

## ¿Son una alternativa real y segura las captaciones poco profundas?

### 1. INTRODUCCIÓN

Las captaciones someras destinados a la explotación de aguas subterráneas constituyen uno de los tipos de captación más antiguos y aún existen en operaciones obras que fueron construidas hace mas de dos milenios.

Los Kanats, construidos en la Mesopotamia, antes de la Era Cristiana, son en la actualidad fuente fundamental de suministro de aguas subterráneas tanto para fines potables y especialmente para el regadío de extensas áreas. De acuerdo con un artículo publicado en *Scientific American*, la suma de la extensión de los Kanats construidos en esa parte del mundo, es el equivalente a cinco veces el perímetro de la Tierra. La razón de tan alto desarrollo de captaciones poco profundas tan antiguas se encuentra en lo sencillo de su construcción y, más probablemente, en la existencia de mano de obra muy barata.

Las captaciones someras son tanto o más importantes que las del tipo pozo profundo, aunque la generalidad pudiera pensar algo distinto. De hecho en Chile hay mas norias que pozos profundos y algunas norias rinden caudales del mismo orden de magnitud que los mejores pozos profundos.

A partir de la década de los 50 se inicia en Chile un fuerte desarrollo de la captación de aguas subterráneas mediante la tecnología de pozos profundos, debido, en parte, a la llegada al país de máquinas perforadoras del tipo percusión por cable. Sin embargo, las captaciones más grandes de Chile no son pozos profundos, son captaciones que captan agua en acuíferos freáticos. Me refiero específicamente a la Galería de Las Vegas de propiedad de ESVAL S.A. cuya producción supera los 1.500 l/s y a la captación de la Fábrica de Celulosa Laja de la CMPC que proporciona un caudal en el entorno de los 1.200 l/s.

Como contrapartida no hay pozos profundos que, en las pruebas de bombeo hechas al término de su construcción, superen los 150 l/s. Sería interesante establecer si dichos pozos aún mantienen la producción inicial, debido a que estos pozos fueron perforados en rocas fisuradas.

El desarrollo del agua subterránea en la segunda mitad de este siglo fue guiado por el accionar de las empresas perforistas con las técnicas que manejaban y, como son empresas comerciales con fines de lucro, se entiende fácilmente que les interesara hacer pozos profundos y no pozos someros porque el mercado ha funcionado casi exclusivamente aplicando tarifas que son por metro de pozo.

Es de suyo evidente que para una empresa perforista resulta más atractivo ofrecer 1 pozo de 100 metros que 10 pozos de 10 metros, pese a que para la economía del cliente se puede demostrar que resulta mucho más conveniente captar agua desde acuíferos someros con técnicas sencillas, que es lo que se intentará demostrar.

Muchos pozos profundos, especialmente cuando había pocas máquinas perforadoras, se iniciaron construyéndolos a mano y se llamaban "antepozo", el que se hacía hasta la máxima profundidad que era posible con los escasos elementos técnicos disponibles en esa época. Aunque pueda sorprender existen en Chile antepozos de 120 metros de profundidad.

Ejemplos de que en algunos sectores los acuíferos freáticos someros son soluciones superiores a los pozos profundos hay muchos, Por ejemplo en la desembocadura del Río Aconcagua el acuífero freático puede entregar 20 l/s por cada pozo de 10 a 12 metros de profundidad. En el mismo sector pozos profundos entregan mucho menos agua y de calidad inferior.

## **2. CONCEPTOS BÁSICOS**

Las definiciones que más adelante se entregan para este análisis comparativo, se limitan necesariamente a aquellas que son útiles y necesarias para la cabal comprensión de la materia en análisis. Es decir, para comprender las ventajas que tiene la explotación de acuíferos someros o de poca profundidad.

### **2.1. Porosidad Coeficiente de Almacenamiento**

La Porosidad de un medio poroso permeable, específicamente me refiero a la Porosidad Total, es el cociente entre el Volumen de "huecos interconectados" y el volumen total de la muestra en análisis y se expresa en %. La Porosidad Total se compone de dos partes: la Porosidad Efectiva y la Retención Específica.

La primera, la Porosidad Efectiva, representa el cociente entre el agua que puede ser drenada gravitacionalmente desde una muestra totalmente saturada, y el volumen total de la muestra en análisis.

La Retención Específica representa el cociente entre el agua que no puede ser drenada gravitacionalmente y el volumen total de la muestra. Es el agua que por fuerzas intergranulares queda adherida a las partículas por fuerzas superiores a la fuerza de gravedad.

El agua obtenible en acuíferos es la que está disponible como Porosidad Efectiva y en consecuencia es un parámetro clave en la captación de agua subterránea por estar ella controlada por la fuerza de gravedad.

En términos del Coeficiente de Almacenamiento los valores habituales en acuíferos freáticos o libres varían en el rango 1 a 10%, mientras que en el caso de acuíferos confinados, también llamados artesianos, los valores se sitúan en el rango 0.1 a 0.001 % y menos.

Por tanto se puede aprovechar mas agua almacenada en acuíferos freáticos libres que en acuíferos confinados porque entregan mas agua por unidad de volumen.

## **2.2. Permeabilidad o Coeficiente de Transmisibilidad**

La Transmisibilidad mide la permeabilidad del medio. En pruebas de pozos someros y profundos se ha demostrado que los acuíferos freáticos someros son en extremo superiores a los confinados profundos. Las Permeabilidades determinadas en acuíferos someros son más altas que en el caso de confinados; tienen mejor permeabilidad si bien la Transmisibilidad es menor por el reducido espesor del acuífero ya que la Transmisibilidad es el producto de la Permeabilidad por el espesor saturado.

## **2.3. Nivel Freático**

En acuíferos freáticos someros donde se construyen habitualmente las captaciones del tipo pozos someros y captaciones someras, el nivel de agua se encuentra en o muy cerca de la superficie y por lo tanto se necesita un bajo con-

sumo energético para alumbrar agua subterránea y usualmente pueden usarse bombas de eje horizontal de superficie las que son mucho más económicas y sencillas de operar que las bombas de pozo profundo.

Esta cercanía del Nivel de Saturación respecto de la superficie del terreno, característica de las zonas de descarga, implica que el agua que los recarga debe recorrer un muy corto trayecto para alcanzar dicha zona de saturación, es decir, la respuesta al alza de los niveles de agua, suele ser casi inmediata.

## 2.4 Recarga

La recarga de acuíferos someros freáticos ocurre especialmente por la infiltración debida al regadío, a la percolación a través de la red de canales, por los aportes de cuencas laterales y desde esteros y ríos, ocasionalmente.

La primera es que los cauces superficiales transporten agua, lo cual es de suyo evidente, pero dichos cauces no siempre transportan agua. Es mas en muchos sectores son los acuíferos someros los que alimentan cauces superficiales y que son conocidas como "recuperaciones", como es el caso de gran parte de la 2ª Sección legal del Río Aconcagua.

En el evento de que un cauce superficial transporte agua para recargar un acuífero freático debe necesariamente ocurrir que el lecho del estero o río tenga la permeabilidad suficiente como para permitir dicha infiltración de agua.

Es un fenómeno determinado de manera empírica que cauces importantes, como es el caso del Río Aconcagua en las cercanías de la Galería de Las Vegas, registren una impermeabilización de su lecho, pues de otra manera no se explica que pozos hechos en el borde mismo del río no acusen niveles de aguas similares a los del río, lo que sí ocurriría si existiera un lecho lo suficientemente permeable como para posibilitar la transferencia de agua en cantidades significativas desde el cauce superficial al embalse de agua subterránea.

Por tanto las supuestas pérdidas de recurso agua superficial, expresadas sin base científica, no pasan de ser expresiones de temor que tienen su origen en la ignorancia bastante generalizada sobre el agua subterránea que registran casi todas las culturas actuales.

## 2.5. Radio de Influencia

La explotación de una captación del tipo pozo, produce una depresión del nivel de agua en su entorno que tiene la forma de un cono invertido y que se conoce como Cono de Depresión con el ápice invertido y situado en el pozo, donde es mayor la depresión del nivel de agua. En la misma medida que nos distanciamos del pozo sometido a bombeo la depresión disminuye y llega a ser cero en un círculo cuyo radio se llama Radio de Influencia. Esta superficie, no siempre circular, define el área mas allá de la cual la explotación del pozo no produce efecto alguno, para un determinado tiempo de bombeo.

Este concepto es de la mayor importancia pues una captación no tiene efecto alguno sobre fuentes, superficiales y subterráneas, que se encuentren mas allá de dicho radio. Dentro del radio de influencia de una captación de agua subterránea se extrae exclusivamente agua subterránea.

El Radio de Influencia es un elemento dinámico si la captación se explota en forma continua y permanente y al comienzo avanza rápido una vez iniciado el bombeo y luego progresivamente mas lento en la misma medida que avanza el tiempo ya que es función del logaritmo del tiempo y no es función lineal de él, como se señaló al comienzo de este documento.

## 2.5 Fronteras o Condiciones de borde

El cono se extenderá por así decirlo regularmente a no ser que intercepte fronteras o bordes los que son de naturaleza permeable o impermeable. Borde o frontera permeable puede ser el caso de un río o un lago; Si el cono alcanza dicha frontera y existe una conexión hidrogeológica eficiente, la velocidad del descenso de niveles de agua en el pozo sometido a bombeo disminuirá por este efecto.

Si por el contrario el cono alcanza una frontera impermeable como podrían ser las rocas fundamentales sobre las cuales existe el relleno sedimentario, la velocidad de descenso del nivel de agua en la captación aumentará porque desde esa frontera no hay aporte significativo de agua.

Por lo tanto no basta que el Radio de Influencia de una captación alcance un río o estero para que le extraiga agua al cauce; se requiere como condición funda-

mental que exista una permeabilidad en su cauce lo suficientemente alta para que haya traspaso de agua desde la fuente superficial al embalse subterráneo.

La sedimentación de partículas finas en el lecho de los cauces superficiales suele provocar una fuerte impermeabilización de los mismos, disminuyendo la posibilidad de que se produzcan pérdidas significativas de conducción.

Lo anterior como toda regla tiene excepciones, pero es la tendencia generalizada de agricultores y otros usuarios de aguas superficiales, reducir al máximo posible las pérdidas por conducción, caso del Valle del Río Copiapó, entre muchos otros.

## 2.7. Factor Tiempo

Hasta aquí el énfasis ha sido puesto en el análisis espacial del fenómeno provocado por una captación de agua subterránea, pero ya ha sido claramente insinuado el fenómeno temporal.

Aún en el evento de que la explotación de una captación de agua subterránea pueda inducir la extracción de agua desde un canal de regadío o de un cauce natural, lo esencial es establecer cuándo se produce dicho efecto.

En el caso concreto del Río Aconcagua, específicamente en los sectores en que son viables captaciones someras en acuíferos freáticos superficiales tales como captaciones someras, si el efecto de la explotación de una captación de agua subterránea durante toda la temporada de Verano se hace sentir, por ejemplo en los meses de Junio, ¿qué importancia práctica tiene cuando los sistemas de riego han dejado de operar en el mes de Abril?

Ya dejé establecido que el avance del Cono de Depresión provocado por el bombeo de una captación es progresivamente más lento en la misma medida que continúa el bombeo en forma constante. Y menor es la velocidad de desplazamiento si la captación es sometida a bombeo intermitente, lo cual es bastante frecuente por las tarifas eléctricas diferenciadas.

## 2.8. Magnitud de la depresión

La depresión es máxima en la captación y cada vez menor en la medida que nos alejamos de ella llegando a ser cero.

El punto importante es establecer cómo varía la magnitud de la depresión en función de la distancia a la captación. Carezco de mediciones reales en el entorno de captaciones someras, pero si dispongo de los resultados de las investigaciones realizadas con ocasión de la construcción de la Galerías de Las Vegas.

La Galería de Las Vegas se encuentra ubicada a unos 35 metros de profundidad bajo el Valle del Río Aconcagua en el límite entre la 2ª y 3ª Sección Legal, en las proximidades de Puntilla Romeral.

La depresión máxima está en el eje de la galería, pero bastante sobre ella siendo la depresión del orden de los 20 metros y cero a una distancia de 300 metros aguas arriba de la galería. A 100 metros aguas arriba de la galería la depresión del nivel de agua subterránea provocada por la explotación de la galería es de unos 9 metros.

Si los supuestos asumidos son válidos dentro de márgenes de error admisibles, se tiene que un dren de 10 metros de profundidad tendrá un Radio de Influencia del orden de los 50 metros solamente y muy difícilmente superará los 100 metros aguas arriba, hacia donde el efecto es mayor que aguas abajo.

Es preciso hacer notar que los valores medidos en la Galería de Las Vegas lo fueron después de un prolongado período de explotación, varios décadas, por lo tanto se acercan bastante a representar una condición cercan a la de equilibrio o al menos de un prolongado bombeo de la suficiente extensión como para obtener resultados altamente confiables.

Además a fines del año 1997 medí la forma del cono de la Galería de Las Vegas, aguas arriba de ella y he podido establecer que su Radio de Influencia 30 años después ha avanzado hasta alcanzar los 600 metros aproximadamente, es decir, 10 metros por año, menos de un metro por mes.

Se desprende de la experiencia antes expuesta que si un dren somero, de unos 10 metros de profundidad, se ubica a más de 100 metros de una posible frontera permeable como el cauce del Río Aconcagua o de un canal también de lecho muy permeable, no lo afectará. Dicho de otra forma, siempre estará extrayendo agua subterránea propiamente tal.

### 3.9. Magnitud de la Recarga Potencial

Para que un embalse de agua superficial o subterráneo pueda recibir nuevos aportes es necesario que disponga de espacio disponible donde almacenar el agua que se le pueda proporcionar. Si un embalse está lleno a su máxima capacidad no podrá admitir más agua.

Es necesario, además, que exista agua en cantidad suficiente como para llenar sus espacios disponibles.

Por tanto una explotación intensiva del agua subterránea contenida en acuíferos someros por períodos calculados, deja un espacio en el embalse subterráneo que estará disponible para la recarga disponible con ocasión de creces o precipitaciones importantes, aguas que de otra forma seguirían en su tránsito a perderse en el mar sin haber tenido, previamente, un uso beneficioso.

Tal es el caso del acuífero somero de la parte baja del Valle del Río Aconcagua, entre Colmo y desembocadura, que perfectamente permite una explotación de mas de 1.000 l/s durante el período Diciembre - Marzo.