



Exploración de aguas subterráneas en el Arco Seco de Panamá (Sector de Las Tablas) mediante métodos geofísicos

Alberto Caballero

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

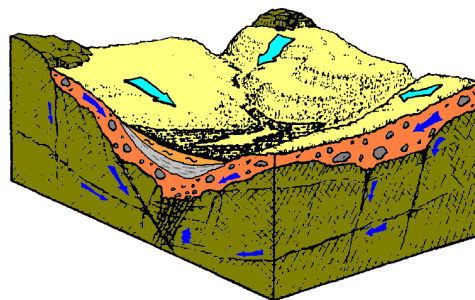
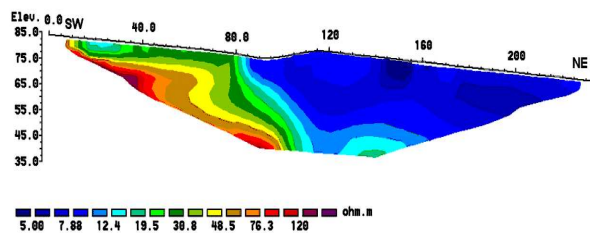
WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Facultat de Geologia
Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica

TESIS DOCTORAL

**EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN
EL ARCO SECO DE PANAMÁ (SECTOR DE LAS
TABLAS) MEDIANTE MÉTODOS GEOFÍSICOS**

ALBERTO CABALLERO



Barcelona, 2009

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Conclusiones

El sistema acuífero de la zona de Las Tablas en la provincia de Santos (Arco Seco de Panamá) se caracteriza por una elevada complejidad litológica y estructural. La falta de un acuífero homogéneo, de geometría definida y con pozos de rendimiento bien caracterizado, es la causa del escaso interés de las administraciones para desarrollar exploraciones sistemáticas de los recursos hídricos subterráneos disponibles.

El flujo preferencial de drenaje del agua subterránea tiene lugar en las rocas volcánicas a través de las fracturas y niveles de alteración, por lo que la posición y el grosor de las zonas identificadas es variable y difícilmente apreciable a partir de las observaciones superficiales. Por otro, lado el acuífero del sector de San José (sector SW) actúa como un acuífero semiconfinado, discontinuo que hace aún más complejo el sistema.

Las distintas metodologías empleadas en este estudio no son las únicas que podrían haberse aplicado, ni tampoco su aplicación conjunta puede considerarse innovadora. Sin embargo, dadas las características del terreno, la integración de métodos geológicos, hidrológicos y geofísicos disminuye la ambigüedad de la interpretación y el consiguiente riesgo de perforación en zonas no productivas. En ese sentido, cada método se convierte en complementario del otro, supliendo sus limitaciones.

Los datos geológicos, obtenidos, indican que los acuíferos de la región de Las Tablas, se encuentran preferentemente en las zonas de fracturas de la formación Macaracas (TO-MAC) y en los límites de ésta con la formación Playa Venado (K-VE). El drenaje subterráneo tiene su origen en las partes altas de los cerros, infiltrándose por las zonas de contacto. Como la zona presenta fracturación y plegamiento, esta constitución geológica restringe la circulación del agua a direcciones preferenciales. Es por ello que, en algunas áreas, el rendimiento de los pozos, es mayor que en otras.

Las zonas de recarga, están sujetas a la contaminación antropogénica, fundamentalmente a causa de las prácticas agrícolas y ganaderas. Otra fuente de contaminación, de origen natural, es la presencia de piritas en los sedimentos producto de la meteorización de las rocas volcánicas, sobre todo en el sector SW

de la zona de estudio. En menor grado, pero de consideración, es la presencia de vertederos próximos a las zonas de recarga o de extracción.

Los diferentes métodos geofísicos empleados en esta investigación han demostrado su aplicabilidad en áreas de geología compleja. Cada uno ha contribuido en la determinación del contraste de las propiedades físicas, dentro de las condiciones establecidas por el medio. La metodología aplicada en cada caso dependerá del contexto geológico particular. Sin embargo, los métodos gravimétrico y magnético deben aplicarse a nivel estratégico como métodos de análisis regional. Posteriormente, para poder definir el emplazamiento de las captaciones en las zonas favorables se requiere la caracterización del subsuelo mediante un método de detalle, entre los que la tomografía eléctrica ha demostrado su utilidad. Los análisis hidroquímicos e isotópicos, complementaran la información geológica y geofísica. Esta metodología, no es redundante ya que aborda diversos aspectos de la investigación, complementarios entre sí.

La interpretación combinada de todos los datos disponibles ha permitido mejorar el conocimiento de los rasgos estructurales y la comprensión de la geología y la hidrogeología de la zona estudiada. Esta, basada en un solo método geofísico, puede conducir a interpretaciones ambiguas o erróneas.

Las aguas del sector NE tienen una constitución bicarbonatada y no se observa un catión dominante. Las mismas tienen una composición cálcico-sódico-potásica, para el periodo de muestreo.

Las aguas del sector SW, tienen una composición bicarbonatada-cálcica-sódico-potásica en los dos periodos muestreados. Durante el periodo de lluvias las aguas subterráneas y superficiales tienen la misma composición isotópica. Durante el periodo de verano hay evaporación de las aguas superficiales y no hay aporte de las aguas subterráneas a las aguas superficiales debido al descenso del nivel freático.

Mediante los dispositivos electródicos Wenner y Wenner-Schlumberger, se ha logrado determinar la geometría de las zonas de fracturas, los contactos entre formaciones con diferentes propiedades hídricas y la presencia de paleocanales. Para el tipo de geología analizada, el dispositivo Wenner-Schlumberger, presenta mayor sensibilidad, a las variaciones laterales, a la profundidad explorada.

Los resultados obtenidos, mediante los métodos geolétricos, determinan la posibilidad de realizar pozos exploratorios al SW de San José. Estos se realizarían en la zona de contacto de las calizas y las lutitas de la Formación Macaracas, en el sector de la Quebrada La Cruz.

Otra zona identificada como favorable son las terrazas del Río Mensabé al NW de la población de San José. Estas perforaciones deberían coincidir con las alineaciones estructurales definidas por la geología y la gravimetría. Para evitar las zonas lutíticas, será necesario realizar, previamente, tomografías eléctricas.

Se recomienda también, realizar perforaciones para la exploración de las aguas subterráneas en el sistema de fracturas, asociado a la Quebrada La Ermita, al sur de la ciudad de Las Tablas. Este sector tiene características adecuadas para el flujo de aguas subterráneas y la zona de recarga es bastante amplia. Las tomografías SONN11 y SANJ25, muestran el grado de fracturación de la roca en esta área.

Los resultados obtenidos en este estudio, se basan en propiedades físicas medidas. Las que presentan cierto grado de incertidumbre inherente a todo método experimental. Ello se debe a una estructura limitada de datos, a la generalización y a simplificaciones asumidas en el modelo para interpretar el medio geológico. El impacto de esto es mayor si se considera las dimensiones del área de estudio y que el medio no tiene una continuidad en vista a las heterogeneidades observadas.

Para que se pueda dar la correcta interpretación de los datos, las autoridades que rigen esta materia, las empresas dedicadas a la exploración y los académicos, deben facilitar el cruce de información geológica y geofísica. De esta forma, la prospección geofísica de aguas subterráneas se verá beneficiada y por ende la sociedad en general. Por otro lado, se evitará la indeseable duplicidad de esfuerzos.