



XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



Geología  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

---

S6\_012

## **Rol de las distintas fuentes de calor en las aguas termales del área Villarrica-Chihuio, sur de Chile**

Sánchez, P.<sup>1</sup>, Alam, M.A.<sup>1</sup>

(1) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile.

[pvmsanchez@gmail.com](mailto:pvmsanchez@gmail.com)

### Introducción

Un sistema geotérmico es el resultado del intercambio de calor desde una fuente en profundidad o a través del calentamiento de agua meteórica, debido a la circulación profunda, como consecuencia del alto gradiente geotérmico. Los elementos necesarios para que un sistema geotermal exista son (1) una fuente de calor, (2) un reservorio donde se acumule fluido termal, (3) una barrera que evite el escape del calor y (4) recarga de agua meteórica que rellene el reservorio. Existen muchas condiciones geológicas que derivan en un sistema geotermal, por tanto todos los campos geotermales varían entre sí. La evidencia principal de la presencia de sistemas geotermales es la presencia en superficie de manifestaciones termales como fuentes termales y fumarolas.

En Chile, se han estudiado las fuentes termales en la zona norte y centro sur, aplicando técnicas geoquímicas y geofísicas [1] [2], destacando Tatio, Puchuldiza, Calabozos, Nevados de Chillán y Cordón Caulle. Un alto porcentaje (~30%) de las fuentes termales de Chile se produce entre los 38°S y 42°S [3] [4]. Trabajos anteriores en la zona, han identificado 44 manifestaciones termales con temperaturas en los puntos de surgencia que varían entre los 17°C y 93°C [4]. En esta zona existe interacción de los procesos volcánicos activos y aquellos de la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO). Se ha propuesto la infiltración de aguas meteóricas por fallas y fracturas asociadas a la ZFLO, como origen de algunas de estas fuentes [5].

Este trabajo es la presentación de los resultados preliminares del análisis comparativo entre fuentes termales a lo largo de la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui, en el cual se trata de determinar si su origen es el calentamiento debido a circulación profunda de aguas meteóricas sin intervención magmática o existe una fuente de calor magmática.

Los factores de primer orden que controlan los sistemas geotermales son la fuente de calor y la permeabilidad. Las características de la fuente de calor determinan la temperatura del sistema geotérmico, el origen de los fluidos y la interacción agua roca.



XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

Dentro de las fuentes de calor existente en el contexto geológico en la región de Liquiñe-Ofqui, se destacan: a) la existencia de cámaras magmáticas someras (<10 km) asociada a actividad volcánica reciente de carácter bimodal, b) conductos alimentadores de conos monogenéticos, c) calor friccional por desplazamiento en Zona de Falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO), d) alta tasa de exhumación en plutones que modifica las geotermas. Asociadas espacialmente al Volcán Villarrica, se encuentran las Termas Geométricas, con una temperatura variable de 86°C a 89°C [4].

La permeabilidad influye en la dirección de los flujos hidrotermales, la percolación profunda de aguas meteóricas y la existencia de manifestaciones termales. De esta forma, el aumento de permeabilidad secundaria debido a la ZFLO, ejercería control sobre los sistemas geotermales de la región. Ubicadas sobre la traza principal de la ZFLO se encuentran las Termas de Liquiñe, Termas de Chihuio y Baños de Cupido que se destacan por altas temperaturas, en el rango 70-85°C.

Se define para este estudio el área de Villarrica-Chihuio a aquella en donde se conjugan los rasgos descritos anteriormente, y presenta un gran número (17) de fuentes termales. Esta se ubica entre los 40°15'S y 39°15'S y los 72°10'W y 71°40'W. De las manifestaciones incluidas en el área Villarrica-Chihuio, existen 7 fuentes termales con temperaturas mayores a 60°C. De esta forma es posible analizar comparativamente la influencia de las fuentes de calor y la ZFLO, en las aguas termales.

#### Caracterización del área Villarrica-Chihuio

El objetivo general de este estudio es determinar el rol de las distintas fuentes de calor en las aguas termales existentes en el área Villarrica-Chihuio, a partir de un análisis comparativo entre aquellas asociadas espacialmente al volcanismo y aquellas cuyo origen está en relación directa con la zona de falla. Para esto se caracterizarán geoquímicamente las aguas termales provenientes de Termas San Luis, Termas Palguín, Termas de Vergara, Termas de Liquiñe, Termas de Coñaripe, Termas de Chihuio, Termas Cerrillo. Además se caracterizará el control estructural existente en el área de surgencia de las aguas termales.

El análisis geoquímico en zonas de manantiales calientes que se aplicará en este estudio es ampliamente utilizado como herramienta de caracterización y evaluación de los sistemas geotérmicos. El análisis de elementos conservativos provee de información de los procesos químicos que influyen la signatura geoquímica de las aguas termales [6]. Las concentraciones de cationes son utilizados para estimar la temperatura de los reservorios [6]. A partir de los análisis isotópicos de Deuterio y Oxígeno-18, es posible determinar el aporte meteórico y magmático de las aguas termales muestreadas.

Por otra parte, la caracterización del control estructural existente en las manifestaciones termales del área de estudio se realizará mediante un mapa de densidad de fracturas y fallas. Este mapa será generado luego de identificar y plotear los lineamientos en un



XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

---

Modelo Numérico de Elevación detallado, utilizando la metodología descrita para el campo geotérmico de Mokai, por Soengkono [7].

### Controles posibles

Dentro del área de estudio pueden identificarse tres dominios en función de la ubicación de las fuentes termales. En el extremo norte la presencia de centros volcánicos activos – volcán Villarrica, Quetrupillán –, cerca (<20 km) de las manifestaciones termales. En el extremo sur, la ubicación de las manifestaciones termales sobre la traza principal de la ZFLO y la total ausencia de volcanismo cercano (<20 km). En la zona central las manifestaciones termales se ubican tanto sobre la traza principal de la ZFLO, como en proximidad del volcán Mocho-Choshuenco.

Se tomaron 9 muestras de fuentes termales en los puntos de surgencia (Figura 1). Las fuentes de aguas termales para el dominio norte emergen principalmente de depósitos fluviales y depósitos volcánicos. En los dominios central y sur, emergen predominantemente de depósitos coluviales que sobreyacen el basamento granítico y metamórfico. Los resultados preliminares, para todos los dominios, muestran que la temperatura superficial de estas varía entre 37,5°C a 82,4°C. Además se encontraron aguas hipertermales (>50°C) en Termas de Coñaripe (72°C), Termas Liquiñe (73,3°C) y Termas de Chihuio (82,4°C). La totalidad de las aguas muestreadas son moderadamente alcalinas, con valores extremos de pH igual a 7,9 para Termas Vergara y pH igual a 9,5 para Termas Chihuio y Liquiñe. Se obtuvo una muestra de un manantial frío en el sector de las termas de San Luis, que presenta una temperatura de 11,9°C y un pH de 6,6. Además se tomó una muestra del río Chihuio, con 7,4°C de temperatura y un pH de 7,9. El modelo conceptual del sistema geotérmico que integre la caracterización geoquímica y estructural, será presentado en el XII Congreso Geológico Chileno.

### Referencias

- [1] Lahsen, A. (1976) Geothermal Exploration in Northern Chile. *Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Memoir*, vol. 25, 169-175.
- [2] Lahsen A., Sepulveda F., Rojas J., Palacios C. (2005) Present Status of Geothermal Exploration in Chile. *Proceedings of the World Geothermal Congress 2005*, Antalya, Turkey, 24-29 April, 2005.
- [3] Hauser, A. (1997) Catastro y Caracterización de las Fuentes de Aguas Minerales y Termales de Chile. *Subdirección Nacional de Geología y Minería Boletín*, vol. 50, 89 p.
- [4] Pérez, Y. (1999) Fuentes de Aguas Termales de la Cordillera Andina del centro - sur de Chile (39- 42° Sur). *Servicio Nacional de Geología y Minería Boletín*, vol. 54, 65 p.
- [5] Lahsen, A. (1986) Geoquímica de áreas geotermales de la cordillera de los Andes del sur de Chile, entre los 39°S y 40°S. *Comunicaciones*, vol. 36, 9-20.



XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

[6] Giggenbach W.F. (1991) Chemical Techniques in geothermal exploration. In "Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir development". F.D'Amore ed. UNITAR, Rome, Italy, 37-69.

[7] Soengkono, S. (2000) Assessment of faults and fractures at the Mokai geothermal field. *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000*, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000.

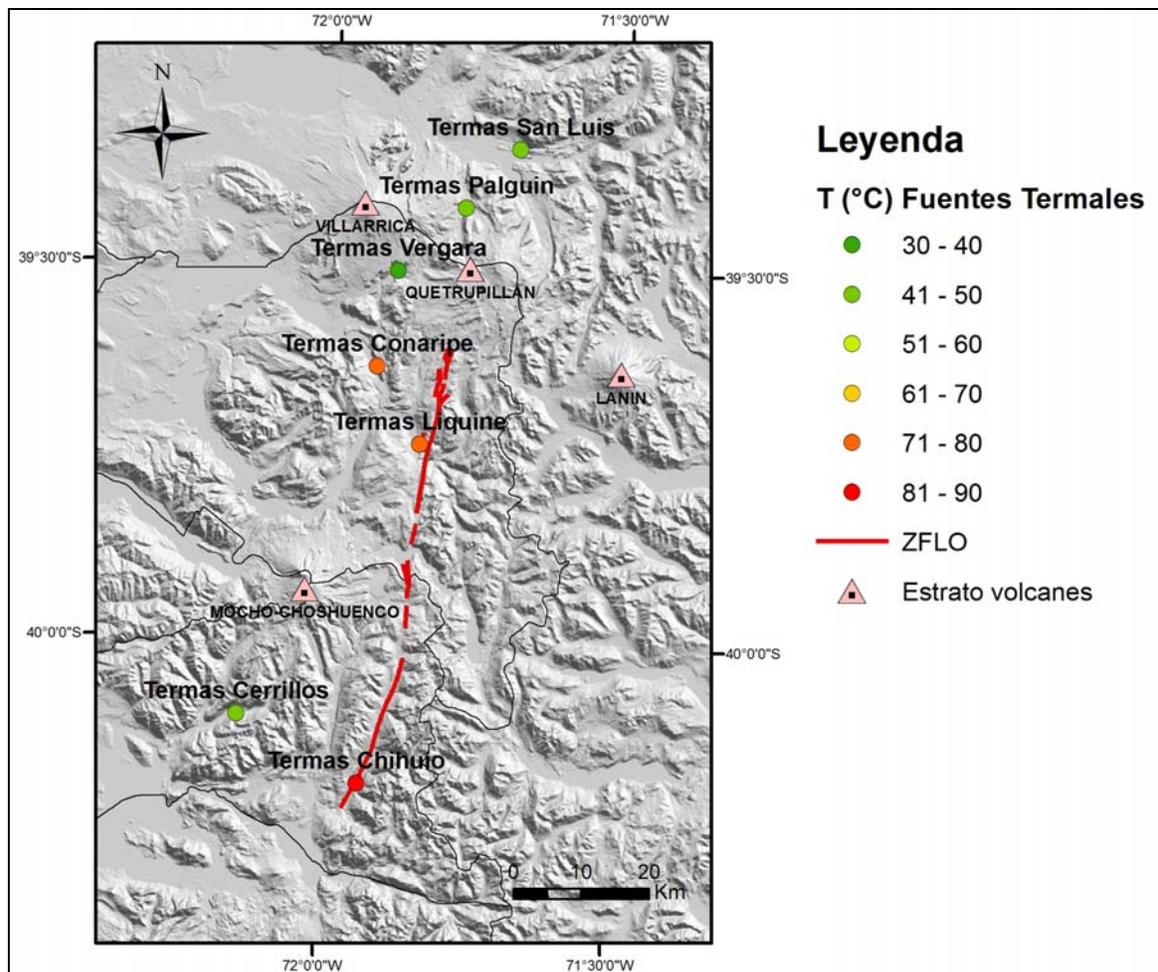


Figura 1: Zona Villarrica-Chihuido. Los puntos de colores indican el rango de la temperatura superficial de las fuentes termales muestreadas.