

EVIDENCIA MAGNETOTELURICA DE FLUIDOS GEOTERMALES PROFUNDOS EN VALLE DEL CURA, SAN JUAN, ARGENTINA

Hernan Barcelona*, Alicia Favetto, Cristina Pomposiello, Gisel Peri

Instituto de Geocronología y Geología Isotópica – Universidad de Buenos Aires – CONICET,
Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

El Valle del Cura, localizado sobre el alta Cordillera de Los Andes en San Juan, presenta variadas manifestaciones geotermales entre las que se destacan las surgencias de agua hipotermal de Los Despoblados. El presente trabajo tuvo como objetivo la caracterización sub superficialdel del campo geotermal de Los Despoblados mediante un estudio magnetotelúrico. Se definió la distribución de resistividades en profundidad a partir de cinco modelos bidimensionales. La distribución espacial de las anomalías conductivas y resistivas determinadas permitió definir 3 dominios de resistividad. Dos dominios, resistivos, están vinculados a las características litoestratigráficas en Los Despoblados y el tercero, conductivo, esta posiblemente asociado a la actividad de fluidos de origen geotermal. Además, los resultados demuestran el fuerte control estructural del lineamiento NW-SE en la geometría de este sistema geotermal.

Palabras clave: magnetotelúrica, campos geotérmicos, Andes, Los Despoblados

ABSTRACT

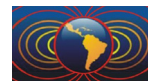
The El Cura valley, located in the high Andes of the San Juan province, Argentina, shows several geothermal manifestations, among which are those of hipothermal water surges of Los Despoblados. The present study was carried out with the aim of a subsurficial characterization of the Los Despoblados geothermal field by a magnetotelluric study. On the basis of five bidimensional models, the distribution of resistivities at depth was defined. Three resistivity domains were determined. Two, of high resistivity, were linked to different lithostratigraphic characteristics, while a third, of low resistivity, was associated to the activity of geothermal fluids. A strong structural control on the geometry of this geothermal system is also shown by these results.

Keywords: magnetotelluric, geothermal fields, Andes, Los Despoblados

Introducción

Los sistemas geotermales de alta entalpía se relacionan comúnmente a anomalías térmicas sub superficiales asociadas a la actividad volcánica. El Valle del Cura está situado sobre el segmento de subducción subhorizontal pampeano y se caracteriza por no presentar actividad volcánica significativa (Kay y Coira, 2009). Sin embargo, sobre el sector centro-norte del valle hay diversas evidencias de manifestaciones geotermales, tanto activas como inactivas. De estas evidencias se destacan las surgencias hipotermiales de agua en Los Despoblados, sobre el segmento septentrional del Valle del Cura. Las características geoquímicas generales de los manantiales en esta zona fueron relevadas y recopiladas por Pesce y Miranda (2003). Aunque los geotermómetros determinaron en forma preliminar temperaturas de la fuente mayores a 180° C, no hay estudios detallados sobre este campo geotermal.

La secuencia litoestratigráfica en Los Despoblados está compuesta de rocas volcánicas cretácicas a cenozoicas, rocas sedimentarias cenozoicas y depósitos aluviales (Limarino *et al.*, 1999; Charchaffie *et al.*, 2007). La estructura regional está caracterizada por una serie de lineamientos E-W a ESE-WNW, posiblemente relacionados con la tectónica extensional mesozoica y un sistema de fajas plegadas y corridas con dirección N-S que evolucionó desde los últimos 15 Ma (Limarino *et al.*, 1999; Winocur, 2010). Localmente, el desarrollo del depocentro estuvo favorecido por el lineamiento NW-SE Veladero-Despoblados y por fallas



directas que lo disectan parcialmente. Estas estructuras aparentan ejercer un control primario sobre la distribución de las zonas de surgencia de agua caliente.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el alcance y la potencialidad del fenómeno geotermal en Los Despoblados, Provincia de San Juan, Argentina (fig. 1). Para ello se realizó un estudio magnetotelúrico de alta densidad en la zona. La distorsión y dimensionalidad de la señal fue analizada detalladamente y se realizaron inversiones bidimensionales con el fin de determinar la distribución de resistividades en subsuelo. A partir de los resultados obtenidos se realizaron inferencias geológicas y sobre el sistema geotermal en Los Despoblados.

Muestreo magnetotelúrico

El método magnetotelúrico se basa en la medición de las variaciones naturales de los campos magnético y eléctrico en un punto determinado sobre la superficie de la tierra. A partir del análisis espectral de las variaciones medidas se conforma el tensor de impedancia y por medio de este se puede determinar la resistividad eléctrica en profundidad.

Un total de 47 sitios de muestreo fueron establecidos (fig. 1) y para la adquisición de los datos se utilizaron dos equipos. El equipo STRATAGEM de Geometrics se utilizó en todos los sitios para registrar altas frecuencias (1000 Hz a 10 Hz). Además, estas mediciones se complementaron en 18 sitios con el equipo de banda ancha EMI MT24, que permitió registrar frecuencias menores a 0.03Hz.

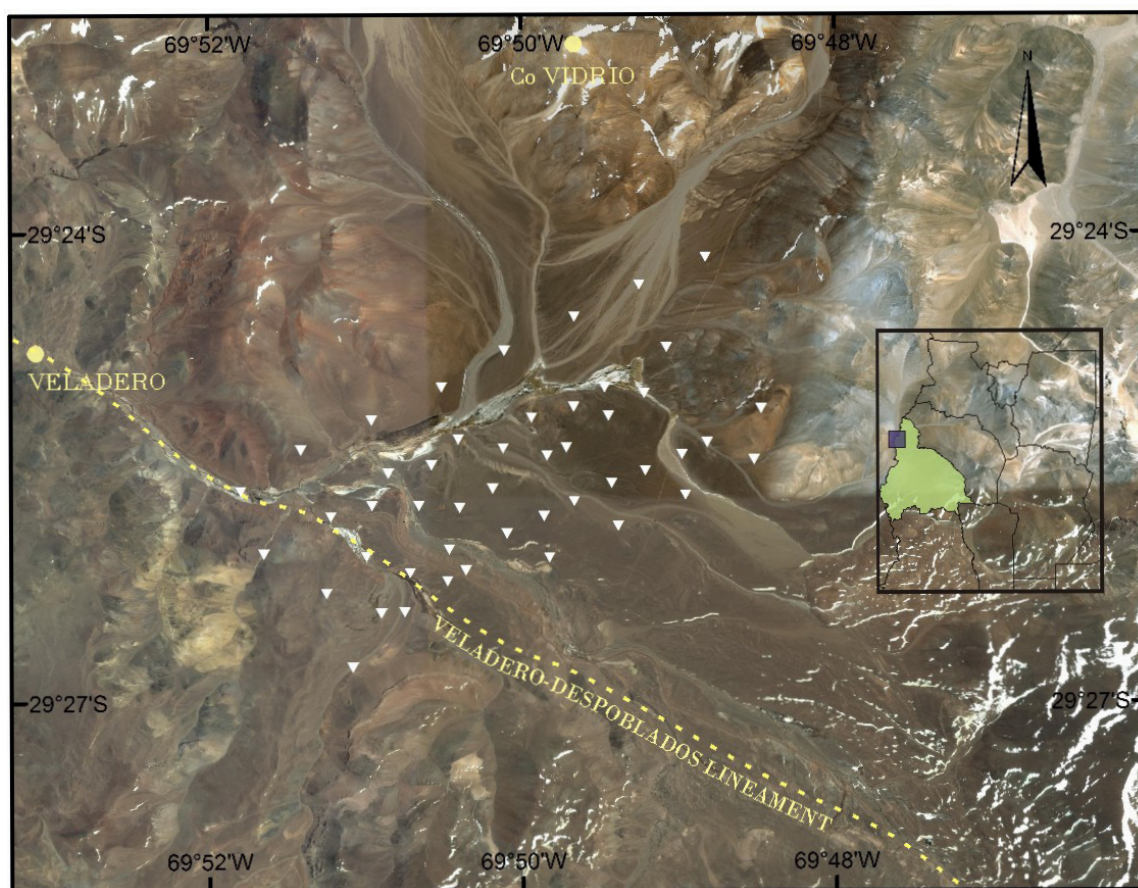


Figura 1. Localización del área de estudio y la distribución de los sitios MT-AMT (triángulos blancos). Recuadro: en verde, Provincia de San Juan; en violeta, Valle del Cura.



La ubicación y el arreglo geométrico de la grilla de muestreo se definieron mediante observaciones geológicas previas y en campo, interpretación de imágenes satelitales y por medio de resultados obtenidos previamente con Sondeos Eléctricos Verticales. Se realizaron cinco perfiles con dirección NE y la distancia entre estaciones fue menor a 500 m. Los extremos de los perfiles abarcaron los márgenes del depocentro de Los Despobaldos y el perfil más septentrional está íntegramente sobre el margen NW de la depresión. Los datos obtenidos mediante el STRATAGEM fueron analizados usando el software IMAGEM y los datos recolectados por el equipo MT24 fueron analizados usando el código de Egbert y Booker (1986) para el procesamiento robusto de la señal. Además, se realizó un estudio de la dimensionalidad, la distorsión y strike geoelectrico por frecuencia de las curvas obtenidas en cada estación.

Resultados e interpretación

Cinco inversiones bidimensionales fueron realizadas para caracterizar la distribución de resistividades en profundidad en la zona más crítica de Los Despoblados. El algoritmo de inversión utilizado, del tipo determinístico, fue desarrollado por Rodi y Mackie (2001) y fue corrido en la plataforma WinGlink. Las secciones resultantes aportaron las variaciones de resistividad iniciales con las cuales, mediante interpolación y filtrados, se obtuvo una matriz tridimensional. De esta forma se pudo interpretar los resultados en un modelo de resistividades pseudo-3D.

El modelo pseudo-3D de resistividades obtenido está sintetizado en las capas horizontales que se muestran en la Figura 2. Se identificaron anomalías resistivas y conductivas a partir de sus características de resistividad, distribución espacial y correlación geológica. Este conjunto de características permitió discriminar tres dominios de resistividades.

El dominio más resistivo (mayor a 300 Ωm) se relacionó con las vulcanitas del Grupo Choiyoi, de edad permo-triásica. El dominio intermedio presenta un rango de resistividades amplio (entre 20 Ωm y 200 Ωm). Según el contexto puede correlacionarse a depósitos aluviales y coluviales, zonas alteradas del Grupo Choiyoi e incluso a rocas volcánicas o sedimentarias suprayacentes a este magmatismo permo-triásico (*e.g.* Fm. Río de la Sal). El dominio conductivo (valores menores a 10 Ωm) se asoció con la presencia de facies minerales hidratadas, rocas porosas saturadas, alta densidad de fracturas, mayor porosidad efectiva y/o anomalías térmicas. Además, su epicentro coincide parcialmente con la manifestación de zonas de surgencia de agua caliente activas.

Conclusiones

Las anomalías descritas tienen una buena correlación con los rasgos litoestratigráficos y estructurales del área de estudio. Se estableció un modelo preliminar de la geometría del sistema que controla la zona de surgencia de agua caliente en Los Despoblados. Se destaca que la anomalía conductiva está acotada sobre el margen NW del depocentro, coincidente con el lineamiento estructural Veladero-Despobaldos. Se infiere que esta discontinuidad es el principal control estructural del sistema geotermal en Los Despoblados. Además, su prolongación desde la superficie hasta más de 3 km de profundidad apoya la interpretación de que las ocurrencias geotermales superficiales son parte de un sistema complejo de mayor orden de magnitud. Sin embargo, la correlación entre zonas de alta conductividad con la presencia de fluidos debe evaluarse con métodos alternativos (*e.g.* pozos, curvas de gradiente térmico) para su correcta interpretación. Por último, se destaca que el método magnetotelúrico resultó adecuado para el tratamiento de la problemática debido al contraste de resistividades entre las vulcanitas resistivas dominantes en la región y los fluidos con potencial origen geotermal.

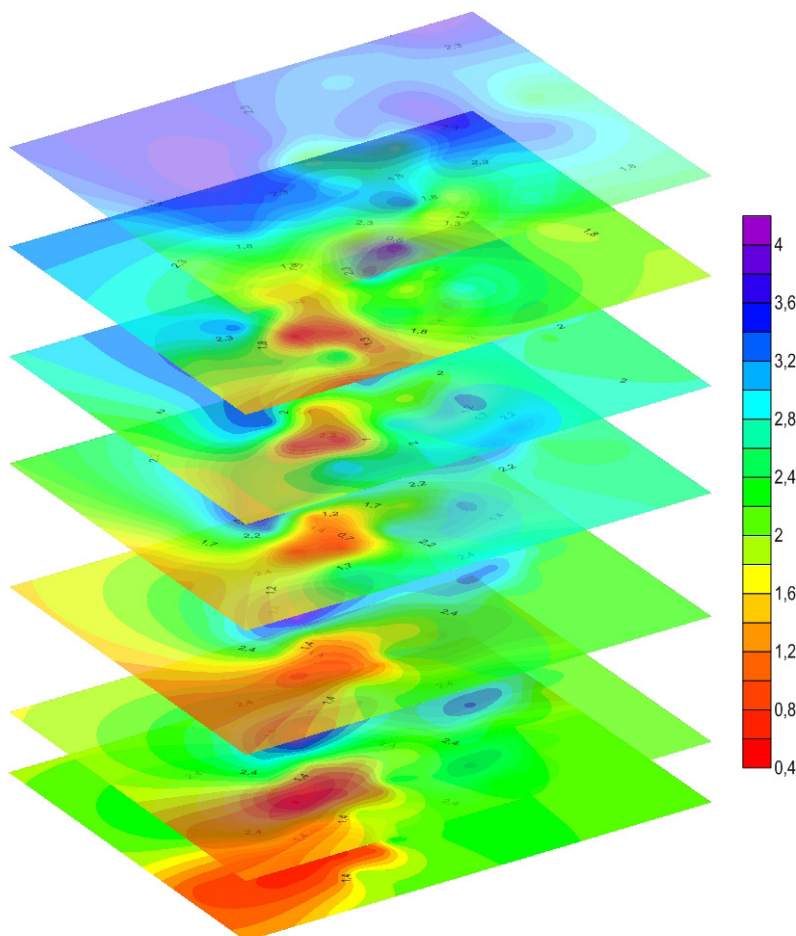
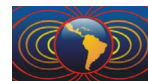


Figura 2. Distribución de resistividades hasta 3 km de profundidad a partir de una serie de capas horizontales obtenidas por medio de inversiones 2D. La escala de colores representa la resistividad eléctrica en log (Ωm)

Referencias

- Charchaflíe, D., Tosdal, R., Mortensen, J., 2007. Geologic Framework of the Veladero High-Sulfidation Epithermal Deposit Area, Cordillera Frontal, Argentina. *Economic Geology*, 102, 171-192.
- Egbert, G., Booker, J. R., 1986. Robust estimation of the geomagnetic transfer functions. *Geophysical Journal. Royal Astronomical Society* 87, 173-194.
- Kay, S. M., Coira, B. L., 2009. Shallowing and steepening subduction zones, continental lithospheric loss, magmatism, and crustal flow under the Central Andean Altiplano-Puna Plateau. *Geological Society of America Memoir* 204, 229-259.
- Limarino C. O., Gutiérrez. P. R., Malizia, D., Barreda, V., Page, S., Ostera, H., Linares, E., 1999. Edad de las secuencias paleógenas y neógenas de las cordilleras de la Brea y Zancarrón, Valle del Cura, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54 (2), 177-181.
- Pesce, A., Miranda, F., 2003. Catalogo de manifestaciones termales de la República Argentina. Eds. Servicio Geológico Minero, 165 p.
- Rodi, W., Mackie, R.L., 2001. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2D magnetotelluric inversion. *Geophysics* 66, 174-187.
- Winocur, D., 2010. Geología y estructura del Valle del Cura y el sector central del Norte Chico, provincia de San Juan y cuarta Región de Coquimbo, Argentina y Chile. Tesis Doctoral, UBA.