

ACUÍFEROS PROFUNDOS EN EL VALLE DE MÉXICO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA PARA SU EXPLOTACIÓN

Instituto de Investigaciones Electricas
Unidad de Geotermia
Vicente Torres Rodríguez

Objetivo del Estudio

La objetivo del estudio, fue la elaboración de un modelo regional de los acuíferos profundos basado en aspectos climáticos, geológicos, hidrogeológicos, hidráulicos, hidrogeoquímicos e isotópicos.

Desarrollo del Estudio

El clima de la Cuenca de México es subtropical de altura, templado, semiseco y sin estación invernal bien definida. La temperatura media anual es de 15°C. En general la estación de las lluvias se extiende de mayo a octubre, el resto del año puede ser considerado como seco. La precipitación media anual es de 700 mm, pero aumenta en la cuenca desde el Noreste hacia el Suroeste. Las lluvias son más acentuadas sobre las montañas del Sur y del Oeste en donde alcanzan entre 1,200 y 1,500 mm.

La Cuenca de México está rodeada de numerosos volcanes de composición andesítica y basáltica que forman parte del Cinturón Volcánico Transmexicano. La edad del volcanismo es fundamentalmente Plioceno-Holoceno. El valle se encuentra limitado al Oeste por sierras andesíticas Terciarias (Sierra de Las Cruces); al Sur por basaltos Cuaternarios (Sierra del Chichinautzin); al Norte por rocas volcánicas Terciarias (Sierra de Guadalupe). En el Este de la cuenca, la Sierra Nevada, la cual incluye el pico mas alto del volcán Popocatepetl, está formada por basaltos y andesíticos del Terciario. En la porción central-Este de la planicie se encuentran varios picos aislados, como el Cerro de La Estrella y la Sierra de Santa Catarina.

En general existe poca información sobre la composición geológica de zonas profundas del subsuelo de la Cuenca de México. La fuente de información más importante sobre el subsuelo profundo de la Cuenca de México proviene de 13 perforaciones profundas: Pozo Profundo Texcoco-1 (2,065 m); Pozo Roma-1 en el centro de la Zona Metropolitana con 3,200 m representa la perforación más profunda de toda la Cuenca de México; Pozo Mixhuca-1 cerca del aeropuerto, con una profundidad de 2,452 m; Pozo Copilco-I, ubicado cerca de la UNAM (2,258 m); Pozo Tulyehualco-1 (3,000 m). Además existen 8 pozos profundos de exploración perforados por el Gobierno del Distrito Federal entre los años 1963 y 1966 denominados Pozos No. 1, 2 3, 4, 5, 6, 7 y 8, con profundidades de hasta 1,356 m. Todos ellos se encuentran dentro de la Zona Metropolitana.

En la parte norte del Valle de México, se puede deducir, que las formaciones andesíticas del Pozo 1 representan restos del volcanismo aislado de la Sierra de Guadalupe. Las capas epi- y piroclásticas de los pozos 4 y 5 son testigos de los

procesos de erosión de las montañas de los alrededores y de la caída de material volante de origen no conocido. El Pozo 6 representa la secuencia típica de las lavas andesíticas de la Sierra de Las Cruces. En el centro de la zona metropolitana, el Pozo Roma-1 se caracteriza por intercalaciones de brechas y tobas, mientras que el Pozo Mixhuca-1 en el este del centro tiene más influencia de lavas.

En la parte sur del Valle de México, la secuencia inferior de tobas andesíticas se puede correlacionar con el Pozo Copilco-1 y del Pozo 7. En la parte superior de la columna de Copilco-1 dominan basaltos, mientras que en el flanco SO dominan gravas y aluviones (pozos 8 y 7).

En el área de Xochimilco existe poca correlación entre los pozos Tulyehualco-1 y el Pozo 2. Esta falta de correlación litológica también es notoria con respecto a los demás perfiles del Valle. La columna del Pozo Tulyehualco-1 consiste en su parte inferior de una secuencia de lavas y tobas, y en su parte superior de arcillas lacustres. La estratigrafía del Pozo-3 consiste de arenas y tobas en su parte inferior y de gravas y boleos en su parte superior.

En general, el tamaño del Valle y la variedad de fuentes para los productos volcánicos, impide la correlación regional de la mayoría de las formaciones del Valle. Con la excepción de productos piroclásticos, que se transportan en forma de caídas, todas las capas representan en general depósitos locales.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la cuenca de México comprende una serie de subcuencas, formadas, más o menos, independientemente, las unas de las otras; se considera que el acuífero situado bajo la Ciudad de México forma una entidad relativamente aislada de los acuíferos del Norte de la cuenca, donde está separada por la línea de los cráteres volcánicos de la sierra de Guadalupe, que atraviesan la cuenca desde el W al E, en su parte media.

Con base en el historial de mediciones hidrométricas en cerca de 1000 pozos, en el período 1984-1995 (Lesser, 1995), se proponen tres subsistemas acuíferos someros (0-400 m) para el Valle de México:

- Subsistema de la Ciudad de México
- Subsistema del Valle de Texcoco
- Subsistema del Valle de Chalco.

Además de las anteriores, se pueden diferenciar otras zonas ubicadas fuera de la Zona Metropolitana:

- Subcuenca Zumpango: La subcuenca de Zumpango está limitada por la Sierra Guadalupe al Sur, por el borde de la Cuenca de México al Norte y por la subcuenca de Pachuca al Este.

- Subcuenca Pachuca: Esta subcuenca representa la parte extrema en el Norte de la Cuenca de México.
- Subcuenca Apan: La subcuenca de Apan tiene su límite en el Oeste por la subcuenca de Pachuca, al Norte y Este por el borde de la Cuenca de México, y al Sur por la Sierra Nevada.

En la Cuenca del Valle de México las formaciones piroclásticas y epiclásticas tienen las mejores características hidrodinámicas para la existencia de acuíferos granulares en una profundidad de 400 a 1000 m. No se comprobó la hipótesis de una disminución de la porosidad con el incremento en profundidad que pudiera ser causada por procesos de compactación. Por el contrario, se detectaron porosidades primarias de hasta de 33% en profundidades de más de 900 m. En rocas efusivas y en calizas, se observaron vetillas y fracturas abiertas hasta profundidades de 2200 m.

En general, la zona del pozo Roma-1 muestra las mejores posibilidades para encontrar flujos subterráneos en sistemas de acuíferos profundos. Especialmente las tobas lacustres de una profundidad de 730 m hasta 810 m, y las brechas volcánicas y calcáreas de una profundidad de 810 m a 950 m, muestran condiciones hidrodinámicas muy favorables, como la conductividad hidráulica en un orden de 10^{-5} m/s, para la existencia de flujos subterráneos. Por su alta permeabilidad, las tobas de una profundidad de 730 a 810m (R-5) forman probablemente un acuífero regional, lo cual está correlacionado con los conglomerados volcánicos del pozo Mixhuca-1 (Mix-8).

Además, el rango de los valores de la conductividad hidráulica del pozo Mixhuca-1 es con un promedio de 10^{-7} a 10^{-8} m/s, en general menor que el promedio de 10^{-5} a 10^{-6} m/s del pozo Roma-I. Los conglomerados volcánicos en una profundidad de 730 m a 900 m, representan la única zona en el pozo Mixhuca-1 con valores de 10^{-5} m/s. El pozo Tulyehualco-1 se caracteriza por la abundancia de varias capas impermeables de arcilla, las cuales impiden la formación de acuíferos con espesores grandes. Aparte, los valores para la conductividad hidráulica indican velocidades bajas de los flujos subterráneos. La zona somera de este pozo (0-450 m) presenta condiciones favorables para explotación a este nivel. Dicha zona se encuentra actualmente en producción.

Por sus características hidrodinámicas, se propone la investigación más detallada de los acuíferos profundos en una profundidad de entre 400 y 1000 m en la zona del pozo Roma-I.

Resultados

Se midieron las características hidrodinámicas de acuíferos someros, los cuales están recientemente en producción. Es importante mencionar, que varias de estas formaciones muestran permeabilidades intermedias y bajas. Eso significa, que la abundancia de alteración, fallas y fracturas que pueden aumentar considerablemente la

permeabilidad secundaria. Un ejemplo lo representan las calizas del pozo Mixhuca-1, donde una muestra densa tiene un valor de 10^{-12} m/s para la conductividad hidráulica (Mix-15), la muestra con microfacturas selladas por minerales secundarios dió 10^{-9} m/s (Mix-14) y una muestra fracturada tuvo la conductividad hidráulica de 10^{-6} m/s (Mix-13).

La conductividad hidráulica de los acuíferos someros (< 400m) del pozo Mixhuca-1, tiene valores de 10^{-10} m/s, mientras que la zona entre 400 y 1000 m varía entre 10^{-5} y 10^{-9} m/s. Igual ocurre en el pozo Roma-1, donde la columna somera muestra valores de 10^{-9} a 10^{-11} m/s, mientras que la zona profunda varía entre 10^{-5} y 10^{-9} m/s.

Se hizo una comparación análoga entre las características hidrodinámicas de algunos horizontes de los pozos profundos estudiados con las mismas formaciones que afloran en la superficie del Estado de Morelos: Dos de los manantiales principales del Estado de Morelos desagüan en forma de acuíferos fracturados por calizas cretácicas de la Formación Morelos y por basaltos de la Formación Chichinautzin. Eso indica, que los mismos horizontes en la Cuenca de México podrían tener un potencial hidrogeológico parecido.

Con respecto a las condiciones fisicoquímicas que podrían esperarse de los fluidos profundos, existen dos posibilidades: si no están afectados por hidrotermalismo, su calidad química será buena y la temperatura será de 50°C; en caso contrario, se esperan salinidades mayores a 1800 ppm y temperaturas cercanas a 120°C. En la zona del Peñón de Los Baños podrían existir estas últimas condiciones.

Conclusiones

De acuerdo con el desarrollo del estudio y los resultados obtenidos, no se pudo realizar un modelo general de un solo acuífero profundo distribuido en toda la Cuenca. Las diferentes fuentes de material volcánico y sedimentario ocasionó que se depositara material heterogéneo en dirección lateral y vertical. No existen formaciones que se puedan trazar como un horizonte lateral en toda la Cuenca.

Es importante mencionar, el interés de llevar acabo un programa de investigación directa para demostrar la existencia y características del acuífero profundo del Valle de México, mediante la perforación y estudio geocientífico de uno o varios pozos profundos (1000 metros de profundidad). Con la ayuda de este estudio, el primer pozo se propone en las cercanías del Pozo Roma-1, zona donde las condiciones geológicas e hidrogeológicas resultaron ser favorables.

El programa de investigación que se propone, debe considerar las siguientes actividades:

1. Selección del sitio definitivo.
2. Diseño de las características de construcción del pozo.
3. Perforación de un pozo profundo de investigación hidrogeológica de 1000 metros de profundidad. Se propone la obtención de un mínimo de 10 núcleos, tomados a intervalos de 100 metros cada uno.
4. Realizar los siguientes estudios durante la perforación: muestreo de recortes de perforación a intervalos de 5 metros; estudio petrográfico de esquirlas de perforación, incluyendo mineralogía primaria, mineralogía secundaria, óxidos y sulfuros; identificar la fracción arcillosa mediante difracción de rayos x; muestreo y análisis de las propiedades fisicoquímicas de los fluidos de perforación.- Temperatura, pH y salinidad; Registro permanente de flujo de lodos, para la detección de zonas de pérdida total, indicadoras de horizontes permeables y Registros de temperatura y presión.
5. Realizar las siguientes pruebas antes del revestimiento del pozo: estudio petrográfico de núcleos de perforación, incluyendo mineralogía primaria, mineralogía secundaria, óxidos y sulfuros; identificar la fracción arcillosa mediante difracción de rayos x; caracterización petrofísica completa de los núcleos de perforación para la obtención de densidades, porosidad, permeabilidad, propiedades mecánicas, velocidad de ondas sísmicas; registros geofísicos completos.- eléctrico, sísmico de porosidad, rayos gamma; muestreo de fluidos en intervalos aislados, analizados como se describe en el inciso 4; pruebas de rendimiento específico (bombeo) en intervalos aislados.

6. Caracterización fisicoquímica e isotópica de fluidos profundos: composición química de elementos mayores; composición química de elementos traza y metales pesados; detección de sustancias orgánicas; calidad bacteriológica de aguas (contenido de bacterias y virus); contenido isotópico de Deuterio y ^{18}O ; contenido isotópico de ^{13}C ; fechamiento de agua por ^{14}C y Tritio.
7. Diseñar la estrategia de terminación del pozo: instrumentación del mismo.- bomba sumergible de más de 2000 HP; instalación de equipo de monitoreo y sistema de adquisición de datos en tiempo real.- salinidad, temperatura, pH, Eh, flujo.
8. Integración e interpretación de datos.
9. Emisión de un dictamen técnico sobre las condiciones del acuífero profundo.
10. Emisión de un dictamen económico sobre la explotabilidad del acuífero profundo.