

## **Geotermia circular: el potencial de pozos en uso en una comuna densamente poblada de Chile**

Alfonso Mohor<sup>1</sup>, Linda Daniele\*<sup>1</sup>, Diego Morata<sup>1</sup>, Matías Taucare<sup>1</sup>, Marcos Macchioli<sup>1</sup>, Benjamín Carriel<sup>1</sup>, Sebastian Correa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología y Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Plaza Ercilla 808, Santiago, Chile.

E-mail: ldaniele@uchile.cl

**Keywords:** acuífero uso compartido; geotermia somera; uso múltiple infraestructura;

### **Resumen**

La geotermia de baja entalpía es una tecnología viable en acuíferos de uso compartido, ya que aprovecha las propiedades térmicas del acuífero sin comprometer el uso final de los volúmenes almacenados, representando una solución sostenible que se integra a la infraestructura existente, reduciendo costos sin comprometer su funcionalidad principal.

Para evaluar el potencial de este uso combinado, se realizaron diversas campañas de adquisición de perfiles de temperatura, nivel y conductividad eléctrica con sondas multiparamétricas en pozos de la empresa SMAPA, la entidad responsable de la gestión del agua potable en la comuna de Maipú, Región Metropolitana de Chile. El análisis incluyó la caracterización de parámetros clave, como el gradiente geotérmico local y la tasa de extracción de recurso hídrico desde el acuífero local, entre otros.

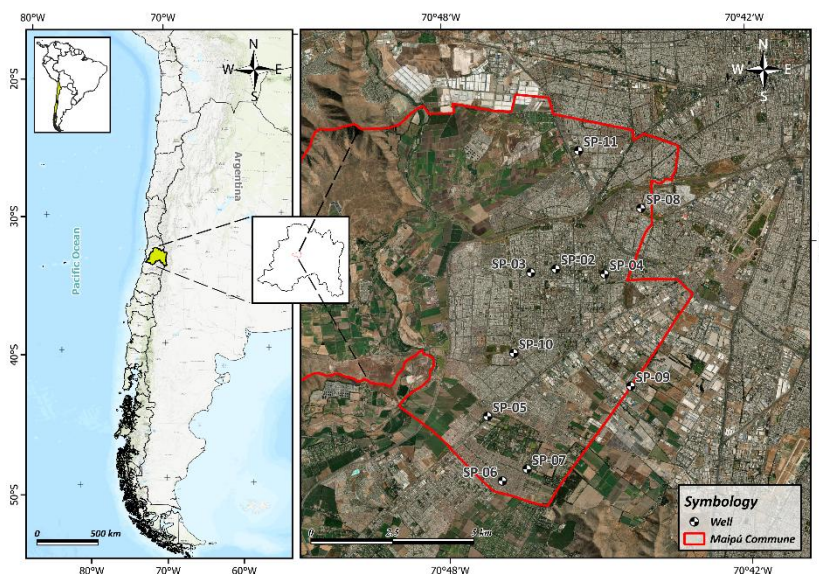
Los resultados confirmaron que el agua extraída por SMAPA podría generar suficiente energía térmica para climatizar entre 17.000 y 21.000 viviendas aproximadamente, sin comprometer los recursos hídricos destinados a consumo humano. Estos hallazgos subrayan la viabilidad técnica y energética del sistema, así como su potencial para contribuir al desarrollo de soluciones sostenibles en la gestión integrada de recursos hídricos y energéticos. Además, este estudio establece un precedente para la implementación de tecnologías geotérmicas en infraestructura existente, promoviendo modelos de gestión hídrica más eficientes y respetuosos con el medio ambiente en áreas urbanas. De esta manera, se presenta una oportunidad para promover un desarrollo socioeconómico "circular" que considera economizar en la implementación de tecnologías sostenibles en sectores de recursos reducidos.

## 1. Introducción

Dentro de los mayores desafíos globales que enfrentamos se encuentra garantizar el acceso de la población mundial a agua, energía y alimento, recursos vitales cuyo suministro se encuentra amenazado de acuerdo con las estimaciones de crecimiento demográfico y las proyecciones de variabilidad climática en el futuro próximo. Por otro lado, la interconexión y dependencias mutuas entre estos recursos no han sido aún estudiadas en profundidad, lo que dificulta la gestión integral de estos recursos.

No obstante, durante las últimas décadas, se ha puesto atención en el rol de las grandes ciudades, las mayores demandantes de agua, energía y alimentos, buscando implementar tecnologías más sostenibles que contribuyan a la reforzar la seguridad de suministro y a la descarbonización global [1]. Es en este contexto que la geotermia somera adquiere una especial relevancia por su capacidad de proveer energía térmica limpia, reduciendo así la dependencia de combustibles fósiles [1,2] y contribuyendo directamente a fortalecer la seguridad energética de las comunidades.

A pesar de las indiscutibles ventajas del uso directo de la geotermia, las dificultades de implementación son varias, y las barreras económicas son un real obstáculo a su implementación. Es así como nace la idea de proponer el aprovechamiento de la infraestructura hídrica ya existente, especialmente de pozos de extracción de agua subterránea, los que además de movilizar el recurso hídrico, indirectamente también captan la energía térmica del acuífero, aprovechado usando bombas de calor geotérmico (BCG, [3]). En este trabajo se presenta el caso de la comuna de Maipú (fig.1), situada en el Gran Santiago (Chile), donde el suministro de agua potable está al cargo de una empresa pública (SMAPA), la cual tiene importantes derechos de extracción de agua subterránea.



Maipú se emplaza principalmente sobre un acuífero aluvial de donde captan agua los 10 pozos usados en este trabajo.

**Figura 1.** Ubicación del área estudio y de los pozos

utilizados en los cálculos realizados.

## 2. Metodología

En 2024 se realizaron perfiles verticales de conductividad eléctrica y temperatura (Solinst 107 TLC) en los 10 pozos indicados en la figura 1. Posteriormente, utilizando supuestos razonables y cálculos de rendimiento se estimó el potencial térmico del acuífero en el área de estudio considerando sistemas abiertos. Luego, se calculó la energía térmica recuperable o almacenable utilizando las siguientes ecuaciones [4]:

$$(1) \quad H = \frac{Q \cdot C_w \cdot \Delta T}{1 - \frac{1}{COP}} \Leftrightarrow \frac{H}{Q} = \frac{C_w \cdot \Delta T}{1 - \frac{1}{COP}}$$

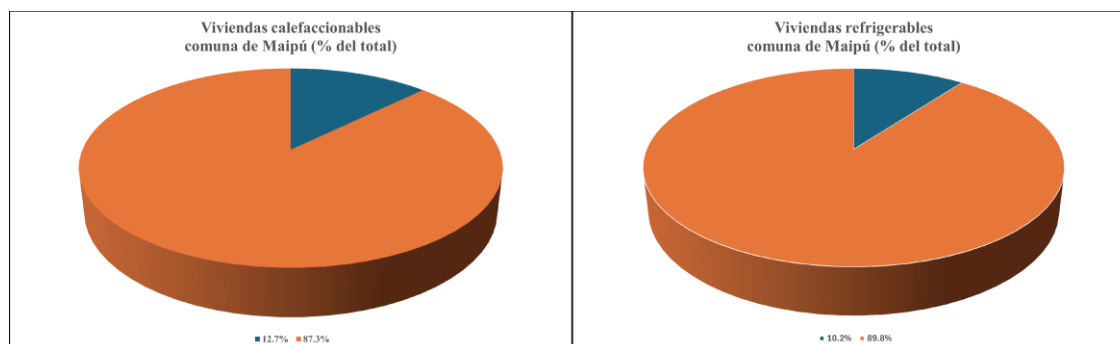
$$(2) \quad COP = 0.5 * \frac{T_h + 273}{T_h - T_w}$$

$$(3) \quad EER = 0.4 * \frac{T_c + 273}{T_{wc} - T_c}$$

La ecuación 1 permite calcular, ya sea los watts de potencia térmica extraíble en consideración de un caudal (Q) dado (términos a la izquierda de la equivalencia), o el contenido de energía térmica extraíble por kg de agua en Joule/Kg. Esta ecuación utiliza el COP (coeficiente de rendimiento; Ec. 2) ya que representa el caso en que se utiliza una bomba de calor para calefacción. No obstante, basta con reemplazar el COP por el EER (razón de eficiencia energética; Ec. 3) para calcular el caso de uso de BCG para refrigeración. Luego, para realizar los cálculos una serie de parámetros deben ser asumidos a partir de recomendaciones técnicas como por ejemplo la temperatura de trabajo de los sistemas de distribución para los casos de calefacción y refrigeración.

## 4. Resultados y discusión

Los datos de temperatura medidos muestran que en los primeros 120 m de profundidad, la temperatura varía entre 16°C y 19°C. Para efectos de los cálculos, tomando como referencias las temperaturas en los niveles más profundos de cada pozo obtuvimos una temperatura promedio de 17,1°C. A continuación, con estos valores como referencia, extrapolamos los rendimientos a la totalidad de los pozos de agua inscritos por la Municipalidad de Maipú, y en consideración de sus caudales otorgados por la Dirección General de Aguas (DGA), logramos estimar una cantidad de Watts de potencia térmica que podrían ser suplidos para calefacción y refrigeración de espacios. Por otro lado, de acuerdo con la norma NCh 1079-2008, Maipú se ubica en la zona climática Central Interior 5, donde la demanda térmica para calefacción y refrigeración es de 54 W/m<sup>2</sup> y 59 W/m<sup>2</sup>, respectivamente. Además, de acuerdo con diferentes fuentes, las viviendas de Maipú tienen superficies promedio entre 60 m<sup>2</sup> y 81 m<sup>2</sup>. Finalmente, con ello calculamos que, utilizando sólo la infraestructura hídrica existente para agua potable en Maipú, e implementando sistemas de BCG, sería posible climatizar entre 17.000 y 21.000 viviendas, el 10,2 - 12,7% del total (Fig.2), sin afectar la calidad del recurso hídrico.



**Figura 2.** Porcentaje de hogares que, de acuerdo con los cálculos realizados, sería posible climatizar mediante el uso de BCG.

## 5. Conclusiones

El uso de bombas de calor geotérmico para la climatización de espacios puede generar un importante impacto en la sociedad, ayudando a mitigar los efectos de climas cada vez más hostiles e impredecibles. Hemos calculado que, utilizando sólo los pozos de extracción de agua potable de la comuna de Maipú, es posible climatizar hasta 21.000 hogares, lo que representa entre un 10- 12% del total de la comuna.

Estos resultados invitan a plantear soluciones energéticas a partir de infraestructura hídrica existente cuyo suministro y uso final no es función de la temperatura. Integrando lo existente con tecnología limpia se promueve un desarrollo socioeconómico "circular" en sectores de recursos reducidos. Si bien son resultados alentadores, son sólo un primer cálculo de potencial que debe ser ulteriormente elaborada incluyendo parámetros adicionales para evaluar la posible implementación y factibilidad.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto Anillo "Water-Energy-Food Nexus for Urban areas in Central Chile (WEF-Chile)" (ANID-ATE220029) y es una contribución al mencionado proyecto y al Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA).

## Referencias:

- [1] Vargas, C.A., Caracciolo, L. & Ball, P.J. Geothermal energy as a means to decarbonize the energy mix of megacities. *Commun Earth Environ* 3, 66 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00386-w>
- [2] Mpandeli, S., Nhamo, L., Senzanje, A., Jewitt, G., Modi, A., Massawe, F., & Mabhaudhi, T. (2022). Chapter 1 - The water–energy–food nexus: Its transition into a transformative approach. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91223-5.00004-6>
- [3] Mahia, C. R., Rabanal, F. P. Á., Coupe, S. J., & Fontaneda, L. Á. S. (2023). The Role of Geothermal Heat Pump Systems in the Water–Energy Nexus. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24524-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24524-4_7)
- [4] CEGA. (2022). Guía práctica uso de geotermia somera para climatización. <https://tantaku.cl/guia-practica-uso-de-geotermia-somera-para-climatizacion/>