ciudad de Bahía Blanca y el acuífero confinado alojado en la Fm Chasicó no han sido estudiados sistemáticamente, existiendo un cúmulo de información dispersa de distinta índole y calidad.

HIDROGEOLOGÍA

Las características del medio físico y el clima de la región condicionan la circulación y velocidad del agua en el ciclo hidrológico. Las características hidrogeológicas de los distintos ambientes regulan los regímenes hidráulicos y las singularidades hidroquímicas de los acuíferos a nivel regional y permite la comprensión de su comportamiento.

Para hacer una breve reseña de las principales características hidrogeológicas de las unidades hidrogeológicas identificadas en el subsuelo del partido, se adopta el esquema basado en secciones hidroestratigráficas propuesto por *DYMAS* (1974), modificado por *Bonorino* (1988 y 2005) a lo que se le suma información propia actualizada (Tabla 1).

La Sección basamento hidrogeológico está compuesta por el basamento cristalino, solamente identificado por geofísica en el subsuelo de la región, y la cubierta sedimentaria paleozoica

que conforma el núcleo de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. No existen afloramientos del basamento hidrogeológico en el área de estudio, y solo se restringen a la cuencas superiores y medias del río Sauce Grande y el A° Napostá Grande están representados por las cuarcitas y areniscas cuarzosas de grano fino compactas y esquistos pertenecientes al grupo Curamalal y Ventana. La información disponible permite determinar que las rocas paleozoicas se extenderían en el subsuelo de toda la región. En los alrededores de Bahía Blanca se detecta a profundidades muy dispares: 722 metros bajo boca de pozo (m b.b.p) en el pozo AC-24 y a más de 1700 m pozo AC-11 (Figura 3), unos 6 km al norte de la ciudad (*Bonorino*, 1988). En el Bajo San José en el límite NE del Partido, a la vera del río Sauce Grande en su cuenca media, una perforación detectó rocas ígneas del basamento cristalino compuesto por granito milonítico a 424 m b.b.p. Si bien las rocas del basamento hidrogeológico son primariamente acuífugas, poseen cierta fracturación lo que le confiere al conjunto algún grado de permeabilidad secundaria muy baja.

La Sección Hipoparaniana incluye las formaciones que van desde el Cretácico superior al Oligoceno. Está solamente presente en el subsuelo del área de estudio al sur del paralelo 38° 30' y a partir de los 450 metros de profundidad. La integran la Formación Fortín (Poscenoniana) de origen marino con sedimentitas acuífugas, la Formación Colorado (Cretácica) con psefitas y psamitas compactas de origen continental y carácter acuífero en su sección superior, la Formación Pedro Luro correspondiente a una ingresión del Cretácico superior con sedimentos arcillosos-margosos acuícludos-acuitardos, limitada a la actual zona costera y la Formación Ombucta (Eoceno-Oligoceno) con psamitas y psefitas continentales con características acuíferas-acuitardas. De esta sección interesa mencionar la porción superior de la Formación Colorado y la Formación Ombucta por ser portadoras de los niveles acuíferos que conforman el Sistema Hidrotermal Profundo (SHP) de Bahía Blanca.

La Sección Paraniense está representada por la Formación Barranca Final (Mioceno) correspondiente a la ingresión Paraniense y compuesta por pelitas verdosas con intercalaciones arenosas de origen marino dispuestas discordantemente sobre la sección

Tabla 1. Cuadro hidroestratigráfico para la región de Bahía Blanca. (Modificado de Bonorino 2005).

EDAD	FORMACIÓN	SECCIÓN HIDROESTRATIGRÁFICA	LITOLOGÍA	CARÁCTER HIDRÁULICO	NIVEL PIEZOMÉTRICO	
Cuaternario	Maldonado	Epiparaniana	Limos Arcillosos	Acuícludo - Acuífero	Freático	
Plioceno	Cerro Azul		Limos arenosos- arcillas	Acuífero Acuitardo- Acuícludo		
Mioceno superior			Arenas basales a loess	Acuífero	Surgente	
Mioceno superior	Barranca Final	Paraniense	Limos arenosos- arcillas	Acuícludo - Acuitardo		
Oligoceno	Ombucta	Hipoparaniana	Arcilla arenosa	Acuícludo	Surgente	
Eoceno			Arena media a gruesas Arenas sabulticas, arenas con grava	Acuífero		
Paleoceno	Pedro Luro		Arcilitas y limolitas	Acuícludo		
Masstrichtiano			Colorado	Areniscas cuarcíticas finas a gruesas Areniscas conglomerádicas	Acuífero	Surgente
Senoniano				Areniscas cuarzo feldespáticas	Acuífugo	
Turoniano	Fortín					
Triásico a Precámbrico	Basamento	Basamento hidrogeológico	Areniscas- Cuarcitas - Granitos	Acuífugo		

anterior. El conjunto conforma un medio acuicludo con algunas intercalaciones acuíferas portadoras de aguas de elevada salinidad. Su potencia en el área de Bahía Blanca de acuerdo con datos de perforaciones varía entre 200 y 300 metros acuñándose hacia el positivo de las Sierras Australes. En la Estación del Ferrocarril General Roca (FCGR) García del Río se la ubicó a 130 m b.b.p y en cercanías de la Estación Nueva Roma por debajo de los 200 metros, ambas al Norte y noroeste de Bahía Blanca respectivamente. En Bahía Blanca e Ing. White el techo se ubica alrededor de los 250 metros de profundidad.

El piso de la Sección Epiparaniana está compuesto, por limos arenosos y arcillosos de la Formación Chasicó, ahora incluida en la Fm. Cerro Azul (Mioceno Superior -Plioceno) (Folgueras *et al.*, 2017). La parte inferior de esta formación, está compuesta por arenas fluviales medias a finas amarillentas, de unos 10 a 20 metros de espesor, pero de extensión regional, que aloja un nivel acuífero con características surgentes o semisurgentes y aguas salobres, cuya recarga se produciría en el ámbito de la llanura pedemontana de las Sierras Australes.

Hacia arriba, la Fm. Cerro Azul se encuentra ampliamente distribuida en toda la región en posición aflorante o subaflorante, a excepción de la zona costera, y es portadora del acuífero libre de la región. Litológicamente está conformada por sedimentos loésicos (sedimentos pampeanos) compuestos principalmente por arenas finas y arenas limo arcillosas cementadas por carbonato de calcio, estando cubiertas por zonas de entoscamiento (Calcrete I y II) que la tipifican. Dada la complejidad de los procesos sedimentarios que le dieron origen, son frecuentes las anisotropías hidrolíticas locales dando lugar a una alternancia de niveles acuíferos-acuitardos (sistema multicapa) que desde el punto de vista hidrogeológico regional, se comportan como un solo sistema de transmisión de agua más o menos homogéneo. De acuerdo con la información disponible los espesores de los sedimentos pampeanos en la zona alcanzarían un máximo de 180 a 200 metros, mientras que en el área pedemontana la formación se

apoyan sobre las rocas cuarcíticas paleozoicas o sobre sus productos de meteorización como consecuencia del acuñamiento de la cobertura sedimentaria hacia las Sierras Australes.

ACUÍFEROS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Sistema Hidrotermal Profundo (SHP)

El SHP abarca unos 2.800 km² de extensión regional (Bonorino, 1988), por lo que excede con amplitud al Partido de Bahía Blanca que es el área definida para este estudio. Las investigaciones realizadas en el SHP identificaron su zona de alimentación en el área pedemontana de la vertiente sudoccidental de las Sierras Australes (Figura 2), lo que conlleva a una conexión hidráulica del acuífero freático pedemontano con el flujo regional intermedio y profundo. Es decir, que la recarga por lluvia generada en el piedemonte serrano alimentaría, no solo al acuífero freático, sino también a los flujos regionales intermedio y profundo. El valor total de la recarga en el piedemonte se cifra entre un 12 y un 15 % de la precipitación del sector de alrededor de 700 mm, de los cuales un entre un 3 y 5% alimentaría al flujo profundo (Bonorino, 1988).

Las características más relevantes del SHP en la zona de Bahía Blanca son 1) la profundidad de yacencia, entre los 500 y 1300 metros; 2) el caudal de surgencia natural, variable entre 20 y 80 m³/h; 3) la presión inicial en boca de pozo, de casi 20 bars en algunos casos; 4) la calidad de sus aguas, en su mayoría aptas para todo uso y 5) el termalismo de las mismas, con temperaturas desde los 50 a los 74 °C. (Bonorino, 2005), por lo que se lo clasifica como un sistema hidrotermal de baja entalpía. Sin embargo, hasta el presente, su aprovechamiento como fuente geotermal se ha limitado a la calefacción de unos pocos establecimientos (Galerías Plaza, Seminario Arquidiocesano y la Cárcel) y uso recreativo y terapéuticos (talapsoterapia); (pozos AC 8 y Batallón 181, tabla 2). La utilización de la temperatura del agua para uso industrial o en otros establecimientos es actualmente nula o desconocida.



Figura 2. Vista aérea de la región de Bahía Blanca.

El SHP ha sido alumbrado por más de 50 perforaciones solo dentro de Partido de Bahía Blanca. En la tabla 2, se describieron solo aquellas que se tuvieron acceso. Sus extremos son el pozo ubicado en la Estación La Vitícola a unos 20 km al Norte de la ciudad a 554 metros de profundidad; en la localidad de General Cerri, a unos 10 km al oeste con varias perforaciones a partir de los 674 metros; hacia el sur en el Puerto de Ing. White, las perforaciones existentes localizaron su techo desde los 700 m. Al este, en 4 pozos de abastecimiento a la Base Aeronaval Comandante Espora y dos en la zona de la Planta Potabilizadora de Grumbein, AC-15 y AC-16, detectaron el techo del acuífero a partir de los 678 metros. El espesor medio del acuífero atravesado por las perforaciones es de unos 50 metros, aunque en la gran mayoría de los casos se trata de pozos incompletos a excepción del AC-11 y AC-24 antes citados, que alcanzaron el basamento hidrogeológico.

Hasta el presente no existen ensayos de bombeo sistematizados de este acuífero para el cálculo de sus parámetros hidráulicos así como una estimación confiable de sus recursos y reservas. Bonorino (1988) realizó una estimación de la Transmisividad (T) del acuífero a partir de caudales específicos iniciales aplicados a pozos incompletos, obteniendo para la zona de Bahía Blanca valores de T muy variables entre 58 y 1830 m²/d, siendo solo un dato ilustrativo producto de la heterogeneidad del rendimiento de los pozos y hasta del propio acuífero.

No obstante del número de perforaciones realizadas, actualmente solo unos pocos pozos aún erogan agua por surgencia natural, encontrándose la mayoría de ellos cerrados, tapados y/o anulados, o con escasa o nula surgencia. El motivo de esta situación, en la mayoría de los casos, se debe a la rotura de la cañería dada la antigüedad de los pozos (promedio de 60 años). Algunos pozos han sido cerrados o tapados por la ADA (Autoridad

del Agua de la Provincia de Buenos Aires) a fines de la década de 1990.

Debido a la disminución del caudal y/o la pérdida de presión en boca de pozo observada desde su construcción, Bonorino, (1988); Bonorino y Carrica, (1992); Bonorino et al., (1997) e Informe UNS-UTN, (2009), en la actualidad, por razones científicas, técnicas y económicas, no se aconseja la explotación intensiva de este sistema como fuente complementaria de abastecimiento de agua a la ciudad de Bahía Blanca. Algunos pocos pozos existentes tienen un uso como fuente de agua mineral para consumo humano, y otros, como los ya mencionados, usos de recreación (llenado de piletas), industrial, calefacción, etc. La situación actual de los pozos del SHP situados dentro del partido de Bahía Blanca y su uso, se exponen en la Tabla 2.

Acuífero alojado en la sección hidroestratigráfica Epiparaniana Inferior (Fm Chasicó).

En el área de Bahía Blanca, este acuífero se ubica a profundidades entre 180 y 250 m b.b.p.; según la topografía, los pozos tienen una surgencia natural inicial de hasta 20 m³/h de aguas termales (entre 25 y 34°C en boca de pozo), aunque luego el caudal decae en el tiempo a valores, normalmente de menos de 3 m³/h. La transmisividad del acuífero, según datos de un único ensayo de bombeo realizado, ronda los 50 m²/d con una conductividad hidráulica media de 2,5 m/d y un espesor de acuífero de unos 10 a 18 m. (Álvarez, 1980).

El nivel piezométrico del acuífero permite su surgencia natural según la cota topográfica del pozo. A cotas inferiores de 70 u 80 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m) es surgente mientras que a mayores cotas es semisurgente. Los términos superiores al acuífero de litología más fina (limo arcillosos y arcillo limosos) de la misma Fm Cerro Azul actúan de capa confinante del mismo.

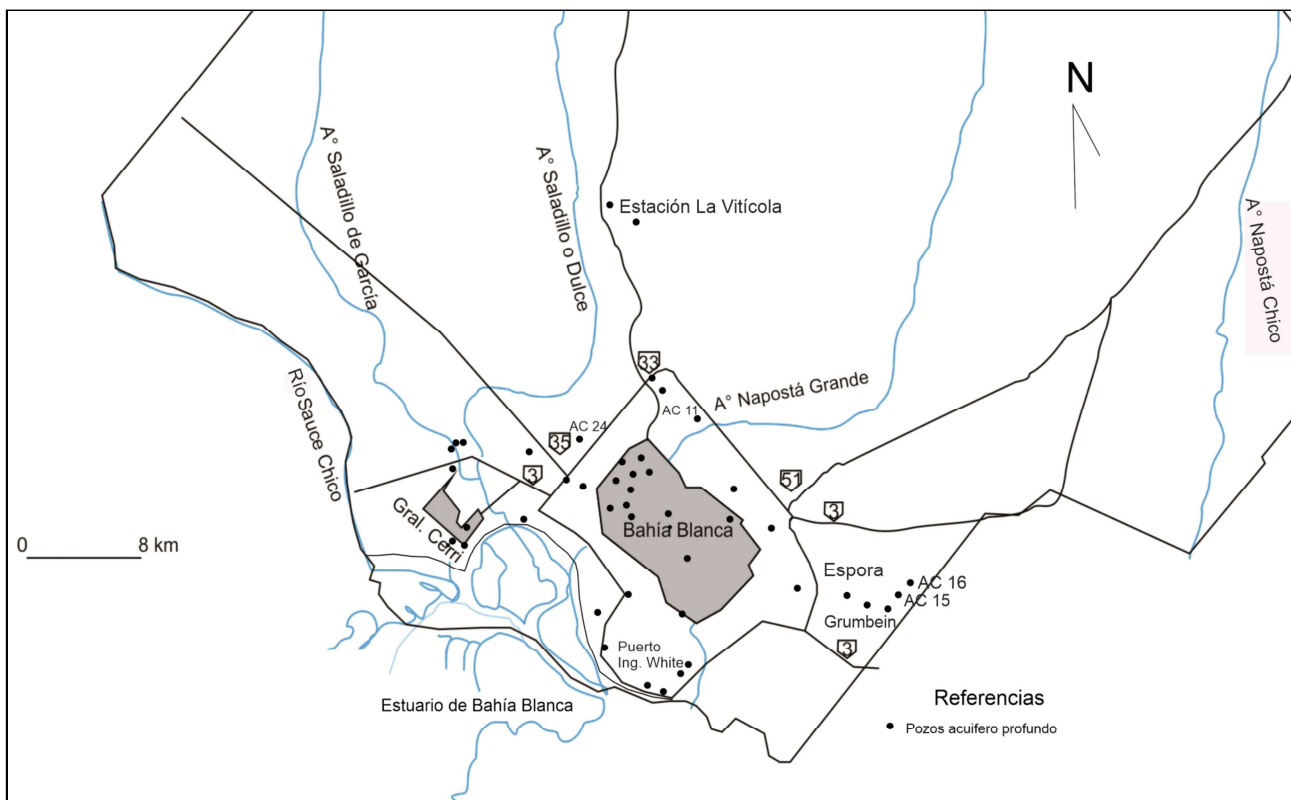


Figura 3. Ubicación de los pozos identificados del Sistema Hidrotermal Profundo (SHP).

Tabla 2. Características actuales de los pozos del SHP ubicados en el Partido de Bahía Blanca.

Nombre	Ubicación	Coordenadas	Caudal (m ³ /h)	Año	Estado
AC 1	Av. Pringles y Baigorria	38° 43' 56,8" - 62° 14' 12,1"	21,6	1949	Activo, ABSA
AC 2	Sarmiento y Guido Spano	38° 42' 08,3" - 62° 14' 58,6"	-	1950	Tapado
AC 3	Punta Alta y Rojas	38° 43' 27,3" - 62° 13' 32"	-	1953	Cerrado
AC 4	Quinta Iturbide		-	1954	no ubicado
AC 5	Zelarrayán 2800. (O.S.B.A)	38° 41' 40,6" - 62° 17' 42,09"	-	1954	Cerrado
AC 6	Zelarrayán y Pronsato	38° 41' 10,2" - 62° 18' 15,4"	-	1954	Cerrado
AC 7	Terrada y P. Bigio	38° 41' 57,3" - 62° 18' 17,7"	S	1954	Cerrado
AC 8	Av. Alem 1650	38° 41' 49,7" - 62° 16' 24,5"	S	1954	Activo, uso humano
AC 9	Rep. Siria y De Angelis	38° 41' 28,4" - 62° 16' 59,3"	S	1955	Activo, uso humano
AC 10 BB8	Guido Spano y González (Cárcel)	38° 41' 8,5" - 62° 16' 31,5"	S	1956	Activo. No se autorizó acceso
AC 11	Camino de la Carrindanga 3900	38° 40' 42,1" - 62° 14' 0,5"	22	1957	Activo, uso riego
AC 12	Pilcaniyeu y Rodríguez Urtasum	38° 43' 0,7" - 62° 11' 22,9"	S	1956	Cerrado
AC 14	9 de julio y Enrique Julio	38° 42' 26,6" - 62° 17' 56,8"	S	1957	Activo, uso humano
AC 15	Grumbein a 700 m al NE de OSBA	38° 44' 46,5" - 62° 6' 29,1"	-	1957	Tapado
AC 16	Grumbein a 1700 m al NE de OSBA	38° 44' 25,3" - 62° 5' 59,3"	-	1957	Tapado
AC 18	Av. Sesquicentenario y Vicente López		-	1958	No ubicado, destruido
AC 19	Av. Sesquicentenario y D. Quinta 129	38° 42' 33,6" - 62° 20' 30,3"	10	1971	Activo, sin uso
AC 20	Zelarrayán e Indio	38° 41' 40,6" - 62° 17' 42,09"	-	1971	Tapado
AC 21	Don Bosco 3500	38° 42' 16,08" - 62° 6' 5,4"	-	1971	Cerrado
AC 22	Bolivia y Di Sarli	38° 42' 41,9" - 62° 18' 21,5"	-	1972	Tapado
AC 23	Don Bosco y Av. Sesquicentenario	38° 41' 53,3" - 62° 19' 35,6"	S	1972	Abierto, sin uso
AC 24	Av. Secq y Güemes		-	1972	Destruído. No se ubica
AC 26	1° Junta y Leopoldo Lugones, Cerri	38° 43' 0,3" - 62° 23' 6,3"	S	1971	Activo sin uso
Spurr	Tierra de Fuego y Esmeralda	38° 45' 20,7" - 62° 15' 17,5"	S	1961	Activo, uso humano
V. Manera	Brown y Montevideo	38° 43' 48,7" - 62° 15' 19,3"	S	1950	Activo, uso humano
Galeria Plaza	Alsina y San Martín	38° 43' 0,5" - 62° 15' 48,2"	S	1959	Activo, Geotermia
Lanera	Lanera Argentina	38° 43' 31,3" - 62° 23' 22,3"	S	1959	Activo, sin uso
Gas del Estado	Gas del estado. Gral. Cerri	38° 41' 11,6" - 62° 23' 49,5"	S	1968	Uso industrial (4 pozos)
Cap Cerri	Cap Cerri	38° 43' 34" - 62° 23' 36,5"	-	1956	Sin uso
Bordeu		38° 41' 11,4" - 62° 20' 39,4"	S	1957	Sin uso
Frig. Bahiense	Pampa Central 2254	38° 43' 20" - 62° 18' 12,8"	-	1967	Cerrado
Refineria	La Isaura (Petrobras)	38° 44' 38" - 62° 17' 51,3"	60	1969	Activo, uso industrial
Lanera San Blas	Lanera San Blas	38° 44' 16,0" - 62° 17' 37,1"	S	1950	Sin uso
Cargill n° 2	Cargill n° 2	38° 46' 34,3" - 62° 15' 34,6"	S, Bombeo	1997	Activo, uso industrial
Seminario	Seminario	38° 44' 16,6" - 62° 12' 12,6"	S	1952	sin uso
Bosque Alto	Bosque Alto	38° 39' 28,1" - 62° 16' 2,5"	-	1982	Cerrado
Batallón	Batallón	38° 40' 50,3" - 62° 15' 38,6"	S	1946	Activo, uso recreativo
Hospital	Hospital Municipal	38° 42' 39,8" - 62° 16' 38,8"	5	1956	Uso industrial
BB 2	Parque de Mayo		-	1917	no ubicado
Chucariello	Ruta 33 km 22	38° 31' 45" - 62° 16' 47"	24	2008	Activo, uso recreativo
Est. La Vitícola	Ruta 33, km 27	38° 31' 25" - 62° 17' 21"	-	1916	Cerrado y/o tapado
FADEA	Ruta 3, km 702	38° 41' 22" - 62° 23' 23"	S	1995?	Activo, sin uso

S: Surgencia natural no aforada AC: Aguas Corrientes

En el área de estudio, se han identificado más de un centenar de pozos que explotan este nivel acuífero. Algunos de ellos datan de fines del siglo XIX. Al principio se los utilizó para uso pecuario y ocasionalmente para el riego de especies tolerantes a sales. Actualmente casi todos los natatorios de la ciudad (Club Argentino, Olimpo, Liniers, UNO Bahía Club, Balneario Municipal y muchos otros privados) utilizan las aguas de este acuífero, por surgencia natural o bombeo. La moderna Usina Guillermo Brown, ubicada en las cercanías de General Cerri, explota por bombeo siete pozos de este acuífero para refrigerar su proceso. En la misma localidad de Cerri, el ex frigorífico CAP Cuatros tenía un pozo para uso industrial. Otras industrias de la ciudad actualmente usan o han usado este acuífero fundamentalmente para lavado de instalaciones. La experiencia

indica que el caudal sostenible de bombeo de este acuífero estaría en torno a los 10 m³/h respetando un adecuado distanciamiento entre pozos

Desde el punto de vista hidroquímico, las aguas de este nivel acuífero son salobres (total de sales disueltas entre 1,5 y 5 g/l y un promedio de 3 g/l) y del tipo Cloruradas Sódicas. Si bien, debido al alto contenido de sales del agua, éstas no son aptas para consumo humano, las bajas concentraciones de elementos menores y oligoelementos (F, As, NO³⁻, etc.) permiten su tratamiento con técnicas de desalinización como la ósmosis inversa, ampliando su gama de usos a un costo razonable. El mapa de la Figura 4 señala la ubicación aproximada de los pozos identificados que explotan este acuífero.

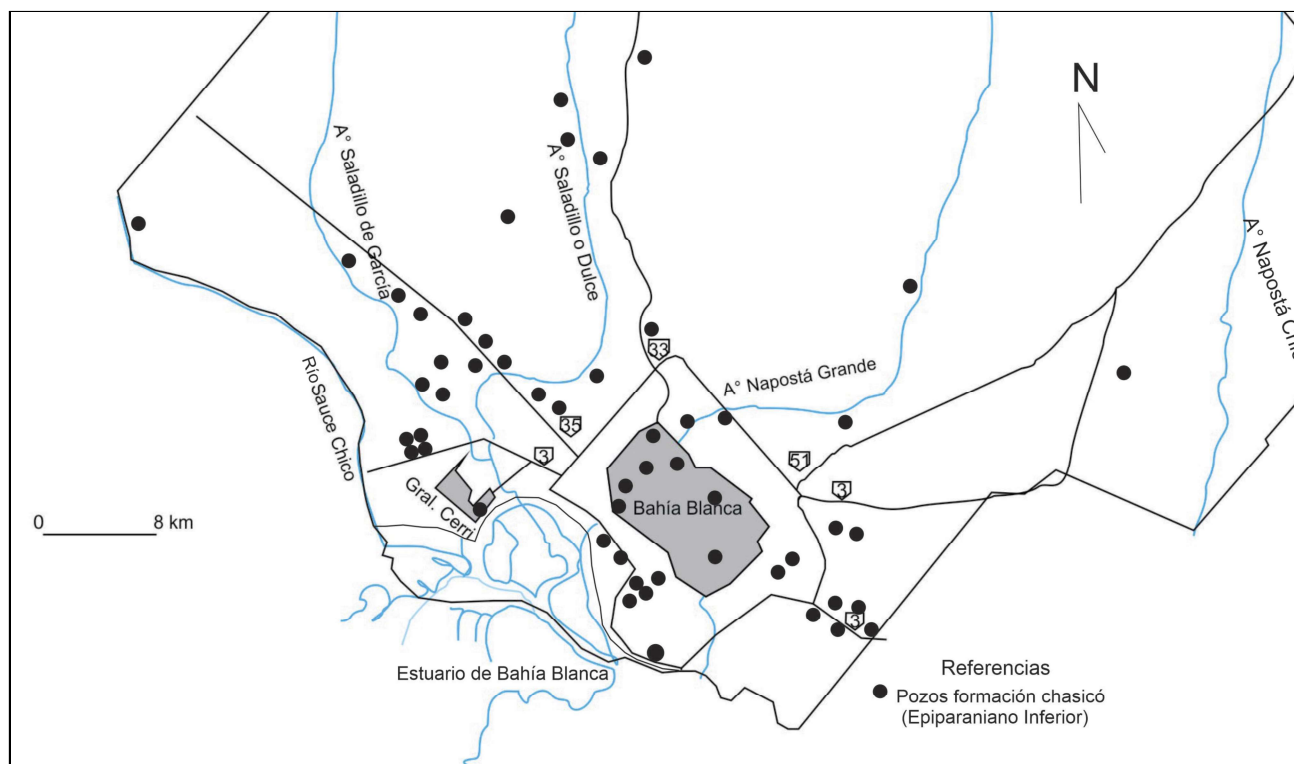


Figura 4. Algunos pozos del acuífero confinado de la Fm Chasicó / C° Azul (Epiparaniano inferior).

Acuífero freático

El acuífero freático del área de estudio se extiende, sin continuidad hidráulica, desde el piedemonte de las Sierras Australes hasta el estuario de Bahía Blanca, atravesando toda el área de estudio. En su mayor parte (más del 95 %) se aloja en los sedimentos loésicos pampeanos de la Fm Cerro Azul (Fidalgo *et al.*, 1975). De acuerdo a las pruebas hidráulicas realizadas se considera acuífero libre hasta los primeros 100 metros saturados, aunque el espesor de la formación portadora alcanza hasta los 200 metros. Se caracteriza por poseer anisotropías hidrolitológicas locales dando lugar a una alternancia de niveles acuíferos-acuitardos (sistema multicapa) pero que regionalmente, se comportan como un solo sistema hidrogeológico homogéneo. Estos niveles acuíferos-acuitardos y, en ocasiones, hasta acuícludos, le confieren cierto grado de confinamiento en profundidad. (Carrica, 1998).

La profundidad del nivel freático es muy variable desde 50 metros en la Estación Corti, en zona de interfluvio al noreste de Bahía Blanca (cota 105 m s.n.m.) hasta aflorando cerca de la zona de descarga regional próxima al estuario de Bahía Blanca (cota 4 m s.n.m.).

Los trabajos de FUNS (2000) y Albouy, *et al.* (2005 b) citan transmisividades de entre 54 y 230 m²/d con una conductividad hidráulica media de 1 m/d y un coeficiente de almacenamiento media de 0,1 calculados en base a ensayos de bombeo en 6 pozos de 120 m de profundidad media y 100 m de espesor saturado en las cercanías de Cabildo. Su comportamiento hidráulico es de libre con drenaje diferido. Una batería de 16 pozos perforados a esa profundidad por Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA), suplementaron el servicio de agua a Bahía Blanca en 2010 y 2011 durante la sequía que asoló la región (2005-2010). De allí la importancia de este acuífero multicapa alojado en estos sedimentos loésicos. El mismo acuífero libre también

abastece a la localidad de Cabildo (aproximadamente 2000 habitantes) desde su fundación en el año 1903 con agua apta para consumo humano que se bombea desde pozos de 80 metros de profundidad. En otros lugares, especialmente cercanos al piedemonte serrano suele explotárselo con fines de riego a través de pozos de 100 metros de profundidad y equipos mecanizados. Además, todos los establecimientos agropecuarios de la región se abastecen de la capa freática mediante la explotación de pozos someros perforados o cavados (hasta 70 metros) los que extraen el agua por bombeo accionados por molinos de viento o bombas eléctricas. En todos los casos se trata de pozos incompletos.

La calidad del agua decrece desde el piedemonte serrano hacia el sur conforme la circulación general del flujo subterráneo. A excepción de los alrededores de la localidad de Cabildo, donde el agua es químicamente apta para consumo humano, en el resto del partido es, en general, agua dulce o levemente salobre, del tipo bicarbonatada a clorurada sódica con conductividad eléctrica que van desde 1000 a 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero con excesos de fluoruros y/o arsénico disueltos, lo que la hace no apta para consumo humano conforme la normativa vigente (Código Alimentario Argentino, art 982). Más hacia el sur, cerca de Bahía Blanca, y dentro del valle del A° Napostá Grande, los tenores salinos se incrementan hasta unos 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dicha área (Aldea Romana) fue utilizada durante muchos años para horticultura bajo riego con aguas del arroyo Napostá Grande y sus suelos resultaron salinizados.

Ya dentro del ejido urbano de la ciudad, el nivel freático se encuentra a escasos metros de profundidad (de 2,5 a 10 m), y algo más profundo en la zona alta al norte (40 - 50 m). El agua del nivel freático están naturalmente salinizadas y, muchas veces, contaminadas por vertidos de pozos ciegos, pérdidas del sistema de saneamiento (cloacas) y a veces con combustible proveniente de roturas de tanques subterráneos de estaciones de servicio (Lexow et al., 2016). En ciertos sectores de la ciudad este nivel es explotado mediante perforaciones domiciliarias poco profundas (entre 15 y 50 m) para riego de parques y jardines con especies vegetales tolerantes a las sales y llenado de piletas de natación y lavadero de automóviles. También algunas empresas (PYMES) suelen utilizar estas aguas para uso industrial, previo análisis químico. La Municipalidad de Bahía Blanca explota este nivel para riego de plazas y parques mediante pozos someros (15 a 30 metros). Esta actividad, convenientemente regulada debe propiciarse, a los efectos de reemplazar para estos usos, al agua potable de la red domiciliaria.

Cabe mencionar que en el área costera, los sedimentos pampeanos del acuífero freático se hallan cubiertos por una secuencia, de hasta 15-20 metros de espesor, de sedimentos marinos de albuferas y playa de la Formación Maldonado de edad Pleistoceno superior-Holoceno, (Fidalgo, 1983), que alojan a unos niveles acuíferos-acuitardos con aguas salmueras del tipo cloruradas sódicas de hasta 70 g/l de Sólidos Disueltos Totales, inaptas para todo tipo de uso. El nivel freático se encuentra aflorando o a escasa profundidad. Las restantes formaciones que completan el esquema hidroestratigráfico son de distribución escasa y saltuaría y, por lo tanto, hidrogeológicamente poco significativas.

DINÁMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El análisis de la información geológica e hidrogeológica, la mayoría de ella inédita, evidencia la circulación general de las aguas desde las Sierras hacia el mar. Los mapas de isopiezas del SHP elaborados por Bonorino (1988), para el área de Bahía

Blanca, muestran un flujo predominante del NNE al SSO siguiendo un posible paleocauce. Asimismo, Álvarez (1980) realiza un claro mapa de isopiezas del acuífero confinado alojado en la sección Epiparaniana Inferior en Bahía Blanca con una dirección general de flujo N-S.

En cuanto al acuífero freático, los mapas de isopiezas de la región (Albouy, 1994 y Carrica, 1998; tesis inéditas) elaborados en base a los datos de censos hidrogeológicos, denotan en general una morfología radial con un sentido del flujo convergente hacia las vías de escurrimiento superficial, poniendo de manifiesto la relación de continuidad hidráulica existente entre la superficie freática y los cursos de la región (Río Sauce Chico, A° Napostá Grande y Chico y A° Saladillo). A excepción de éste último, los cursos de agua que tienen sus nacientes en los valles de vertiente serranos labrados sobre las rocas paleozoicas acuífugas actúan como colectores de la pluviometría de la zona. En piedemonte, muchos de ellos pierden definición por infiltración, constituyendo la principal zona de recarga de los acuíferos de la región. Ya en la llanura pedemontana, los cursos son predominantemente efluentes, por lo que la descarga subterránea del acuífero freático alimentan su caudal básico. La orientación general del flujo subterráneo es hacia el sur, siguiendo la pendiente regional, con líneas de flujo convergentes hacia los cursos mencionados. Por ende, en la zona de estudio la superficie freática conforma un manto continuo, de tipo radial con flujo convergente hacia los cursos efluentes.

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACUÍFERO

La actualización del estado de conservación de los pozos remanentes del SHP pone de manifiesto que la gran mayoría de ellos se encuentran en un importante estado de abandono, encontrándose cerrados, tapados y/o sin surgencia ni uso del agua. En general las roturas de cañerías están relacionadas con la antigüedad de las obras. Algunos pozos más modernos de propietarios privados mantienen un estado aceptable, aunque solo uno de ellos mantiene un caudal de surgencia natural similar al original (pozo ex Refinería La Isaura). No obstante, las características químicas del agua, en general aptas para todo consumo, y su temperatura de surgencia se han preservado en el tiempo. Su potencial uso geotérmico como sistema hidrotermal de baja entalpía, no ha sido desarrollado. Actualmente la relación entre el beneficio de construir y explotar un pozo profundo, versus los costos de la obra (más de 1 millón de dólares), sumada a la incertidumbre en cuanto a la localización y rendimiento de los niveles acuíferos explotables, hacen que la ecuación económica no resulte una inversión atractiva para las empresas.

En el caso del acuífero confinado alojado en la Fm Chasicó (Sección epiparaniana Inferior) está relativamente bien aprovechado por los natatorios públicos y privados de la ciudad y empresas. Resta aún efectuar un censo completo de estos pozos, especialmente los más antiguos. Los pozos activos son relativamente modernos y su costo de construcción es mucho menor que un pozo al SHP (entre 30 y 40 mil dólares). Además la incertidumbre de localizar el nivel acuífero también es menor ya que el acuífero presenta una distribución areal bastante uniforme dentro del área de estudio. No obstante es muy necesario que sean construidos por profesionales y perforistas experimentados de la zona y declarados al ADA conforme la legislación vigente.

El acuífero freático en la zona del piedemonte serrano, en este caso en los alrededores de Cabildo, constituye en un recurso muy valioso para suplementar el servicio de agua potable en períodos de sequías. En general, al sur de Cabildo el acuífero

freático posee agua dulce pero no apta para consumo humano por presentar excesos en las concentraciones de fluoruros y arsénico. No obstante en muchos establecimientos agropecuarios se la usa para consumo humano por ser el único recurso disponible.

La explotación del acuífero freático en el ejido urbano se realiza mediante pozos de 15 a 50 metros de profundidad, dependiendo del sector y su construcción y explotación es anárquica. Se lo utiliza para riego de parques, jardines, llenado de piletas de natación, lavadero de autos etc. El agua es, en general salobre y no apta para consumo humano. Muy pocos usuarios disponen de análisis químicos del agua que utilizan y así como tampoco de determinaciones bacteriológicas para verificar posible contaminación por pozos ciegos y/o cloacas, y aun menos de HTP (Hidrocarburos Totales de Petróleo) por potenciales pérdidas de tanques subterráneos de estaciones de servicio y lavaderos de automotores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta contribución pretende valorar la existencia y propiciar la explotación racional (sostenible) del recurso hídrico subterráneo para uso industrial, recreativo y riego, sin dejar de lado el uso humano para abastecimiento suplementario a las ciudades del área de estudio.

El conocimiento hidrogeológico detallado de los acuíferos del área, actualizado a la luz de la información derivada de las nuevas obras de explotación realizadas, se constituye en una herramienta de fundamental importancia para la planificación de una explotación racional y sustentable de los mismos, puesto que conforman una valiosa alternativa de abastecimiento para muchos emprendimientos industriales y recreativos de la ciudad,

a la vez que reemplazaría al agua potable de la red de abastecimiento a la ciudad.

La explotación del SHP está sujeta a la relación del beneficio del potencial emprendimiento versus el costo y rendimiento de la obra. El acuífero confinado alojado en la Fm Chasicó (Sección Epiparaniana Inferior) es una alternativa de menor costo y de relativo fácil acceso, aunque el agua es salobre y no apta para consumo humano. Sin embargo, resulta aceptable para usos industriales, recreativos y eventualmente para consumo humano, riego y con tratamiento de desalinización, para todo tipo de uso. El caudal de explotación de los pozos, ya sea por surgencia natural o bombeo, está limitado a 10-15 m³/h.

El acuífero freático en la zona del piedemonte serrano constituye en un recurso muy valioso para suplementar el servicio de agua potable a las ciudades de la región en períodos de grandes sequías. Es ampliamente utilizado por el sector agropecuario para todo tipo de uso ya que es el único recurso de agua disponible. En el ejido urbano de las localidades que integran el partido, el acuífero freático está frecuentemente contaminado por pozos ciegos, cloacas e hidrocarburos. La explotación es anárquica y no controlada.

En todos los casos, el diseño y ejecución de nuevas obras de captación deben estar dirigidas por profesionales idóneos en la temática, conforme las reglamentaciones vigentes de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires.

El aprovechamiento integral y racional de los recursos hídricos del área de estudio, condicionará el futuro desarrollo y bienestar socio-económico de sus habitantes. El uso y manejo adecuado de este patrimonio redundará en beneficio de las generaciones presentes y futuras, puesto que el hombre y su bienestar es el fin ulterior de toda planificación.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ALBOUY, E.R., (1994).
Hidrogeología de la cuenca superior del río Sauce Chico, Sierras Australes, provincia de Buenos Aires.
Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur. (inédita).
- ALBOUY R, J. CARRICA Y G. BONORINO, (2005A).
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. ISBN 950-665-346-1 / 950-665-348-8 OC
- ALBOUY, R., CARRICA, J. Y BONORINO, G. (2005B).
El acuífero libre del área industrial costera de Bahía Blanca: Modelo preliminar de flujo.
IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Tomo II. Actas: 161-170. ISBN 950-665-346-1 / 950-665-348-8 OC.
- ALBOUY, R., CARRICA, J., LAFONT, D. Y LEXOW, C. (2007).
Acuífero libre del área industrial costera de Ingeniero White, Provincia de Buenos Aires, Argentina: análisis preliminar de procesos hidrogeoquímicos.
V Congreso Argentino de Hidrogeología. Actas: 221-229. ISBN: 978-987-23936-3-2. Paraná, Argentina. Octubre 2007.
- ALBOUY, R., CARRICA, J. Y LAFONT, D. (2009).
El acuífero libre del área industrial de Bahía Blanca: modelo de flujo de agua subterránea.
Aportes de la Hidrogeología al Conocimiento de los recursos Hídricos.
Editorial. Ameridia Tomo II: 477-486. Santa Rosa, La Pampa, República Argentina. ISBN 978-987-1082-36-0.
- ALBOUY, R., BONORINO, G., LEXOW, C., CARRICA, J. Y LAFONT, D. (2010).
El agua subterránea en la cuenca del arroyo Napostá Chico: una alternativa para suplementar el abastecimiento a Bahía Blanca, Argentina.
X ALHSUD Congress. Caracas, Venezuela. Octubre del 2010. E-book ISBN 978-980-734600-9 CD.
- ALBOUY, R., CARRICA, J., LEXOW, C., LAFONT, D. Y BONORINO, G. (2011).
Abastecimiento de agua a Bahía Blanca. Ubicación y diseño de la batería de pozos de explotación de agua subterránea.
VII Congreso Geológico Argentino y V Seminario Hispano-Latinoamericano- Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Captación y modelación del agua subterránea. Actas: 3-10. E-Book ISBN 978-987-23936-8-7, Salta, Argentina, 2011.

- ALBOUY, R., CARRICA, J., LEXOW, C., LAFONT, D. Y BONORINO, G., (2012).
La explotación del recurso hídrico subterráneo: una alternativa para suplementar el abastecimiento a Bahía Blanca, Argentina. ISBN 1851-7838.
Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. ASAGAI, No28:15-24.
- ALBOUY, R., BONORINO, G., CARRICA, J., LEXOW, C., LAFONT, D., MARCOS, Á. Y CALO, J. (2013).
Groundwater extraction of the Napostá Chico watershed. En WATARID 3. Usages et Politiques de l'eau en zones arides et semi-arides.
La sécurité de l'eau et la ressource. 1-9. ISBN 9782705687458. Editeurs COUREL Marie-Françoise, TASHPOLAT T. y TALEGHANI M. Editorial HERMANN. Paris. 564p.
- ALVAREZ, G., (1980).
Estudio de la capa acuífera ubicada en la Formación Chasicó -Epiparaniano inferior- en el ámbito de Bahía Blanca.
Informe de Beca de Estudio CIC. 48 pp y anexos. UNS Bahía Blanca. Inédito.
- BONORINO, A. Y CARRICA, J. (1985).
Estudio hidroquímico de las aguas subterráneas del sistema hidrotermal profundo de Bahía Blanca.
Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses. Tandil. Actas: 531-550.
- BONORINO A.G. (1988).
Geohidrología del sistema hidrotermal profundo de la región de Bahía Blanca.
Tesis Doctoral. Inédita, UNS.
- BONORINO A.G., CARRICA, J., ALBOUY R., TORRENTE, H. Y LEXOW, C. (1990).
Plan Integral de Abastecimiento de Agua a Bahía Blanca y Gran Bahía Blanca: Estudio de la provisión de agua mediante extracción de aguas subterráneas.
Convenio MOP-UNS-CIC. Tomo IV: 76pp.
- BONORINO, A. Y CARRICA, J. (1992).
Disminución del rendimiento de los pozos de explotación de agua subterránea del sistema hidrotermal profundo de Bahía Blanca.
I Congreso Hidrogeológico Latinoamericano. Mérida. Venezuela. Compendio de Ponencias: 9-14.
- BONORINO, A.G., ALBOUY, R. Y CARRICA, J., (1997).
Provisión de agua a Bahía Blanca mediante la extracción de aguas subterráneas.
I Congreso Nacional de Hidrogeología. Bahía Blanca. Actas: 77-88 p.
- BONORINO A. G., (2005).
Acuíferos profundos e hidrotermalismo
en Relatorio del XVI Congreso Geol. Argentino. La Plata 2005: 327-346.
- CARRICA, J., ROSSI, S., ALBOUY, R. Y BONORINO, A. G., (1992).
Hidroquímica del agua subterránea del sector pedemontano de la vertiente occidental de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires.
3º Jornadas Geológicas Bonaerenses. La Plata. Actas: 159-164.
- CARRICA, J., (1998).
Hidrogeología de la cuenca del arroyo Napostá Grande, Provincia de Buenos Aires.
Tesis Doctoral. UNS. 215 pp. (Inédita).
- CARRICA J. C. LEXOW, G. BONORINO E I. MORMENEO, (1998).
Aplicación del programa Balshort para el cálculo del balance hidrológico del suelo en parcelas experimentales (Cuenca del Arroyo del Águila, provincia de Buenos Aires, Argentina).
4to. Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Montevideo. Uruguay. Vol (3): 1343-1353.
- CARRICA, J., ALBOUY, R., BONORINO, A., (2003).
Modificaciones hidrodinámicas en el acuífero costero del área de Ing. White.
III Congreso Argentino de Hidrogeología. Rosario. Argentina. 23-26/09/2003. Tomo I: 113-122 ISBN: 950- 673-395-3
- CARRICA, J. Y LEXOW, C. (2005).
Relación entre la desecación del suelo y los fenómenos de subsidencia ocurridos en Ingeniero White, Argentina.
Geoacta 30, 47-56. ISSN 0326- 7237.
- CARRICA, J., ALBOUY R., LEXOW, C., CARRICA, L. Y SILVA, G. (2017)
Delimitación de Perímetros de Protección de la contaminación de los pozos de Explotación de agua subterránea ubicados en las cercanías de Cabildo, Prov. de Buenos Aires.
Congreso PROIMCA-PPRODECA 2017 UTN-FRBB 6 al 8 de septiembre de 2017. Bahía Blanca.
- C.F.I., (2011).
Prefactibilidad de sistematización y aprovechamiento de la cuenca del Río Sauce Chico.
Informe Final Tomo II (inédito) Convenio CFI-UNS. La Plata.

- CUSTODIO, E (2019).
RAEMIA Recarga natural a los acuíferos, metodologías y soporte de la isotopía del agua. Aplicación a la planificación hidrológica y conocimiento de las aguas subterráneas en España.
Universitat politècnica de Catalunya, UPC e- Books. ISBN 978-84-9880-814-8
- DYMAS, (1974).
Contribución al mapa hidrogeológico de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000. Zonas de Bahía Blanca y Nordpatagónica CFI-PBA.
La Plata. (Inédito).
- FIDALGO, F., F.O. DE FRANCESCO Y R. PASCUAL, 1975.
Geología superficial de la llanura bonaerense.
V Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca. Relatorio: 103-138
- FIDALGO F., (1983).
Geología y Geomorfología del área White-Cerri y los alrededores de Bahía Blanca.
Comisión Estudio de Suelos White-Cerri. MOP de la Prov. de Buenos Aires. Informe final. (Inédito). La Plata.
- FOLGUERAS, A., ECHEVERRÍA, M., ZÁRATE, M. Y ESCOSTEGUY, L. (2017).
Hoja Geológica 3963-II Bahía Blanca, Prov. de Bs. As. 1:250.000.
IGRM-SEGEMAR. Bol. N° 425. 96pp.
- FUNS - UNS. (2010)
Estudio hidrogeológico: Factibilidad de explotación de acuíferos profundos área Bajo San José.
Informe inédito, 57 páginas.
- GARCIA, J. Y GALLI, C. (1954).
Informe preliminar acerca de la cuenca hidrogeológica de Bahía Blanca.
Inst. Nacional de Geología y Minería. Carpeta 264 (inédita).
- GARCÍA, J. Y GARCÍA, O.M.E., (1964).
Hidrogeología de la región de Bahía Blanca (Provincias de Buenos Aires y La Pampa) DNGM
Boletín N°96: 1-96, Buenos Aires.
- HERNÁNDEZ, M FILI, M., AUGÉ, M Y CECI, J. (1979).
Geohidrología de los acuíferos profundos de la provincia de Buenos Aires.
IV Congreso Geológico Argentino. Actas 2: 479-500.
- LAFONT, D., ALBOUY, R., CARRICA, J. Y BONORINO. G. (2006).
“Hidroquímica del acuífero libre en el área industrial costera de Bahía Blanca”.
VIII Congreso Latinoamericano de ALHSUD. Del 25 al 29 de septiembre del 2006, Asunción. Paraguay. Memorias pág.51 y en CD.
- LAFONT, D., LEXOW, C., ALBOUY, R. Y CARRICA, J. (2007).
Hidrodinámica de la zona no saturada en el área industrial costera de Bahía Blanca.
V Congreso Argentino de Hidrogeología. Actas: 231-240. ISBN: 978-987-23936-3-2. Paraná, Argentina. 2007.
- LEITAO, T., LIMBOZZI, F., MELO, W. MENDES OLIVEIRA, M., ALBOUY, R. Y CARRICA, J. (2007).
Diagnosis of the reference situation and definition a target situation related to groundwater Bahía Blanca Estuary.
ECOMANAGE: Integrated Ecological Coastal Zone Management System. Deliverable 2.7. Relatorio 237/2007-NAS. Laboratorio Nacional de Engenharia Civil. Ferreira, L., R. de Saldanha Matos, J. Marcovecchio (Eds) Study developed for the European Commission DG Research INCO-CT-2004-003715. Proc. 0607/17/15488. Lisbon.
- LEXOW, C., PERA VALLEJOS, G., TONELLI, S. Y CARRICA, J., (2016).
Dispersión de hidrocarburos disueltos en el acuífero freático a partir de la fase libre no acuosa.
Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. ASAGAI, No37:67-76. ISSN 1851-783.
- MAESTRU, JOSEFINA (2015).
Agua y desarrollo sostenible: Aplicación de los objetos de desarrollo sostenible relacionados con el agua.
La relevancia de la tecnología. Pág 4-11. Monografías del agua, Vol: 3. Ed: “el agua fuente de vida” (2005- 2015): Programa ONU.
- RAFFO, J. T (1904).
Contribución al estudio de la hidrogeología de Bahía Blanca, Buenos Aires.
Tesis Doctoral. Inédita.
- SALA, J., BONORINO, A. Y CARRICA, J. (1985).
Aspectos hidroquímicos del acuífero libre en los alrededores de Ing. White, Provincia de Buenos Aires.
Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses. Tandil. Actas: 505-524.
- SALSO, J. Y GARCÍA, J. (1958)
Estado actual del conocimiento hidrológico de la cuenca artesiana de Bahía Blanca.
Div. Nac. Geol. y Minería. Informe. Año 2 (9): 15-26. Buenos Aires.

UNS -UTN (2009).

Informe Técnico sobre Aspectos Relevantes de la Problemática del Agua en la Región de Bahía Blanca”
Informe final Inédito. 47pp.

WICHMANN, R. (1918).

Geología e Hidrología de Bahía Blanca y sus alrededores, (Provincia de Buenos Aires).
Anales. Dirección General de Geología, Minería e Hidrología, Anales 13(1): 1-67. Buenos Aires.