

El largo, lento y tortuoso desarrollo de la generación de electricidad con geotermia en Chile

Diego Morata^{*1}, y Gloria Arancibia²

¹ Departamento de Geología y Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA). Universidad de Chile. Plaza Ercilla 808, Santiago, Chile (E-mail: dmorata@ing.uchile.cl)

² Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica Geología y Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile (E-mail: garancibiah@uc.cl)

ABSTRACT:

Hace ya más de un siglo que Landerello SPA realizó los primeros estudios geotérmicos en El Tatio, norte de Chile, donde pozos exploratorios apuntaban a un potencial de hasta 50 MWe. Con esos estudios, Chile se constituyó en el tercer país en el mundo (tras Italia y Japón) en desarrollar la exploración de sistemas geotermales con miras a la generación de electricidad. Sin embargo, a pesar de esas primeras iniciativas, tuvo que pasar décadas de intentos fallidos para desarrollar la geotermia en Chile. Recién en noviembre del 2017, se inauguró la primera planta comercial de generación de electricidad mediante geotermia en Sudamérica, en el norte de Chile a unos 4500 m s.n.d.m. Esta fue gracias a un *joint venture* entre Enel Green Power y la empresa nacional de petróleo ENAP, a través de la empresa Geotérmica del Norte. Actualmente, en la planta Cerro Pabellón hay 81 MWe instalados de energía limpia que se inyecta a la red eléctrica nacional. A pesar de este paso histórico, varias singularidades del sistema económico de Chile hacen que el desarrollo de la geotermia realmente no despegue con la fuerza que cabría esperar para su potencial geológico. Un informe elaborado por el Ministerio de Energía de Chile en 2018, a través de la Mesa de Geotermia, demostró que, de darse las condiciones económicas adecuadas, en el 2050 Chile podría llegar a tener una capacidad de generación de electricidad con geotermia de ~2000 MWe.

Se ha avanzado mucho en lo que respecta a la exploración geológica y geotérmica de numerosos sistemas de alta, media (y baja) temperatura a lo largo del país. Pero, a pesar de haber superado gran parte de las barreras científico y técnicas relacionadas con la incertidumbre propias de las etapas de exploración de los

recursos geotermiales, determinados factores económicos, políticos y legislativos, están condicionando el estancamiento del desarrollo de la geotermia en el país.

Keywords: Andes Chilenos, Cerro Pabellón, Chile, generación de electricidad, potencial geotérmico, volcanismo.

1. Introducción

La Cordillera de Los Andes en Chile es el resultado de una subducción continua desde comienzos del Mesozoico de la placa oceánica de Nazca bajo el continente Sudamericano. Esta configuración geológica particular permite el desarrollo de actividad magmática de manera prácticamente continua a lo largo del país. De hecho, hoy día Chile tiene más de 200 volcanes potencialmente activos y al menos una docena de calderas volcánicas cuaternarias [1], condiciones óptimas para poder afirmar que existen áreas donde la fuente de calor para el desarrollo de sistemas geotermales estaría asegurada. Más aún, la conjunción de esta fuente de calor distribuida a lo largo de todo el país, junto con la presencia de abundantes y complejos sistemas de fallas que favorecen el desarrollo de permeabilidad secundaria y la presencia de centenas de manifestaciones termales de media y alta temperatura, han permitido clasificar a los Andes Chilenos como una gran factoría de clase mundial de sistemas geotermales convectivos [2,3]. Esta configuración atrajo la atención, a comienzos del s. XXI, de numerosas empresas interesadas en desarrollar exploración geotermal encaminadas a poder implementar plantas de generación eléctrica mediante geotermia a lo largo del país.

2. Luces y sombras para el desarrollo de la geotermia en Chile

A pesar las condiciones geológicas favorables para el desarrollo de sistemas geotermiales a lo largo del país, hay que reconocer que la historia de la geotermia en Chile ha tenido más sombras que luces y, hoy día, si bien ya hay una planta de generación de electricidad con geotermia, existe una gran incertidumbre sobre el futuro de esta fuente de energía en Chile.

Es interesante resaltar que Chile comenzó su andadura en la exploración geotérmica muy a comienzos del s. XX en el Norte del país, cuando un informe realizado por E. Tocchi en 1923, ingeniero de la empresa Larderello Spa, apuntaba

que en el sector de El Tatio se podrían generar hasta 50 MWe [3]. ¿Qué hubiese pasado si el estado chileno hubiese tomado la decisión de desarrollar un proyecto geotérmico en ese sector de la Cordillera de los Andes chilenos? Posiblemente hoy día sería una potencia geotérmica mundial, ya que en esa época tan sólo existía una planta instalada en Larderello y sólo se había desarrollado exploración geotérmica en Italia, Japón, Estados Unidos y Chile. Pero claramente el estado de desarrollo económico e industrial de ese Chile de comienzos del siglo XX, no favorecía el desarrollo de una fuente de energía tan innovadora y desconocida como lo era la geotermia en esa época.

Hubo otros intentos de fomentar la geotermia a nivel país, pero ninguno llegó a buen puerto [3]. Incluso a comienzos del siglo XXI, el estado de Chile promulgó la Ley Geotérmica (ley 19.657) que permitía a empresas privadas la exploración y explotación de recursos geotermales a lo largo del país. Fueron unos años de intensa actividad geotermal en el país, con presencia de una decena de empresas instaladas en Chile y con hasta 75 áreas concesionadas a lo largo de la Cordillera de los Andes para la exploración geotermal. Coincidió ese período, además, con un precio elevado de la electricidad, lo que hacía de la potencial generación de electricidad mediante geotermia, un negocio muy rentable. Pero surgieron barreras técnicas, sociales, políticas y económicas [4] que fueron minando el interés de las empresas. Se sumó la baja de los precios de la electricidad y la alta incertidumbre en la exploración y explotación de los recursos geotermales, junto a un aumento explosivo de la generación de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos de menor costo. Estos factores hicieron que la llamada “fiebre del oro geotermal” de Chile se fuese apagando para entrar nuevamente en un período de incertidumbre al respecto [3].

En el 2018, el Gobierno de Chile, a través del Ministerio de Energía, y con fondos del Banco Mundial, conformó lo que se llamó la Mesa de Geotermia [5], convocando a desarrolladores, academia y tomadores de decisiones a analizar el impacto que tendría la entrada de la geotermia en la matriz energética chilena. Se traspresentaron costos y potencial geotérmico disponible que podría ser implementado en el 2023 (599 MWe) y al 2050 (1487 MWe) si las condiciones económicas fuesen favorables para ello (figura 1). Fue la primera vez que una instancia gubernamental levantaba datos para poder concretar el potencial geotérmico disponible en el país. Los resultados fueron muy interesantes: podrían inyectarse hasta 2000 MWe en la matriz eléctrica nacional, con sistemas geotermales distribuidos a lo largo del país, permitiendo una mayor y mejor seguridad energética. Considerando que la geotermia es una energía limpia,

constante, 24/7 con un factor de planta de hasta el 90% (o incluso superior), constituye un anhelo estratégico para favorecer la independencia energética en muchos países. Sin embargo, a pesar de estos resultados más que interesantes y avalados por datos procedentes de las empresas desarrolladoras, el Ministerio de Energía y el Banco Mundial, a fecha de mayo del 2025, tan sólo hay 3 áreas concesionadas para la exploración geotermal en el país y 7 concesiones de explotación vigentes, sumadas a solo una nueva solicitud de exploración y 3 solicitudes de explotación en trámite por parte del Ministerio de Energía de Chile (<https://energia.gob.cl/educacion/que-es-la-geotermia>).

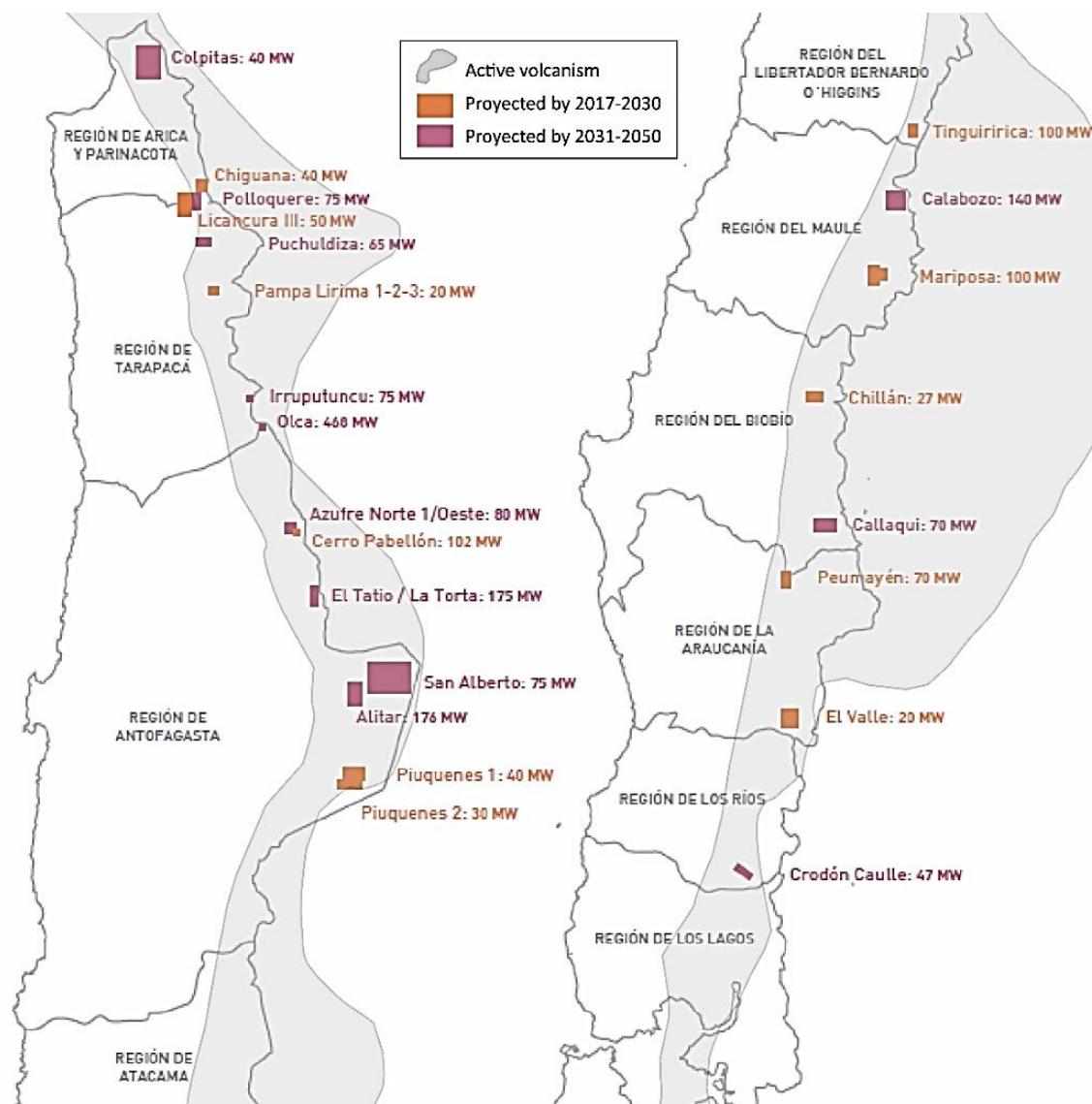


Figura 1. Áreas con potencial geotérmico para generación de electricidad que podrían ser incorporadas en la matriz energética de Chile para el período 2030-2050 según [5].

3. Cerro Pabellón: la primera planta comercial de generación de electricidad con geotermia en Sudamérica

Si bien, Chile fue pionero en la exploración en geotermia, tuvo que pasar un siglo para que en el 2017 se inaugurase la primera planta geotérmica comercial en Sudamérica: Cerro Pabellón, planta geotérmica desarrollada por Geotérmica del Norte, un *joint venture* entre Enel Green Power (84.6%) y la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP, 15.4%), ubicada en la Cordillera de los Andes, a unos 4500 m de altitud. Esta planta se constituyó en la primera experiencia comercial de Sudamérica en generar electricidad, marcando un hito histórico mundial. Fueron inicialmente dos unidades binarias HE-ORC que comenzaron a inyectar 48 (24+24) MWe de energía limpia al sistema eléctrico nacional. A finales del 2022 una tercera unidad binaria HE-ORC ha sido implementada, inyectando 33 MWe adicionales, lo que supone una capacidad total instalada en el país de 81 MWe.

A pesar de este importante paso, lamentablemente, el desarrollo de la industria geotérmica en el país está sujeta a una gran incertidumbre. Aunque se han desarrollado algunos proyectos vinculados a la baja y media temperatura (calefacción local, invernaderos, hospitales, ver [6]), no hay claridad sobre cual podría ser el siguiente sistema geotermal que pudiese ver una nueva planta geotérmica, ni en cuánto tiempo.

4. Conclusiones.

Se ha avanzado mucho en lo que respecta al conocimiento geológico de sistemas geotermales de alta temperatura en el país, y se han superado muchas de las barreras científico y técnicas relacionadas con la incertidumbre propia de las etapas de exploración de los recursos geotermales. Sin embargo, hoy día existen barreras económicas, políticas y legislativas, que siguen frenando el desarrollo de la geotermia Chile. Es de esperar que políticas energéticas focalizadas al desarrollo estratégico sustentable y sin combustibles fósiles, permitan un nuevo rebrote de la geotermia nacional y se pueda, finalmente, llegar a consolidar como una industria madura a nivel nacional y regional.

Agradecimientos. Este trabajo es una contribución al Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA).

Referencias:

- [1] Stern, Ch.R.: Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista Geológica de Chile*, 2004, 31 (2), pp. 161-206.
- [2] Morata, D., Aravena, D., Lahsen, A., Muñoz, M. and Valdenegro, P.: Chile up-date: the first South American Geothermal power plant after one century of exploration. *Proceedings World Geothermal Congress 2020*, Reykjavik, Iceland, April 26 – May 2.
- [3] Morata, D. & Arancibia, G.: Geothermal power plants at high altitude: the Chilean experience. In DiPippo, R., Gutiérrez-Negrin, L. C., Chiasson, A. (eds) *Geothermal Power Generation - New developments and innovations*. 2nd Edition, Elsevier, 2025, Cap. 26, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-24750-7.00006-3>
- [4] Sánchez-Alfaro, P., Sielfeld, G., Campen, B.V., Dobson, P., Fuentes, V., Reed, A., Palma-Behnke, R., Morata, D.: Geothermal barriers, policies and economics in Chile – Lessons for the Andes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, 51, pp. 1390-1401.
- [5] Mesa de Geotermia, 2018, <http://www.minenergia.cl/mesa-geotermia>.
- [6] Morata, D., Daniele, L., Taucare, M., Alarcón, J.P., Aravena, D., Bravo, B., Macchioli, M., Mohor, A., Valdenegro, P., Vargas, S.: Uso directo de la geotermia en Chile: mucho más que generación de electricidad. *Latin-American Geothermal Congress 2025*.