



## Evaluación preliminar del funcionamiento de la batería de pozos de abastecimiento en Monte Hermoso, Argentina

### Groundwater well pumping fields in Monte Hermoso, Argentina. Preliminary evaluation

Di Martino, Claudina <sup>1-2</sup>✉ - Cifuentes, Olga <sup>1</sup> - Albouy, René <sup>1-2</sup> - Marcos, Angel <sup>2</sup> - Caló, Jorge <sup>2</sup>

Recibido: 24 de Julio de 2012 • Aceptado: 28 de Diciembre de 2012

#### Resumen

*La localidad de Monte Hermoso utiliza únicamente el recurso hídrico subterráneo para el abastecimiento de agua potable. Presenta una marcada estacionalidad turística, y una mayor demanda de agua durante el verano que en la actualidad equivale a la capacidad máxima de bombeo.*

*La evaluación preliminar del funcionamiento de la batería de pozos de abastecimiento de agua potable se realiza estudiando los parámetros hidráulicos del acuífero a fin de determinar los radios de influencia de los pozos para analizar probables efectos de interferencia entre conos de bombeo que provocan una merma en el rendimiento específico y tornan ineficiente el sistema de abastecimiento. El método de trabajo consistió fundamentalmente en el análisis de información antecedente, la interpretación de ensayos de bombeo y la aplicación de fórmulas teóricas de la hidráulica de las captaciones de agua subterránea. Los resultados indican, para un espesor saturado de 18 m, una transmisividad media de unos 100 m<sup>2</sup>/d y radios de influencia en el orden de 50 m. Se concluye que si bien la mayoría de los pozos tienen una separación acorde a la distancia óptima calculada, se determina la superposición de conos de bombeo entre 18 de ellos. Se señala que es imprescindible cuantificar el recurso hídrico subterráneo para efectuar un aprovechamiento racional-sustentable del mismo. Además se advierte sobre la necesidad de estudio de los principales focos de contaminación directa al acuífero como lo son la disposición final de residuos sólidos urbanos, las lagunas de estabilización de líquidos cloacales así como de los eventuales procesos de intrusión marina inducidos por explotación.*

**Palabras clave:** agua subterránea - campos de bombeo - evaluación - Monte Hermoso

1. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca. 11 de abril 461, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

2. Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

✉ claudinadimartino@hotmail.com

## Abstract

Monte Hermoso city drinking water supply comes from groundwater resources only. It has a marked seasonal increase in water demand due to summer tourism, which equals the maximum pumping capacity of the exploiting wells. In order to assess the specific yield performance and the efficiency of the supply system, the interference effects between pumping cones are analyzed. This analysis is carried on by studying the aquifer hydraulic parameters to determine the radius of influence of wells. The working method consisted essentially in the analysis of background information, the interpretation of pumping tests and the application of theoretical equations of well hydraulics. For a saturated thickness of 18 m, the results indicate an average transmissivity of about 100 m<sup>2</sup>/d and an influence radii of about 50 m. It is concluded that while most of the wells are spaced according to the calculated optimal distance, 18 of them have overlapping pumping cones. Thus, it is essential to quantify the groundwater resource in order to make its rational and sustainable use. It also warns of the need to study the main sources of direct contamination to the aquifer such as the disposal of municipal solid waste, sewage stabilization ponds and potential saltwater intrusion processes induced by exploitation of the aquifer.

**Keywords:** groundwater - pumping fields - evaluation - Monte Hermoso

## INTRODUCCIÓN

Monte Hermoso se encuentra ubicada sobre la costa Atlántica, en el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1). Cuenta con 6.494 habitantes (INDEC, 2010), y los registros de los tres últimos censos muestran una tendencia creciente en la población estable. En temporada estival, se estima que pernoctan en Monte Hermoso unas 70.000 personas (Caruso et al., 2010).

Por su condición turística presenta una marcada estacionalidad y por lo tanto un aumento considerable en la demanda de agua durante los meses de Enero y Febrero. Esto hace que los caudales utilizados en la actualidad en temporada estival equivalgan a la capacidad máxima de bombeo instalada. Según el método de Tasa Geométrica Decreciente propuesto por el Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA) en base a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), la población estable alcanzaría en el año 2050 los 14.882 habitantes (Di Martino, 2012) y la proyección de la demanda de agua muestra para ese año un valor cercano al máximo de capacidad de extracción de los pozos actuales.

Dado que el servicio de agua potable utiliza únicamente el recurso subterráneo para el abastecimiento, surge la necesidad por parte del Municipio (actual prestador del servicio) de organizar el funcionamiento de los pozos existentes para lograr un uso más eficiente, incorporar nuevos si fuera necesario e incentivar a la población al uso racional del agua.

Considerando que se trata de una zona costera se debe tener en cuenta que la sobreexplotación de los pozos en momentos de mayor demanda podría traer aparejado problemas de salinización del agua extraída para consumo.

El objetivo del estudio es la evaluación preliminar del funcionamiento de la batería de pozos de abastecimiento de agua potable con la finalidad de conocer las características hidráulicas del acuífero y calcular los radios efectivos de cada pozo. La interferencia de los conos de depresión de bombeo implica una merma en el rendimiento, por lo que su conocimiento permitirá coordinar la operación para maximizar su eficiencia e incluso disminuir los requisitos energéticos, lo que contribuirá a una gestión sustentable del recurso.

## UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Monte Hermoso es una localidad turística al sur de la Provincia de Buenos Aires, ubicada geográficamente a los

38° 59' 33" de latitud Sur y a 61° 15' 55" longitud Oeste. Limita al Sur con el Océano Atlántico, al Norte y al Este con el Partido de Coronel Dorrego y al Oeste con el Partido de Coronel de Marina Leonardo Rosales, siendo ciudad cabecera del Partido de Monte Hermoso (Figura 1).

Se observan dos ambientes geomorfológicos diferenciables, al Norte del Río Sauce Grande se desarrolla una amplia llanura, con suave declive hacia el Sur que se encuentra surcada por cursos de agua permanentes, comúnmente asociados a zonas anegadizas. Al Sur del Río Sauce Grande, y hasta el mar, se desarrolla un importante cordón costero litoral, constituido por dunas de arena pertenecientes a tres ciclos sedimentarios definidos con un ancho promedio de 5 km y alturas que no superan los 25 m. Sobre el cordón costero litoral se halla emplazada la localidad de Monte Hermoso.

El promedio anual de lluvias es de 656.8 mm, siendo Marzo y Abril los meses más lluviosos y Junio, Julio y Agosto con menores precipitaciones (Caruso et al. 2010). La humedad relativa promedio es de 73%. La recarga del acuífero en el área de estudio, ocurre en forma natural, a partir principalmente de la infiltración de agua de lluvia en el suelo.

## GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

En el subsuelo del área de estudio han sido identificados los denominados genéricamente "sedimentos pampeanos" de edad correspondiente al Plioceno medio a superior (Fidalgo et al., 1975) (Figura 2).

Se trata de sedimentos de naturaleza loésica, castaños con tonalidades amarillentas a rojizas, que tienen amplia distribución regional y un considerable espesor, que puede llegar en el ambiente de la llanura pampeana hasta 200 m. Están compuestos principalmente por limos arenosos con cemento de carbonato de calcio, el cual se presenta como concreciones calcáreas o formas mantiformes (tosca). Hacia el Norte del área de estudio esta unidad geológica aflora o está cubierta por sedimentos eólicos "pospampeanos" sobre los que han evolucionado los suelos actuales. En dirección al mar y dentro del área de estudio, están cubiertos por un depósito marino inominado, compuesto por arenas de playa, con restos de conchillas y cemento calcáreo. Un nivel sedimentario similar fue reconocido por Aliotta et al. (1987) en el área costera de Bahía Blanca y adjudicado al Holoceno. La secuencia sedimentaria culmina con las dunas y médanos correspondientes a la Formación Punta Médanos del Holoceno Tardío (CFI, 1990 en Santa Cruz y Silva Busso, 1999).



Figura 1. Ubicación del partido de Monte Hermoso en la Provincia de Buenos Aires, República Argentina. (Google Earth)

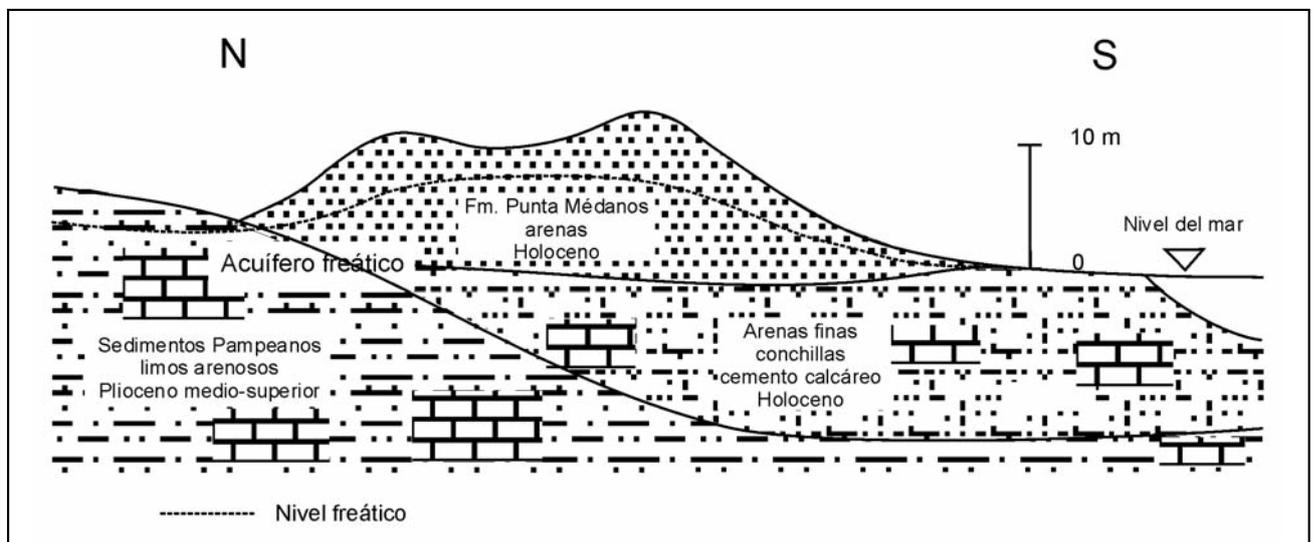


Figura 2. Bosquejo litoestratigráfico e hidrogeológico del área de estudio.

La misma está integrada por arenas cuarzosas amarillentas, de granulometría media a fina, y conforman el cordón arenoso costanero o faja medanosa de la provincia de Buenos Aires que alcanza una extensión de alrededor de 600 km de costa atlántica y tiene un ancho variable que promedia los 3 km. Estas dunas, representan el relicto arenoso generado por

la acción del mar sobre los sedimentos pampeanos y sometidos posteriormente a la acción del viento (Auge, 2004). Desde un punto de vista hidrogeológico el sector de estudio forma parte de la denominada Subregión Médanos Costeros (Santa Cruz y Silva Busso, 1999) o Región Costera (Auge, 2004; González, 2005) ( Ver Cuadro estratigráfico e hidroestratigráfico).

**Cuadro estratigráfico e hidroestratigráfico de la Subregión Hidrogeológica Médanos Costeros**  
(Extraído de Santa Cruz y Silva Busso, 1999)

Estratigrafía	Hidroestratigrafía	Acuíferos principales
Formación Punta Médanos	Epiparaneano	Acuífero libre costero
Sedimentos Pampeanos	Epiparaneano	Acuífero Pampeano
Sedimentos Pampeanos (Araucano)	Epiparaneano	Acuitardo
Formación Paraná	Paraneano	Acuífero Paraná?
Formación Olivos?	Hipoparaneano	Acuitardo
Basamento Cristalino	Basamento Hidrogeológico	Acuífugo

Estos autores diferencian y describen distintas Regiones Hidrogeológicas haciendo referencia a ambientes que presentan características o comportamientos distintivos en relación a sus aguas subterráneas. La Región Costera se extiende como una delgada faja, de unos 2600 km<sup>2</sup>, coincidentes con los alineamientos de dunas costeras que se desarrollan desde la Punta Norte del Cabo San Antonio hasta Santa Clara del Mar y desde Chapadmalal hasta casi Punta Alta.

En Monte Hermoso el acuífero libre está alojado, en los sedimentos arenosos de la Formación Punta Médanos y en la porción superior de los sedimentos pampeanos subyacentes. El acuífero forma parte de la denominada Sección Hidroestratigráfica Epiparaneana (*DYMAS, 1974e*).

Las dunas y unidades arenosas, poseen altas permeabilidad y porosidad efectiva, debido a la arena suelta y bien seleccionada que las componen (*Auge, 2004*). Son frecuentes en este tipo de materiales conductividades hidráulicas promedio entre 1 m/d (arena fina) hasta 10 m/d (mezcla de arena fina-gruesa) y porosidad eficaz media en el orden del 20 % (*Custodio y Llamas, 1983*). Sus características hidráulicas otorgan gran capacidad de absorción frente a la lluvia, aún en aquellos sitios donde han sido fijadas por vegetación artificial (San Bernardo, Pinar, Villa Gesell, Monte Hermoso). En efecto, la presencia de estos médanos costeros favorecen la rápida infiltración del agua de lluvia y su incorporación a la zona saturada (recarga) por lo que constituyen excelentes almacenes de agua.

Desde un punto de vista hidrodinámico, el mapa isofreático regional de la porción sur de la provincia de Buenos Aires (*Sala, 1975*) muestra la configuración de la superficie piezométrica del acuífero libre y pone de manifiesto una tendencia general de circulación en dirección NNO-SSE hacia el mar, que constituye el nivel de base o de descarga final de todo el escurrimiento superficial y subterráneo regional. En los médanos y dunas puede originarse un sistema de flujo local superpuesto al regional, producto de la recarga por agua de lluvia y su circulación a los sectores de descarga. Dentro de este esquema hidrodinámico pueden originarse "domos" con flujos subterráneos divergentes (hacia el continente y hacia el mar).

En el caso particular de los acuíferos libres costeros, el flujo del agua subterránea origina un estado de equilibrio entre el agua subterránea dulce procedente del continente y el agua subterránea salada del mar. Como el agua de mar es más densa que el agua dulce, forma en el acuífero una cuña de agua salada debajo del agua dulce. Si se bombea cerca de la costa, se induce un gradiente negativo hacia el interior que provocará la entrada del agua de mar al acuífero, hasta que en cierto momento los pozos extraen una mezcla que incluye agua de mar. Una excesiva explotación del recurso puede llegar a inutilizarlo a causa de la salinización.

## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Actualmente la gestión del servicio de agua corriente de la localidad de Monte Hermoso está a cargo del Municipio y la cobertura del sistema de abastecimiento de agua coincide con la del servicio cloacal, que cubre aproximadamente el 66 % de las partidas.

La extracción de agua subterránea se realiza mediante 51 perforaciones de las cuales 25 corresponden a la planta de agua localizada al norte de la ciudad, 10 están ubicadas en la zona del Pinar al NE de la localidad y las 16 restantes están distribuidas en el sector urbano (Figura 1). Los pozos alcanzan una profundidad que varía entre los 20 y 30 m con una producción promedio de cada uno de 20 m<sup>3</sup>/h.

En temporada alta se utilizan la totalidad de los pozos en estado operativo tanto de la planta de agua como de planta urbana. Los mismos son operados en forma manual y se ponen en funcionamiento a requerimiento de la demanda, y su régimen es continuo durante las 24 h. De los pozos del Pinar siete se ponen en marcha mientras los tres restantes se activan solo ante alguna emergencia. En temporada baja solamente se abastece a la población estable, mediante la utilización de 20 pozos de la zona urbana y de la planta de agua.

La energía eléctrica para el funcionamiento de los pozos de bombeo es suministrada por una cooperativa, que cuenta con una única línea eléctrica que se ha explotado durante más de 30 años, sobre la cual se está trabajando para evitar los recurrentes problemas en los meses de verano.

El sistema de abastecimiento de la ciudad de Monte Hermoso, no cuenta con caudalímetro ni medidores domiciliarios, por lo que los valores de los caudales utilizados surgen del valor promedio estimado del rendimiento de las bombas (20 m<sup>3</sup>/h). Se asume que las dotaciones aparentes, varían de acuerdo a la temporada del año entre dotaciones de temporada baja (población estable) y dotaciones de meses pico (población estable + población turística que pernocta). Se estima que en temporada estival pernoctan en Monte Hermoso unas 70.000 personas (*Caruso et al., 2010*) y la dotación diaria de agua ronda los 340 litros por habitante (1) en el orden a la demanda urbana promedio para agua potable.

$$D_{\text{pico}} = 24.480 \text{ m}^3/\text{d} / 70.000 \text{ hab.} = 0,34 \text{ m}^3/\text{hab.día} \quad (1)$$

A partir de las proyecciones de la población estival se estimó la demanda de agua durante el verano hasta el año 2050 (Tabla 1). De los datos obtenidos se desprende que en el año 2020 la misma superará el máximo caudal extraíble de los 51 pozos funcionando las 24 horas (24.480 m<sup>3</sup>/día). Respecto a la demanda de agua de la población estable puede indicarse que incluso hasta el año 2050 no habrá problemas de abastecimiento en temporada baja (*Di Martino, 2012*).

Tabla 1. Proyección de la demanda de agua en temporada estival o alta.

Año	Población estival Hab.	Destival m <sup>3</sup> /hab.día	Demanda de población estival m <sup>3</sup> /día	Capacidad máx.bombeo actual m <sup>3</sup> /día
2020	86.132	0,349	30.060	24.480
2030	105.978	0,349	36.986	24.480
2040	130.394	0,349	45.507	24.480
2050	160.427	0,349	55.989	24.480

### Metodología utilizada

Se realizó el relevamiento de la información preexistente, y se realizaron entrevistas a funcionarios calificados del Departamento de Obras Sanitarias y personal técnico del Municipio de Monte Hermoso, con el fin de obtener información sobre el servicio de agua potable. Se geoposicionaron los pozos de captación y puntos singulares (tanque de abastecimiento, basural, planta depuradora, otros) mediante la utilización de un GPS (Global Positioning System). Los datos fueron descargados en el programa Google Earth, mediante el cual se realizó el mapa correspondiente a la Figura 1.

Para la determinación de los parámetros hidráulicos del acuífero se utilizaron los datos obtenidos mediante dos ensayos de bombeo realizados por la Administración General de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires (AGOSBA) en 1990. Los mismos se procesaron con el método de *Neuman (1975)* basado en los supuestos clásicos de *Boulton (en Custodio y Llamas, 1983)* mediante el programa *Aquifer Test (Waterloo Hydrogeologic, Inc., 1996)*. Se estimaron los radios de influencia de los pozos con el apoyo de la documentación técnica existente y mediante la utilización de fundamentos teóricos de hidráulica de captaciones de agua subterránea (*Custodio y Llamas, 1983; Driscoll, 1986*). A partir de la proyección demográfica para la población estable y estival de Monte Hermoso hasta el año 2050 (*Di Martino, 2012*), se realizó en función de las dotaciones correspondientes, la proyección de la demanda de agua para ambas poblaciones. La cartografía realizada, que incluye el geoposicionamiento de todos los pozos de bombeo, permitirá avanzar posteriormente con otras cartas temáticas referidas a datos de vulnerabilidad del acuífero, geología del área, hidrogeología, presencia de eventuales focos de contaminación como el basural a cielo abierto, lagunas de estabilización para el tratamiento de efluentes cloacales, pozos sépticos y otras actividades que se consideren de interés.

### Parámetros hidráulicos del acuífero y radio de influencia de los pozos de bombeo

Se analizaron las pruebas de bombeo a caudal constante llevadas a cabo en el acuífero por *AGOSBA (1990)* con fines de la implementación del servicio de agua corriente a la localidad. Razones de operatividad de los pozos imposibilitaron efectuar mediciones directas en el campo por lo que la información antecedente es la única disponible para evaluar el funcionamiento

de la batería. De acuerdo a esta documentación, en el ambiente del cordón costero litoral, lugar donde se emplaza el campo de bombeo estudiado, el perfil estratigráfico típico está representado por una secuencia litológica que desde la superficie y hasta una profundidad de entre 8 y 10 m está integrada por arenas eólicas sueltas, cuarzosas y claras. Por debajo y hasta los 20 m aproximadamente, aparecen depósitos de playa constituidos por arenas cuarzosas oscuras con abundantes mafitos y restos de conchillas siendo comunes también niveles con cementación calcárea. Subyaciendo a las anteriores se encuentran los “sedimentos pampeanos” constituidos por arenas finas y arcillas. La información litológica y otra aportada por prospección geoelectrónica (*AGOSBA, 1990*) permitieron definir que las mejores condiciones hidrogeológicas se desarrollan hasta una profundidad del orden a los 25 m a partir de la cual se verificaría un aumento de la salinidad del agua y/o cambios sedimentológicos hacia granulometrías más finas. Los 8 pozos analizados alcanzan los 21 m de profundidad explotando niveles francamente arenosos y en algunos casos la porción superior de los “sedimentos pampeanos”.

Las mediciones efectuadas y documentadas indican que los caudales característicos (relación entre el caudal erogado por un pozo por cada metro de depresión) arrojan valores que oscilan entre 2,60 y 4,70 m<sup>3</sup>/h/m, con valores medios de 3,40 m<sup>3</sup>/h/m. De acuerdo a las formulaciones teóricas de la hidráulica de pozos existe una relación entre la transmisividad del acuífero (T) y el caudal específico (q), que para pozos de pequeño diámetro se expresa como (*Galofré, 1966 en Custodio y Llamas, 1983*):

$$T = 1,4 q \quad (2)$$

Donde: T = Transmisividad  
q = caudal específico

Esta fórmula permite calcular un valor de transmisividad promedio de unos 110 m<sup>2</sup>/d compatible con las magnitudes obtenidas mediante la interpretación de pruebas de bombeo llevadas a cabo en el acuífero. Tales ensayos se ejecutaron en dos pozos que componen la batería de extracción a un caudal constante de 22 m<sup>3</sup>/h y 23 m<sup>3</sup>/h respectivamente. Los descensos se midieron en sendos pozos de observación ubicados a 12,6 m y 16,5 m de los respectivos pozos de bombeo (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los pozos ensayados y descensos observados.

	Diámetro del pozo (pulgadas)	Fondo del pozo (mbbp)	Caudal constante (m <sup>3</sup> /h)	Distancia pozo de bombeo al pozo de observación (m)	Duración del ensayo (minutos)	Nivel estático (mbbp)	Descenso acumulado al final del ensayo en el pozo de observación (m)
Pozo de bombeo 8SPA	6	20	22	12,6	1270	3,32	0,565
Pozo de bombeo 13PA	6	20	23	16,5	1560	1,60	1,05

Las Figuras 3 y 4 muestran las curvas (log s - log t) para aplicar el método de coincidencia con las curvas tipo para bombeo en acuífero con drenaje diferido también designado como efecto de goteo vertical (Villanueva e Iglesias, 1984). Este concepto, característico de acuíferos libres, se debe, en esencia, a un retardo en el drenaje gravitacional del agua tomada del almacenamiento. En general, el drenaje por gravedad será tanto más lento, cuanto más estratificado esté el acuífero y más fina sea la granulometría del mismo (Custodio y LLamas, 1983). Ensayos hidráulicos en acuífero libre con drenaje diferido pero en materiales predominantemente limosos han sido reportados por Albouy et al. (2005) y Albouy y Castro (2008). En el caso aquí analizado podría vincularse el retardo en la liberación del agua gravífica a la presencia frecuente de niveles con cemento carbonático en los sedimentos.

Las curvas experimentales de descensos-tiempo muestran un primer tramo en el que teóricamente es posible calcular la transmisividad (T) aplicando el método de coincidencia de curvas de Theis. Sin embargo puede comprobarse que es imposible lograr un ajuste con el segundo tramo, que se visualiza en los gráficos log s - log t por la evolución casi horizontal, en el que el aporte diferido de agua por drenaje gravitacional empieza a manifestarse.

Los valores de transmisividad obtenidos son de 160 m<sup>2</sup>/d (pozo 8PA) y 43 m<sup>2</sup>/d (pozo 13PA) lo que permite calcular conductividades hidráulicas de 9,5 m/d y 2,3 m/d respectivamente, valores típicos de mezcla de arena o arena fina; ambos ensayos permiten cuantificar el coeficiente de almacenamiento o porosidad efectiva en torno a 0,2 valor medio más frecuente en arenas finas (Driscoll, 1986, en Custodio y LLamas, 1983).

El cálculo de los respectivos índices de retraso (1/α) y la utilización de la gráfica de determinación del mismo en función

del material que es drenado, (Custodio y LLamas, 1983) permitió comprobar que dichos índices toman valores propios de la arena fina a muy fina. Asimismo esta afirmación se corrobora con los valores indicados para los mismos materiales por Villanueva e Iglesias (1984).

El drenaje diferido impide analizar los datos de recuperación de los pozos (Custodio y LLamas, 1983) pues los pozos vaciados deben llenarse nuevamente y puede haber un retraso si el aire no se expulsa inmediatamente.

Una estimación del radio efectivo o de influencia (R) de un pozo de bombeo puede hacerse aplicando la fórmula general de Thiem para condiciones de equilibrio en régimen permanente. (Custodio y LLamas, 1983):

$$T = 0,366 \text{ Q/s} * \log R/r \quad (3)$$

Donde:

T = transmisividad (m<sup>2</sup>/d)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/d)

s = descenso del nivel a la distancia r (m)

R = radio de influencia (m)

r = distancia pozo de bombeo - pozo de observación (m)

Al analizar los descensos verificados en los pozos de observación durante los ensayos a caudal constante, puede aproximarse la magnitud del radio de influencia admitiendo:

S<sub>8PA</sub> = 0,56 m ; r<sub>8PA</sub> = 12,6 m ; Q = 528 m<sup>3</sup>/d ; T = 160 m<sup>2</sup>/d ; R<sub>8PA</sub> = 36,6 m  
 S<sub>13PA</sub> = 1,05 m ; r<sub>13PA</sub> = 16,5 m ; Q = 552 m<sup>3</sup>/d ; T = 43 m<sup>2</sup>/d ; R<sub>13PA</sub> = 27,6 m

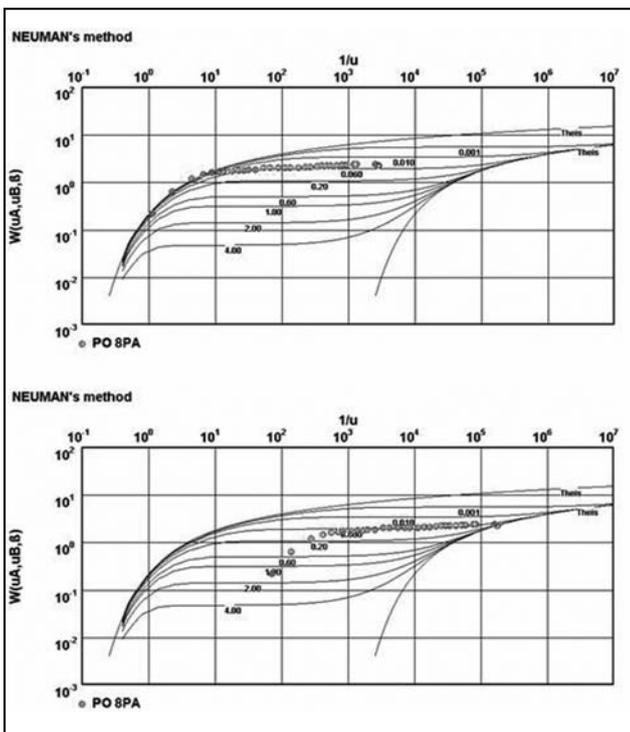


Figura 3. Pozo 8PA. Método de coincidencia de curvas en acuífero libre con drenaje diferido.

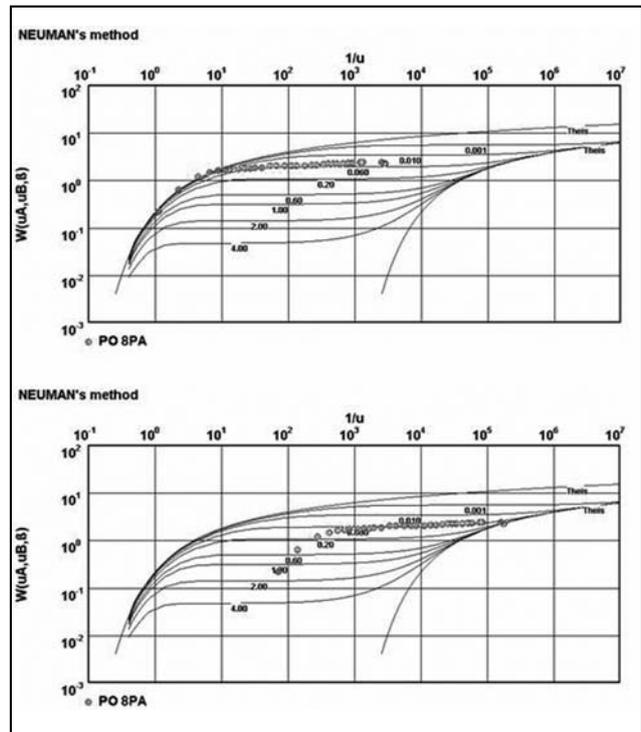


Figura 4. Pozo 13PA. Método de coincidencia de curvas en acuífero libre con drenaje diferido.

Se obtienen así valores teóricos de R entre 36 y 27,6 m. De acuerdo a este razonamiento, considerando el radio del pozo de bombeo 8PA (0,0762 m), el descenso teórico en el mismo sería de 3,2 m y el R resultante de 34 m. De acuerdo a la información de campo el descenso teórico en el pozo de bombeo 13PA sería de 12 m donde resultaría un  $R = 27$  m.

El R no depende del caudal de bombeo sino de los parámetros hidráulicos del acuífero tales como la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento (en un acuífero libre igual a la porosidad eficaz  $m_e$ ). El cálculo de R para cada pozo, al final del ensayo de bombeo, mediante la fórmula que expresa la variación del radio de influencia con el tiempo  $t$  da valores similares a los obtenidos con la formulación de Thiem, resultando 39,7 m (8PA) y 22,8 m (13PA).

$$R = 1,5 (Tt/S)^{1/2} \quad (4)$$

Dónde:

R = radio de influencia (m)

T = transmisividad ( $m^2/d$ )

S = coeficiente de almacenamiento

t = tiempo de bombeo (días)

De acuerdo a las valoraciones hechas de los parámetros hidráulicos y siguiendo la fórmula anterior, si se admite ahora como valor medio una transmisividad en el orden a los 100  $m^2/d$  y una porosidad efectiva de 0,2 luego de 72 horas de bombeo, a un caudal constante Q, el radio efectivo alcanzaría los 58 m (se acepta en la práctica que luego de 72 horas de bombeo se alcanza un régimen estacionario).

Las magnitudes calculadas de los radios de influencia están en el rango de valores admitidos para los acuíferos libres, en los que suele variar entre 10 y 500 m (Custodio y Llamas, 1983). La superposición e interferencia de los conos de abatimiento

de pozos de bombeo, provoca un aumento de los descensos y una disminución del caudal específico, en tanto y en cuanto los mismos no estén separados una distancia teórica  $d = 2 R$ .

Por lo expuesto el radio efectivo de cada pozo, puede asumirse, con criterio racional, en el orden a los 50 m. Así la distancia óptima entre pozos, y a efectos de anular o minimizar la interferencia entre ellos, puede establecerse en 100 m. Admitiendo una distancia óptima  $d = 2 R = 100$  m y extrapolando un círculo de igual radio (50 m) con centro en cada pozo de la batería, quedan definidos los pozos cuyos radios se superponen. En los pozos del sector A y del sector B de la Figura 1, se observa superposición de radios del pozo 22PA con los del 23PA y 25PA, y del 24PA con el 23PA (Figura 5). También del pozo 2PA con el 1PA y 3PA (Figura 6). Además se observaron las siguientes superposiciones: 18PA y 19PA; 11PA con 21PA y 10PA; 5PA con 7PA y 6PA; 2P con 3P y 4P.

Así y con miras a implementar un uso más eficiente del sistema de extracción, pueden identificarse los pozos que, funcionando alternativamente, evitarían efectos indeseables de merma en su caudal específico.

La mayoría de los pozos del campo de bombeo han sido emplazados a una distancia entre sí acorde a la separación óptima admitida en este trabajo. Sin embargo, un funcionamiento simultáneo y continuo en el tiempo de todos los pozos (como en épocas pico de extracción de agua) podría puntualmente reducir el espesor saturado y por lo tanto la transmisividad induciendo mayores descensos de los niveles de agua o una merma en el caudal de extracción de algunos pozos. Otra circunstancia que debe tenerse en cuenta son los eventuales cambios litológicos locales o heterogeneidades de los sedimentos del acuífero, que modifican sus propiedades hidráulicas y por lo tanto también su productividad.

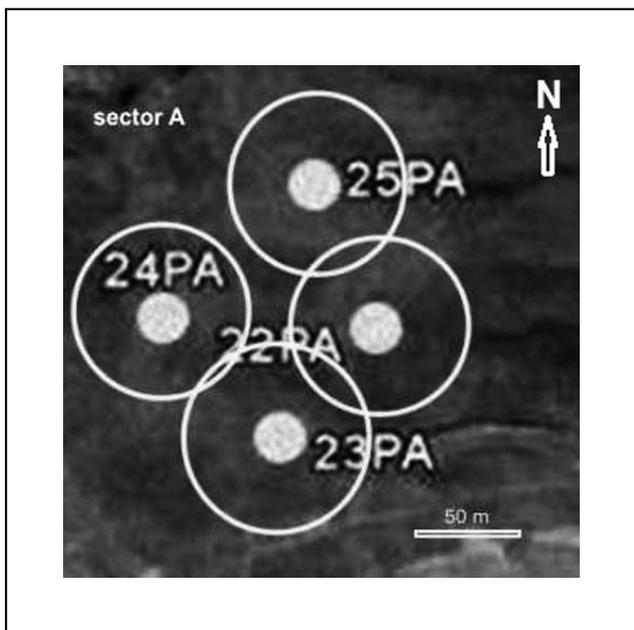


Figura 5. Efectos de bombeo sector A.

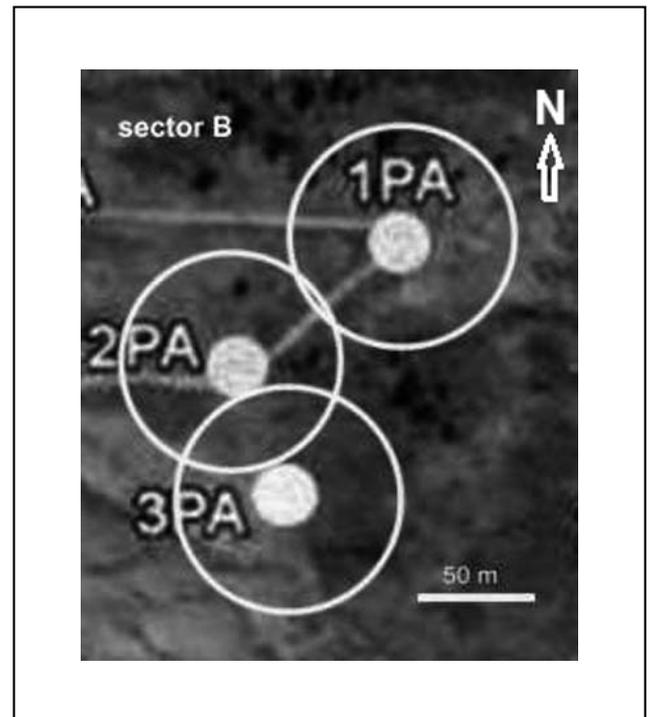


Figura 6. Efectos de bombeo sector B.

## CONCLUSIONES

Si bien el Municipio de Monte Hermoso está llevando a cabo obras e inversiones necesarias y fundamentales para un desarrollo sustentable del recurso, es necesario un estudio exhaustivo para determinar y guiar las acciones a seguir para una óptima y correcta gestión del recurso hídrico, fundamental para su progreso y desarrollo.

Las comprobaciones efectuadas, mediante el análisis de los datos de bombeo, indican un funcionamiento del acuífero como libre con drenaje diferido. Puede postularse que tal comportamiento hidráulico se debería a la presencia de materiales más finos intercalados en la parte superior de la secuencia, así como a la presencia de niveles con cemento carbonático descritos en la bibliografía. La interpretación mediante esta metodología arroja resultados aceptables y ha provisto de una solución técnica y coherente en la valoración de los parámetros hidráulicos del acuífero.

De acuerdo a las comprobaciones efectuadas en base los conceptos teóricos de la hidráulica de pozos, aquellos pozos que se vayan a construir en el acuífero deberían estar distanciados entre sí unos 100 m para evitar efectos de superposición e interferencia. La separación de los pozos ya emplazados en el acuífero guarda, en general, una disposición espacial acorde a la distancia óptima entre ellos, aunque en algunos se verifican efectos de superposición. Por lo tanto, cuando las razones de demanda y operatividad del servicio lo permitan, debiera evitarse la extracción simultánea de agua en los pozos más próximos entre sí e implementar una puesta en funcionamiento que contemple alternar la extracción de agua activando las perforaciones más distanciadas.

Será necesario además, para acompañar el aumento de la demanda futura de agua, construir nuevos pozos en otras

áreas con similares condiciones hidrogeológicas que las ya habilitadas para la explotación, teniendo en cuenta las distancias óptimas calculadas en este trabajo para la ubicación de los pozos. En este marco es imprescindible cuantificar el recurso disponible para llevar a cabo un aprovechamiento racional y sustentable del mismo ya que conocer qué es lo que se tiene en cantidad y calidad, es la única forma de poder gestionar de manera sustentable la fuente de abastecimiento.

Además deberá considerarse para la realización de nuevas perforaciones la ubicación del basural y las lagunas de estabilización al norte de la ciudad, teniendo en cuenta que la dirección del flujo regional del agua subterránea es NNO-SSE, y los contaminantes que por lixiviación alcanzaran la capa freática podrían ser transportados por el agua subterránea atravesando la ciudad poniendo en riesgo las perforaciones de extracción de agua para consumo u otros usos que se encuentren aguas abajo. Al encontrarse los pozos cercanos al mar, la sobreexplotación de los mismos por el aumento de la demanda de agua ocasionada por la población turística durante los meses de verano, podría traer aparejado problemas de salinización de las aguas extraídas para consumo.

## AGRADECIMIENTOS

El Proyecto de Investigación "Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires, República Argentina," se realiza mediante el apoyo financiero de la Beca Bicentenario de Investigación y Posgrado Convocatoria 2011 para formación de Magíster (Resolución CS Nº 8/2). Un especial agradecimiento al Municipio de Monte Hermoso por su apoyo financiero y su colaboración en la búsqueda de la información requerida y el apoyo en las tareas de campo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

AGOSBA, 1990.

Evaluación de la batería de pozos de agua de la localidad de Monte Hermoso con fines de implementación del servicio de agua corriente.

*Administración General de Obras Sanitarias. Provincia de Buenos Aires. Informe interno. 16 Pág. y anexos (inédito).*

ALBOUY, R., J. CARRICA Y G. BONORINO, 2005.

Identificación y análisis del fenómeno del drenaje diferido en sedimentos pampeanos. Cuenca del Arroyo Napostá Chico, provincia de Buenos Aires.

*IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Actas I:259-268. ISBN 950-665- 346-1.*

ALBOUY, R. Y E. CASTRO, 2008.

Drenaje diferido en sedimentos pampeanos. Análisis de ensayos de bombeo.

*IX Congreso Latinoamericano de Hidrogeología. Quito, Ecuador. Trabajo Completo en CD.*

ALIOTTA, S., E. FARINATTI Y S. GINSBERG, 1987.

Un nivel conchilífero en el subsuelo de Ingeniero White, provincia de Buenos Aires, Argentina.

*X Congreso Geológico Argentino. Actas I: 123-127. San Miguel de Tucumán.*

AUGE, M., 2004.

Regiones Hidrogeológicas.

*República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fé. La Plata.*

CARUSO, M., O. CIFUENTES Y M. VAQUERO, 2010.

Impacto del Turismo sobre los Servicios de Agua Corriente y Desagües Domiciliarios.

Estudio de caso: Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires.

*En IV Congreso Latinoamericano de Investigación Turística. Eje Temático: Espacio Turístico y Medio Ambiente.*

*Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.*

- CUSTODIO, E. y R. LLAMAS, 1983.  
Hidrología subterránea.  
*Segunda Edición Corregida. Tomo I. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 1166 pp.*
- DI MARTINO, C. 2012.  
Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de la ciudad de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.  
*Memoria Técnica N°1. Municipio Monte Hermoso. 28pp.*
- DYMAS, 1974e.  
Contribución al mapa geohidrológico de la provincia de Buenos Aires.  
*Escala 1;500.000. DYMAS (CFI-PBA), La Plata, Inédito.*
- DRISCOLL, F. G., 1986.  
Groundwater and wells. Second Edition.  
*Published by Johnson Division, St. Paul, Minnesota. 1089 pág.*
- ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO, 2003.  
Capítulo 2: Estudios preliminares para el diseño de las obras.
- FIDALGO, F., DE FRANCESCO, F. Y PASCUAL, R., 1975.  
Geología superficial de la llanura bonaerense.  
*VI Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 103-138. Bahía Blanca, Argentina.*
- GONZALEZ, 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, AGA, XXII : 359-374. La Plata.*
- NEUMAN, S. P., 1975.  
Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response.  
*Water Resources Research, vol 11(2):329-342.*
- SALA, J. M., 1975.  
Recursos hídricos (Especial mención de las aguas subterráneas).  
*VI Congreso Geológico Argentino. Relatorio Geología de la provincia de Buenos Aires: 169-193. Buenos Aires, Argentina.*
- SANTA CRUZ, J. y A. SILVA BUSSO, 1999.  
Escenario Hidrogeológico General de los Principales Acuíferos de la Llanura Pampeana y Mesopotamia Septentrional, Argentina. 461-471  
*en: II Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales en Hidrología Subterránea. San Miguel de Tucumán, Tucumán.*
- VILLANUEVA, M. y A. IGLESIAS, 1984.  
Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo.  
*IGME, Madrid, 426 pp.*
- WATERLOO HYDROGEOLOGIC, INC., 1996.  
Aquifer Test. version 2.57 .The intuitive Aquifer Analysis Package.  
*Waterloo Hydrogeologic, Inc., Ontario, Canada.*