

Evolución del comportamiento físico químico de los pozos en Termas de Río Hondo como aporte al diagnóstico de situación actual

Marcela E. Terribile¹, Walter M. Trejo¹, Ángel del R. Storniolo¹, Américo R. Martín¹, Teófilo A. Neme¹, Juan M. Thir¹, Douglas V. Olivera¹, Carlos M. Falcon² y Andrea V. Chamu²

¹ Departamento de Geología y Geotecnia, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, (UNSE)- Avda Belgrano (s) 1912, Santiago del Estero (4200), Argentina.

² Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo (UNT)- Miguel Lillo 209 Tucumán, Av. 60 y 122, (4000) Tucumán, Argentina.

Mail de contacto: marceter@gmail.com.

RESUMEN

En la Provincia de Santiago del Estero, la Ciudad de Termas de Río Hondo constituye un importante centro urbano turístico invernal. Posee en el subsuelo, aguas termales usadas en balneoterapia con propiedades termomedicinales. La extracción excesiva en época de temporada invernal asociadas al turismo, genera un desfase entre las demandas potenciales y la disponibilidad del recurso, alterando el sistema. La geoquímica, provee información sobre la distribución de los elementos químicos y su evolución espacial y temporal en el sistema hídrico, caracterizando el agua de los acuíferos y definiendo problemas ambientales. La metodología, se basó en la selección de resultados de análisis físico-químicos existentes y actuales comparados, respecto a TSD. Las anomalías observadas en la concentración de los iones, respecto a las profundidades de explotación están asociadas a la presión antrópica del sistema.

Palabras clave: hidrotermalismo, gestión, geoquímica.

ABSTRACT

In the province of Santiago del Estero, the City of Termas de Río Hondo is a major urban center winter resort. It has in the subsurface thermal properties used in balneotherapy termomedicinales. Excessive extraction in times of winter season associated with tourism, generates a potential mismatch between the demands and resource availability, altering the system. The geochemistry, provides information on the distribution of chemical elements and their spatial and temporal evolution in the water system, characterizing water aquifers and defining environmental problems. The methodology was based on the selection of results of physicochemical analysis of existing and current compared with respect to TSD. The anomalies observed in the concentration of ions, with respect to depths of operation are associated with human pressure system.

Keywords: hydrothermal, management, geochemistry.

Introducción

El área de Termas de Río Hondo constituye la manifestación más importante dentro de una amplia región con Hidrotermalismo subterráneo, que comprende parte de las provincias de Santiago del Estero y Tucumán.

Sus aguas son generadas en el cordón del Aconquija (Tucumán), se infiltran y almacenan en formaciones geológicas subterráneas en las cuales elevan su temperatura, Méndez et al (1975); se incorporan sales y minerales que al emerger por fallas o perforaciones, constituyen aguas de alto valor terapéutico.

La explotación de las aguas termales ha sido exclusivamente aplicada a fines terapéuticos.

Tras el desarrollo de la industria hotelera a partir del año 1940 se pudo conocer la magnitud del termalismo en el subsuelo. La ciudad de Río Hondo cuenta con una capacidad hotelera de más de 200 establecimientos de distintas categorías y un total de 14.500 plazas.

El aumento del turismo de salud a lo largo del tiempo, ha aumentado la proliferación no bien controlada de establecimientos hoteleros y de explotaciones de agua subterránea termal domiciliarias con fines turísticos, lo cual implica un impacto en el sistema acuífero.

La explotación del recurso realizada sin planificación ni conocimiento de las características del mismo, y con acciones antrópicas modifican el sistema acuífero en cantidad y, posiblemente, también en calidad,

debido a la alta densidad de pozos, a la cercanía entre ellos y a la inexistencia de normas técnicas que impidan el adecuado aislamiento de los distintos niveles acuíferos atravesados por las captaciones, Martín R. et al (2007).

La geoquímica, es una de las disciplinas que proveen información respecto a la distribución de los elementos químicos y su evolución espacial-temporal en el sistema hídrico. Permite analizar el comportamiento del agua de los acuíferos y definir problemas ambientales.

El área de estudio

La Ciudad de Las Termas de Río Hondo se ubica en Región Noroeste de Argentina, sobre la Ruta Nacional N° 9 en la provincia de Santiago del Estero (27° 28'60" S y 64° 52' W, con una altitud de 265 msnm) en la margen izquierda del Río Dulce y próxima al Dique Frontal de Río Hondo con un espejo de agua de 33.000 has, distante a 69 Km de la ciudad Capital de Santiago del Estero.

Las aguas de este sistema geotermal, conforman, desde el punto de vista ecológico y de la economía hídrica en el paisaje, la cara oculta del "ciclo del agua", en el que se llevan a cabo numerosos procesos responsables de la existencia y mantenimiento del sistema.

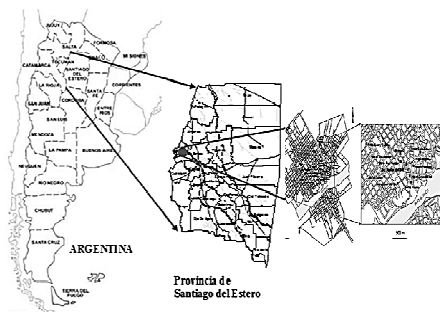


Figura 1. Trazado urbano de la ciudad de Termas de Río Hondo.

Objetivo

Analizar en distintos periodos el contenido de TSD y temperatura en relación de la profundidad y su incidencia en las condiciones naturales del sistema acuífero geotermal.

Metodología de trabajo

La caracterización y composición del agua subterránea para el área de estudio se ha basado en el análisis de los componentes iónicos de 25 muestras correspondientes a 11 pozos cuyos análisis químicos se efectuaron en el año 2006 y que fueron tomadas en época de temporada, es decir en época de explotación intensiva, repitiéndose el muestreo en el año 2007 época de no temporada turística y 2013.

Del total de puntos muestreados, en cinco pozos fue posible repetir el muestro durante los años mencionados, con el objeto de observar las variaciones existentes en la calidad físico-química del agua. Cabe destacar que estos, por tratarse de perforaciones emplazadas en hoteles, solo se habilitan en época de temporada.

Se midió in situ Conductividad Eléctrica, pH y Temperatura, y en laboratorio se determinaron Aniones y Cationes mayoritarios.

Las profundidades de la perforaciones fueron informadas por los propietarios, quienes no cuentan con la descripción litológica de las mismas, cantidad de acuíferos atravesados y sus niveles piezométricos, dado que la memoria técnica de la obra no es una práctica acostumbrada.

Toma de muestras de aguas

El muestreo se llevó a cabo según las especificaciones de Rodier (1990), utilizándose envases plásticos de polietileno de alta densidad de 100 ml de capacidad, previamente lavados con el agua a muestrear. Se procedió a recolectar las mismas llenando completamente la botella para no dejar burbujas de aire, se identificó el envase con el nombre de la misma, lugar, fecha. Se colectó y apuntó la información completa sobre el sitio de muestreo y los parámetros físico-químicos de campo.

Cabe aclarar que dichas perforaciones no cuentan con un acceso en boca de pozo para poder medir la profundidad total alcanzada.

Propiedades físicas y químicas de las aguas

La determinación de las características físicas y químicas del agua permitieron definir algunos criterios de la calidad.

Todas las determinaciones se realizaron bajos las normas que rigen según la Environmental Protection Agency (EPA – EEUU).

Los resultados obtenidos, fueron volcados en tablas, según las cuales se realizaron las graficas correspondientes a:

Contenido TSD para los años 2006, 2007 y 2013 (Figura 2 y 3). Profundidad vs TSD y Temperatura (Figura 4 y 5).

Del análisis de las Figuras 2 y 3 se puede observar que la relación de dichos parámetros medidos se mantiene prácticamente constante durante el muestreo realizado en los años citados. Salvo en lo referente a la muestra 17 correspondiente al año 2007 la cual representaba una mezcla de agua producto de la habilitación de dos perforaciones, una de las cuales explotaba un acuífero con elevada concentración salina. Actualmente esa perforación no se utiliza por lo tanto el valor ha vuelto a su normalidad (año 2013).

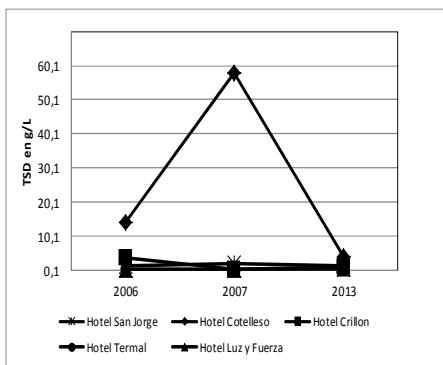


Figura 2. Contenido TSD para el periodo 2006-2007y 2013

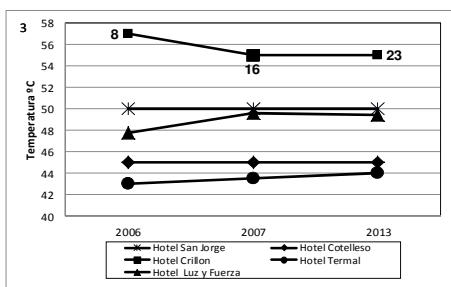


Figura 3. Temperaturas para el periodo 2006-2007y 2013.

a. Profundidad vs TSD

En la Figura 4 están graficados el total de pozos censados, donde se pone de manifiesto la profundidad total (proporcionada por los propietarios) y el Total de Solidos Disueltos. Se

consigan los distintos paquetes sedimentarios correspondientes a: Arcillas Rojas Superiores, Arcillas Verdes con Anhidrita y Arcillas Rojas Inferiores con Anhidrita, Méndez et al (1977).

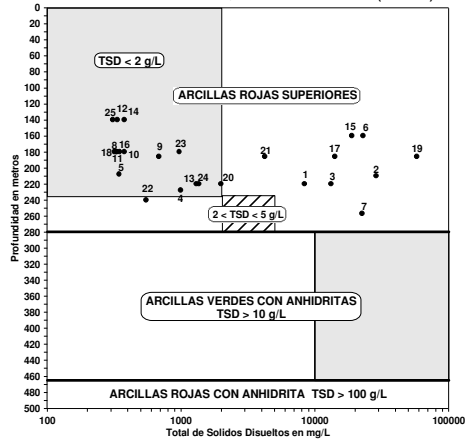
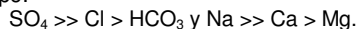
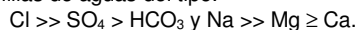


Figura 4. Profundidad vs TSD

Los acuíferos encontrados en la Formación Arcillas Rojas Superiores, comprendidos entre los 30 y 230 m.b.b.p. poseen un TSD < 2 g/L y los acuíferos ubicados entre 240 y 280 m.b.b.p. alcanzan los 5 g/l de TSD con familias de aguas del tipo:



Los acuíferos encontrados en la Formación Arcillas Verdes con Anhidrita alcanzan valores de TSD >10 g/L y los ubicados en la Formación Arcillas Rojas Inferiores con Anhidrita sobrepasan los 100 g/L de TSD y corresponden a familias de aguas del tipo:

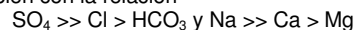


Méndez et al (1977).

La Figura 4 muestra que el total de las perforaciones censadas alumbran acuíferos comprendidos dentro de la Formación Arcillas Rojas Superiores (TSD < 2 g/L y 2 > TSD < 5 g/L).

Del análisis de la gráfica se observa que 16 muestras (4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 24, 25) poseen valores de TSD < 2g/L. Considerando los tipos de familias de aguas, se deduce que:

Solo cuatro muestras (4, 20, 23 y 24) cumplen con la relación



Las doce restantes comprenden las relaciones

$Cl > SO_4 > HCO_3$ $Na > Mg > Ca$. Muestras: 9 y 13.

$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ Na > Mg > Ca Muestras: 8, 10, 11, 12, 14, 18.

$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ Na > Mg > Ca Muestras: 16, 22, 25.

Con respecto a la muestra 5 se puede decir que se trata de una agua Mixta en la cual predomina el Mg sobre el Ca.

Continuando con el análisis de la Figura 4, las muestras 1 y 21 poseen valores de TSD comprendidos entre 2 y 10 g/L, y las muestras (2, 3, 6, 7, 15, 17 y 19) con un TSD > 10 g/L, estos valores indicarían que corresponden a otra Formación geológica más profunda.

$\text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{HCO}_3$ Na > Ca > Mg. Muestras: 3, 21.

$\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$ Na > Mg > Ca. Muestras: 1, 2, 6, 7, 15, 17.

$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ Na > Mg > Ca. Muestra: 19.

Si bien las profundidades de estas últimas muestras, corresponderían a los acuíferos de la Formación Geológica Arcillas Rojas Superiores, por el contenido de TSD tendrían mayor profundidad o existiría comunicación entre acuíferos.

De acuerdo a las familias de aguas, estas anomalías observadas, indicarían que se está produciendo una alteración de las características hidroquímicas originales. La aparición de aguas del Tipo $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ Na > Mg > Ca estaría relacionada con la disminución de la temperatura, situación que no se observa en la Figura 3; por lo tanto esta anomalía podríamos asociarla al ingreso de aguas juveniles debido a la sobreexplotación de los acuíferos, en el supuesto que las profundidades informadas por los propietarios, fueran reales y las perforaciones correctamente construidas.

En época de temporada invernal, es posible observar una disminución de los niveles piezométricos, con la consiguiente disminución de la surgencia. En algunas perforaciones se instalan bombas electro sumergible para una mayor explotación del agua termal, produciendo un cono de depresión que afecta a las aledañas. Tal situación genera la intercomunicación con acuíferos superiores con aguas bicarbonatadas.

b. Profundidad vs Temperatura

En la Figura 5, donde se representan los valores de Profundidad y Temperatura. Para su elaboración, se utilizó las profundidades proporcionadas por los propietarios, mientras que la temperatura fue medida in situ en los puntos de muestreos. Las Muestras 12, 14 y 25 corresponderían a los acuíferos comprendidos

entre los 145 y 170 m con temperaturas de 38 a 52 °C.

Las muestras 8, 16 y 23 (mismo punto distintos periodos de muestreo) presentan temperaturas de 55 °C, valor que debería representar a los acuíferos comprendidos entre los 410 - 420 (Formación Arcillas Verdes con Anhidrita).

Con respecto a la relación Profundidad – TSD, estas muestras, por su contenido de TSD > 2g/L, corresponden a los acuíferos comprendidos en la Formación Arcillas Rojas Superiores.

Las 19 muestras restantes de acuerdo a los valores medidos corresponderían a acuíferos que se encontrarían en otra Formación Geológica o bien existiría una comunicación térmica entre acuíferos.

Conclusiones

Ocurrirían mezclas de aguas entre diferentes acuíferos de distintas Formaciones Geológicas, detectadas por los análisis de las propiedades Hidroquímica y las medidas de Temperaturas. Estas anomalías podrían estar asociado a la explotación de varios acuíferos en una misma perforación o a problemas constructivos (falla o no existencia de aislación) que ocasionarían la comunicación hidráulica entre los acuíferos.

De acuerdo al tipo familias de aguas por Formación Geológica, se observan anomalías, que indican una alteración de las características hidroquímicas originales. La aparición de aguas del Tipo $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ Na > Mg > Ca podría estar asociado a la sobreexplotación de los acuíferos, sobre todo en la época invernal donde la actividad turística triplica el número de habitantes lo que genera una mayor necesidad de agua.

Recomendaciones

Se hace necesario optimizar la explotación de los acuíferos mediante la promoción del uso racional y adecuado del agua termal.

Poner de manifiesto las consecuencias que para todo recurso natural trae aparejada una explotación irracional y desmedida.

Realizar campañas de educación ambiental, para informar sobre el manejo de nuevas técnicas para la explotación hidrotermal y mejorar los actuales criterios sobre la captación y preservación del recurso.

Concientizar entre las autoridades y usuarios la necesidad de un monitoreo contante del recurso.

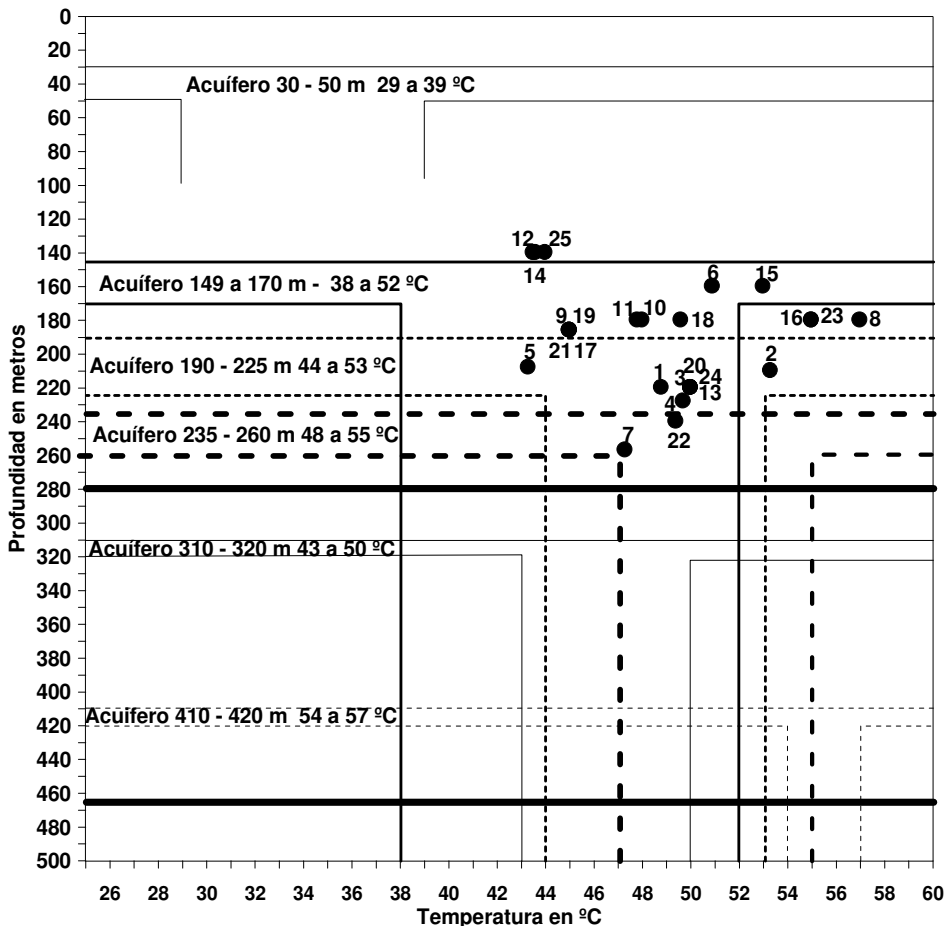


Figura 5. Profundidad vs Temperatura

Referencias

Basualdo, R. 1982. Rasgos fundamentales de los departamentos de Santiago del Estero. Un Documento para su historia. Municipalidad de Santiago del Estero. Tomos I y II. 263 pp

Baldis, B. Domicheli, J., Febrer, J. Fournier, H., García, H., Gasco, E., Mamani, M. y Pomposiello, M. 1983. Magnetotelluric results along a 1200 km long deep profile with an important geothermal area in its northwestern end in the provinces of Tucumán and Santiago del Estero in Argentina. *Geophysics and Geodetic Acta, Hungary*, 14: 489-499.

Battaglia A. 1973. Descripción geológica de las hojas 13f, Río Hondo, 13g, Santiago del Estero, 14g, El Alto, 14h, Villa San Martín, 15g, Frías: provincias de Santiago de Estero, Catamarca y Tucumán. Boletín nº 186, Servicio Nacional Minero Geológico. Biblioteca del Servicio Geológico Minero Argentino, pp. 5-79

Daily, G. y Ehlich, P. 1996. Global change and human susceptibility to disease. *Annual Review of Energy and Environment*, 21: 125-144.

Fournier, R. y Truesdell, A., (1973). An empirical Na-K-Ca geotermometer for natural waters *Geochim. Cosmochim. Acta* 37-1255-1275.

- Fournier, R.O., (1990). The interpretation of Na-K-Mg relations in geothermal waters. *Geothermal Res. Council Transactions*, v. 14, Part II, 1421-1425.
- Joel Carrillo R. y Mc A. Cardona (1999). Microelementos en el agua subterránea. Curso de Posgrado. Programa de Integración de Hidrogeólogos Latinoamericanos. UNSE-FCEYT
- Jurio, R., Méndez, I., y Miro. R. 1975. Zonación hidrotermal de acuíferos del Terciario Superior en las provincias de Santiago del Estero y Tucumán, Argentina. II Ibero-Congreso Americano de Geología Económica, Buenos Aires, IV: 495-522.
- Lell, G. y Thir J. 1988. Observaciones hidrogeológicas en la ciudad de Termas de Río Hondo. Provincia de Santiago del Estero. República Argentina. *Revista Tecnología del Agua* N° 44. Barcelona. España
- Méndez, I y Miro, R (1977). Rasgos hidrogeológicos que condicionan la interpretación de observaciones geotérmicas en Las Termas de Río Hondo, Santiago del Estero. *Revista Minera* N° 168.
- Martín, A. 1999. Hidrogeología de la provincia de Santiago del Estero. Ed. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, 267 pp.
- Martín, A.; Fernández, R et al. 1998. Procesos hidrotermales convectivos y conductivos en acuíferos del Terciario Medio y Superior de la Provincia de Santiago del Estero. *Actas del 17º Congreso Nacional del Agua y 2º Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur*, Santa Fe, Argentina. Tomo 3: 25 - 33. 3al 7 de Agosto.
- Martín, R., Thir, J., Storniolo A., Cortes, J, Ramírez, A, Bejarano, R. 2006. Estudios sobre el impacto ambiental del recurso hidrotermal. Termas de Río Hondo, Departamento Río Hondo. Santiago del Estero. República Argentina. VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea y Expo Agua. Asunción. Paraguay. 2006.
- Martín, R.; Storniolo A., Thir, J, Vera, M .2011. Caracterización de elementos trazas en el agua termal. Termas de Río Hondo, Santiago del Estero. República Argentina. VII Congreso Argentino de Hidrogeología. Salta. 2011
- Stappenbek, R, 1926. *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*. Mit Tafel I-III. Stuttgart, Alemania, 1926
- Tineo, A., Fernández, M. et al. 1984. Hidrogeología. En: Aceñolaza, F., Toselli, A. y Bossi, G. (Eds) *Geología de Tucumán*. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas. Tucumán.
- Tineo, A.; Peña, H. 1984. Hidrogeología de las aguas termominerales del sur de la provincia de Tucumán. IX Congreso Geológico Argentino. T(VI): 480-490. San Carlos de Bariloche
- Tineo, A.; Falcón, C.; et al. 1998. Hidrogeología. En: Gianfrancisco, M; Puchulu, M.E; Durango de Cabrera, J y Aceñolaza, G. (Eds) *Geología de Tucumán*. Public. Esp. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas. Tucumán: 259 – 274. I
- Tineo, A.; Falcón, C. et al. 2005. La provincia hidrogeológica tucumano-Santiagueña. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo-UNT: Resúmenes de la VII Jornada de Comunicaciones. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNTVI Jornada
- Tsuneshi Ivone, Japan (1984). *Geothermal Resources and Their Development in the vicinity of Rio Hondo Region of Santiago del Estero, Province, Republic of Argentina*.