

## Barreras y oportunidades para el desarrollo de los recursos geotérmicos en la región sub-andina: los casos de Perú y Chile

Héctor Gutiérrez Puente y Alma Santa Rita Feregrino

Energías Alternas, Estudios y Proyectos, SA de CV, Jose María Velasco 110 Despacho 103, Col. San José Insurgentes, México, 03900, D.F. Correo: [hgpunte@enal.com.mx](mailto:hgpunte@enal.com.mx)

### Resumen

La cordillera de los Andes forma parte del llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se encuentran los volcanes más activos del mundo y una gran cantidad de sismos, pero también una enorme cantidad de recursos geotérmicos. A pesar de su abundancia y de las múltiples ventajas que representa la generación geotermoeléctrica, aún no ha comenzado su aprovechamiento en la región andina. La compañía mexicana ENAL (Energías Alternas, Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.), especializada en la identificación y desarrollo de proyectos geotérmicos, ha analizado los casos de Chile y Perú con el objetivo de identificar las barreras y retos que existen para el despegue de la geotermia en estos países. Chile y Perú cuentan con un gran potencial de recursos geotérmicos, con un sólido marco legal y regulatorio, especialmente diseñado para el tema, así como un largo historial de censos y evaluación de sus recursos geotérmicos, y sin embargo no tienen a la fecha un solo campo geotérmico en producción. El equipo de ENAL llevó a cabo una investigación exhaustiva, que incluyó entrevistas con actores clave de la industria, la academia y el propio gobierno de estas naciones, así como con expertos internacionales, con el fin de tener una visión que integre todos los obstáculos y las posibles estrategias para lograr el despliegue de esta fuente de energía. En este trabajo se presenta un resumen de la investigación y de los factores que se considera han tenido una mayor influencia en el estado actual de la geotermia en ambos países. Existe algunas dificultades impuestas por los propios marcos legales, otras derivadas de la ubicación de los recursos geotérmicos, generalmente en sitios remotos, alejados de los centros de consumo y de los sistemas de transmisión eléctrica, así como algunas de carácter social, debido a la poca información con la que se cuenta y a la percepción negativa con relación a posibles impactos ambientales de la geotermia.

*Palabras clave:* Desarrollo geotérmico, marco regulatorio, barreras.

### Barriers and opportunities for development of geothermal resources in the sub-Andean region: the Peru and Chile cases

### Abstract

The Andes mountain range is part of the so-called Pacific Ring of Fire, with the world's most active volcanoes and a lot of earthquakes, but also an enormous amount of geothermal resources. Despite its abundance and the many advantages of geothermal-electric generation, geothermal energy has not yet begun to be used in the Andean region. The Mexican company ENAL, specializing in the identification and development of geothermal projects, analyzed the cases of Chile and Peru with the aim of identifying the barriers and challenges for takeoff geothermal energy in these countries. Chile and Peru have high potential for geothermal resources, with a strong legal and regulatory framework, especially designed for geothermal as well as a long history of census and assessment of geothermal resources, and yet don't have to date a single geothermal field in production. ENAL conducted a thorough investigation, which included interviews with key industry players, academia and the government of these nations as well as international experts in order to have a vision that integrates all obstacles and

possible strategies for the deployment of this energy source. In this paper we present a summary of the research and the factors considered to have had a greater influence on the current status of geothermal energy in both countries. There are some constraints imposed by their own legal frameworks, others derived from the location of geothermal resources, usually in remote locations away from the centers of consumption and electric transmission systems, as well as some social, due to poor information and the already negative perceptions regarding potential environmental impacts of geothermal energy.

**Keywords:** Geothermal development, regulatory framework, barriers.

## 1. Introducción

La necesidad de nuevas fuentes de energía constituye un asunto de atención prioritaria para los gobiernos en todos los países, no sólo para atender inquietudes de seguridad energética y crecimiento económico sino además por la creciente preocupación por los efectos del cambio climático. Para el sector privado, las oportunidades de negocios que encierran las fuentes renovables de energía y el fortalecimiento que su aprovechamiento representa para la industria existente, son el común denominador de su interés en el tema.

La geotermia surge como una de las alternativas de energía limpia con mayor madurez en el mundo, y en el caso particular de la región andina ofrece un enorme potencial que ha sido escasamente aprovechado hasta ahora.

La cordillera de los Andes concentra los volcanes más activos del planeta y con ellos una gran cantidad de energía geotérmica confinada en sus profundidades, lo que ha captado el interés de especialistas en la materia desde hace décadas. Se han llevado a cabo diversos esfuerzos orientados al aprovechamiento de la geotermia, desde estudios exploratorios para la evaluación de potenciales hasta el diseño e implementación de lineamientos de política para su promoción y fomento. Sin embargo, su futuro todavía es incierto.

En las siguientes líneas se analizan someramente los casos de Chile y Perú, países que cuentan con un gran potencial de recursos geotérmicos y que pueden representar importantes oportunidades de desarrollo para empresas e ingenieros mexicanos.

## 2. Chile

El territorio continental de Chile se encuentra totalmente dentro del llamado Cinturón de Fuego Circumpacífico y alberga el 10% de los volcanes activos del mundo. Por ello su potencial genera grandes expectativas, aunque sólo se cuenta con estimaciones poco precisas y de amplios rangos sobre el potencial geotérmico de las diversas regiones del país. Por ejemplo, expertos de la Universidad de Chile han calculado un potencial de 16,000 MW, pero sin que la cifra haya sido corroborada por exploraciones formales. Por su parte, la Empresa Nacional de Petróleo (ENAP) es menos optimista y estima que el potencial geotérmico podría alcanzar los 3350 MW.

Con una de las economías más dinámicas en Latinoamérica y 17.6 millones de habitantes, el sector energético chileno enfrenta importantes retos: crecimiento sostenido de los consumos eléctricos, altos precios de la energía, desabasto y limitadas fuentes de energía fósil en el territorio. La capacidad

instalada de generación eléctrica es de apenas 16,970 MW, basada en un 34% en generación hidroeléctrica, 63% en generación térmica con plantas a base de gas natural y carbón, y 3% de generación con Energías Renovables no Convencionales (ERNC), que incluyen energía eólica, mini-hidráulica y biomasa. Sin embargo, se estima que para mantener las expectativas de crecimiento económico de Chile se necesitarán 8000 MW adicionales para el año 2020.

Se espera que la participación de las ERNC se incremente y que la industria geotérmica tenga su muy esperado despegue. La historia de la geotermia en Chile empezó desde principios del siglo XX en la zona de El Tatio, ubicada al norte y a más de 4 mil metros de altura. Hacia finales de la década de los sesentas, con financiamiento de países como Italia, Nueva Zelanda y Japón, así como del propio estado y del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se desarrollaron exploraciones en las zonas de El Tatio, Puchuldiza, Pampa Lirima y Surire. En el año 2000 se publicó la Ley de Concesiones de Energía Geotérmica (Ley número 19.657), que establece los lineamientos para el otorgamiento de los derechos de exploración y explotación de estos recursos y de la que se darán detalles más adelante. Hoy existen alrededor de veinte empresas geotérmicas privadas en Chile, que se muestran convencidas de las oportunidades de negocio que encierra esta industria en el país y que llevan a cabo actividades formales en todas las regiones en las que se divide el país.

El futuro de la geotermia en Chile será determinado por la manera en la que se enfrenten los obstáculos que han sido identificados hasta el momento. Algunos de ellos se describen a continuación.

El sector energético en Chile fue uno de los primeros en abrirse a condiciones de competencia en el mundo en los años ochenta, y desde entonces se ha caracterizado por una economía basada en un libre mercado. Por ello, el gobierno está completamente en contra de otorgar cualquier tipo de incentivo que pueda distorsionar las condiciones del mercado.

Sin embargo, a diferencia de otras energías renovables como la solar o la eólica, la energía geotérmica requiere de una fuerte inversión inicial para la perforación de pozos exploratorios, con un alto riesgo de que no se confirme la existencia de un yacimiento comercialmente aprovechable, por lo que es posible perder las inversiones iniciales o que estas se incrementen demasiado.

Para garantizar que la geotermia compita bajo igualdad de circunstancias con otros recursos renovables, debería existir algún incentivo específico para facilitar la etapa de exploración, como podrían ser beneficios fiscales o instrumentos para facilitar la internación de equipo y personal especializado, que tiene gran complejidad hoy en día.

Es necesario además promover un mayor conocimiento de la geotermia entre los consumidores potenciales y los agentes financieros, para demostrar que esta fuente de energía es competitiva con otras tecnologías y que incluso ofrece ventajas sobre otros tipos de generación eléctrica, con lo que el proceso de negociación de contratos de largo plazo se facilitaría así como el acceso a financiamiento.

Es importante también promover el fortalecimiento de las estrategias comerciales entre las empresas generadoras y buscar sinergias con grandes industrias como la minera.

Otro aspecto importante que el Chile ha dificultado el desarrollo de la geotermia, es que los mejores prospectos geotérmicos suelen hallarse en áreas remotas y de difícil acceso, lejos de líneas de transmisión existentes. El costo de la línea de transmisión puede ser muy alto, lo que a su vez

incrementa el costo de inversión inicial del proyecto en su conjunto. En proyectos de poca capacidad, este incremento en la inversión puede volverlos económicamente inviables.

Además de las dificultades geográficas, hay algunos conflictos territoriales con comunidades indígenas ya que la mayoría de los sitios con potencial geotérmico se encuentran en regiones autóctonas. La política gubernamental en este aspecto no es homogénea, sino que suele ser distinta en cada región. Esto también dificulta las negociaciones y alarga el inicio de las actividades de exploración geotérmica.

Existe también una percepción negativa sobre el impacto ambiental de la geotermia. Debido a experiencias como la vivida en la región de El Tatio, donde un pozo geotérmico exploratorio quedó fuera de control, se observa cierto rechazo social en algunos sitios, lo que además influye en la expedición de permisos ambientales, proceso que suele ser largo e inflexible. Dada la propia naturaleza de los proyectos geotérmicos, los permisos deberían tener cierta flexibilidad y permitir que los proyectos puedan adaptarse de acuerdo al desarrollo de la exploración sin afectar el impacto ambiental manifestado. Es necesario promover un mayor conocimiento en los aspectos ambientales de la geotermia, difundir sus auténticos posibles impactos y fomentar la capacitación al respecto.

Por otro lado, en Chile existe una limitada oferta de servicios locales enfocados hacia la exploración y perforación, principalmente en lo que se refiere a equipos, herramientas y personal especializado. Dada la vocación minera de Chile, la experiencia de los geólogos de ese país se basa principalmente en esa industria. Hoy no existe capital humano capacitado para el desarrollo, operación y mantenimiento de una planta geotérmica.

Es necesario diseñar mecanismos que permitan el desarrollo de capacidades locales ya que a la fecha gran parte de los recursos humanos son llevados a Chile desde otros países con altos costos de operación.

De acuerdo con información del Ministerio de Energía, hacia finales de 2012 había 74 concesiones de exploración geotérmica aprobadas, con diferentes niveles de avance. También se habían otorgado seis concesiones de explotación geotérmica, dos de las cuales se encuentran en proceso de autorización ambiental para comenzar la construcción de sus respectivas plantas geotermoeléctricas, pero ninguna ha empezado.

Los proyectos geotérmicos de más relevancia en Chile son los de Cerro Pabellón y Tolhuaca, que se describen brevemente a continuación.

### **Proyecto Cerro Pabellón**

Desarrollado por la Empresa Geotérmica del Norte, S.A. (GDN), una empresa conjunta entre la italiana Enel Green Power y la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), este proyecto se ubica en el sector de Pampa Apacheta, comuna de Ollagüe, Provincia El Loa, Región de Antofagasta. GDN ha efectuado campañas de exploración superficial y profunda en el área con resultados favorables, lo que ha permitido concluir que existe un reservorio geotérmico con potencial energético aprovechable.

El proyecto considera 50 MW de capacidad compuesta de una planta a condensación de 40 MW y de una planta de ciclo binario con capacidad de 10 MW. Cerro Pabellón fue el primer proyecto geotérmico en Chile en obtener la Resolución de Calificación Ambiental y contempla una inversión de 180

millones de dólares. Cuando entre en operación se espera que permita eliminar la emisión de 250 mil toneladas anuales de bióxido de carbono a la atmósfera, evitando la importación de 100 mil toneladas de diesel y de 135 toneladas de carbón.

### Proyecto Tolhuaca

GeoGlobal Energía Chile Limitada (GGE Chile) ha llevado a cabo trabajos de exploración geotérmica en el volcán Tolhuaca durante más de tres años. Recientemente finalizó el programa de perforación exploratorio Curacautín en el flanco noroeste del volcán del mismo nombre. Uno de los pozos resultó ser el más productivo de los existentes en América del Sur.

Se espera que el proyecto Tolhuaca generará más de 75 MW de energía geotérmica e iniciará su construcción en 2014. Representará una inversión de más de 300 millones de dólares.

### 3. Perú

El potencial geotérmico de Perú es enorme. El país cuenta con un gran número de sitios con inconfundibles características geotérmicas: fumarolas, aguas termales, géiseres, emanaciones de vapor y gas, entre otros. La Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) estima que su potencial geotérmico podría alcanzar los 3000 MW.

Las primeras exploraciones en la zona peruana andina fueron realizadas a mediados de los años setentas por parte de la empresa estatal Minero Perú, seguida por el inventario y agrupación geográfica de los afloramientos geotérmicos, realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Con base en estos trabajos se identificaron seis áreas geotérmicas de mayor interés: Cajamarca-La Liberta, Callejón de Huaylas, Churín, Central, Eje Volcánico Sur y Cuzco-Puno.

Perú es percibido como un país en pleno proceso de desarrollo, con una economía creciendo a una tasa anual del 6% y con un clima de negocios favorable que permite a los inversionistas desarrollar proyectos de largo plazo. El país ha realizado importantes esfuerzos en los últimos años para promover inversiones en energía limpia, fomentando una nueva visión del desarrollo económico la cual contempla la inclusión social y el cuidado del medio ambiente.

El mercado eléctrico peruano ha acompañado el crecimiento económico del país y ha conseguido un desarrollo importante. Hay libre competencia en el mercado de generación eléctrica y monopolios geográficos en las actividades de transmisión y distribución. La capacidad eléctrica instalada es de 8000 MW, con una participación de 7% de energías renovables, principalmente plantas micro hidroeléctricas, biomasa y residuos sólidos.

La suma de proyectos eléctricos previstos en el periodo 2012-2015 implica un incremento promedio de 869 MW en cada uno de esos años. La mayor parte de esa nueva capacidad estará compuesta por grandes centrales hidroeléctricas y termoeléctricas de gas natural, pero también habrá plantas basadas en energías renovables, como las hidroeléctricas menores de 20 MW, parques eólicos y solares, así como plantas eléctricas de biomasa. De hecho, se ha fijado el objetivo de incorporar el equivalente a un 5% anual de la capacidad instalada con plantas a base de energías renovables. Pero en ninguna de las fuentes oficiales consultadas hasta ahora se incluye a la geotermia como parte de las opciones de oferta de generación eléctrica a mediano y largo plazo.

Esa situación puede cambiar en cualquier momento ya que hay un creciente interés en la geotermia, tanto por parte del sector público como del privado, y se han realizado algunos preparativos para su desarrollo. Entre ellos está una ley geotérmica, que es la segunda en antigüedad en América Latina, y cuyo reglamento se ha ido actualizado con mejoras para favorecer la participación del sector privado en el desarrollo geotérmico. Por ello el número de solicitudes para obtener autorizaciones de exploración geotérmica se ha incrementado notablemente. El Ministerio de Energía y Minas ha reducido los tiempos de análisis y otorgamiento de autorizaciones, y las autoridades ambientales han logrado consensuar con las empresas interesadas un instrumento de evaluación que permita homologar los requisitos y obligaciones de los participantes en estos desarrollos geotérmicos.

Sin embargo, hay ciertos puntos en el marco regulatorio que preocupan a los desarrolladores de proyectos, como la duración de la concesión en la fase exploratoria, la cual se divide en dos partes. La primera parte contempla la realización de estudios previos a la perforación de pozos exploratorios profundos, los cuales deberán tener una profundidad no menor de 1000 metros. Esta fase debe desarrollarse en un tiempo menor de dos años a partir de que se otorga la concesión. La segunda fase incluye la perforación de por lo menos tres pozos exploratorios profundos en un periodo de tiempo que no deberá exceder de un año, lo que parece muy poco considerando la naturaleza de los estudios y actividades que deben llevarse a cabo. Otro aspecto preocupante es que se requiere dar mayor seguridad a las compañías desarrolladoras en el tema social, a fin de reducir la percepción del riesgo de que las comunidades locales lleguen a impedir o retrasar el desarrollo de proyectos geotérmicos. El gobierno peruano parece tener la voluntad política necesaria para hacer las modificaciones correspondientes.

En Perú se carece de mecanismos de fomento y promoción a la inversión específicos para proyectos geotérmicos, así como de un plan gubernamental en el que se establezca el interés oficial en esta fuente de energía, lo que sin duda daría a los inversionistas una mayor certidumbre. Aunque el gobierno no puede intervenir directamente en el mercado eléctrico, sí puede contribuir a fomentar la cooperación, difundir las ventajas de la geotermia entre la sociedad y los agentes financieros, así como promover los instrumentos regulatorios que resulten necesarios.

La falta de recursos humanos con experiencia y preparación en geotermia es también un freno al desarrollo de esta industria. Se observa que las empresas relacionadas en mayor o menor grado con la geotermia han traído del extranjero a su personal técnico, siendo muy escaso el personal técnico local. Por ello resulta necesario integrar y llevar a cabo programas de capacitación en las empresas y aumentar la oferta educativa a fin de ir fortaleciendo las capacidades locales.

Hasta abril de 2012 había un total de 26 autorizaciones de exploración geotérmica emitidas por la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas. Pero el interés del sector privado es cada día mayor, por lo que se ha incrementado considerablemente el número de solicitudes recibidas. Sin duda pronto aumentará notablemente el número de autorizaciones, posiblemente expedidas a nuevos participantes en el escenario geotérmico peruano.

Los dos proyectos principales de Perú son los de Achumani y Quellaapacheta, mismos que se describen sucintamente a continuación.

### **Proyecto Achumani**

El proyecto Achumani se ubica cerca de la ciudad de Arequipa, en el sur del país (Fig. 1), y es desarrollado por la empresa australiana Hot Rock. Se han llevado a cabo consultas entre las comunidades y una extensa campaña informativa en la región sobre los beneficios ambientales de la energía geotérmica y las ventajas económicas que podría tener la región al desarrollarse exitosamente el proyecto.



Fig. 1. Concesiones geotérmicas de la compañía australiana Hot Rock en Perú y Chile.

En la etapa de exploración se contempla una inversión de 10 millones de dólares y la perforación de tres pozos. En la zona hay toda clase de manifestaciones superficiales que muestran las características de un sistema geotérmico de origen volcánico de alta calidad y se estima que existe un potencial de 150 MW. El proyecto se encuentra muy cerca de la infraestructura de transmisión y distribución eléctrica, lo que ha generado expectativas entre un gran número de clientes potenciales.

### Proyecto Quellaapacheta

Las empresas Hot Rock y la filipina Energy Development Corporation (EDC) se unieron para desarrollar este proyecto, ubicado en el norte de Taca, en el poblado de Calacoa, al sur de Perú (ver Fig. 1). Se asocia al volcán Ticsani y en su periferia existen manifestaciones superficiales de aguas termales y fumarolas con temperaturas superficiales de hasta 89°C.

Se han llevado a cabo varias campañas de trabajo en campo para realizar estudios geológicos, geoquímicos, geofísicos y magnetotelúricos, a través de múltiples estaciones de medición. Se estima que el potencial geotérmico del campo de Quellaapacheta podría llegar a 100 MW.

## 4. Conclusiones

Existen múltiples coincidencias en las barreras mencionadas para el desarrollo de la geotermia en Chile y Perú, las cuales pueden agruparse en tres grupos y resumirse de la siguiente forma:

Financieras: Falta de acceso a mecanismos de financiamiento, debido a la poca información que existe entre los consumidores potenciales y las instituciones crediticias.

Técnicas: Falta de recursos humanos especializados en geotermia, debido a la poca oferta educativa y a la ausencia de programas de capacitación específicos.

Políticas: Falta de incentivos e instrumentos de promoción diseñados para la geotermia en un mercado de libre competencia.

La identificación de estas barreras es sin duda el primer paso para superarlas y detonar después el despliegue de la geotermia en Latinoamérica. Para México la región andina ofrece importantes oportunidades. Nuestro país es reconocido como uno de los pioneros en la geotermia en el mundo y es un referente internacional, por lo que las firmas de ingeniería nacionales, los técnicos e ingenieros, son respetados en la región. Buscar mecanismos de cooperación, acuerdos internacionales y programas de capacitación conjunta, pueden traducirse en exportación de equipos y expertos hacia esas naciones.

## Bibliografía

- Aguinaga Díaz, J., 2008. Situación y perspectivas para el desarrollo de la geotermia en América Latina y el Caribe: el caso de Perú.
- Bloomberg, 2012. Climascopio 2012: Cambio climático y clima de inversión en América Latina y el Caribe. Fondo multilateral de inversiones & Bloomberg.
- Gobierno de Perú, 2010. Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos 26848.
- Gobierno de Perú, 2010. Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, Diario Oficial del Perú “El Peruano”, Abril, 2010.
- Gobierno de Perú, 2010. Nuevo reglamento de generación de electricidad con energías renovables.
- Gobierno de Perú, 2012. Promoción eléctrica 2012. Viceministerio de Energía, Dirección General de Electricidad.
- International Energy Agency (IEA), 2012. Key World Energy Statistics 2012.
- Ministerio de Energía de Chile, 2012. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030. Febrero 2012.
- Rudnick, H., y J. Zolezzi, 2010. Planificación y Expansión de la Transmisión en Mercados Eléctricos Competitivos. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vergara Blanco, A., 2009. Regulación energética contemporánea. Temas Selectos. Institucionalidad y Principios de Derecho Eléctrico Chileno. Instituto Tecnológico Autónomo de México. Ed. Porrúa, México.