

Energía geotérmica: Aprovechando la Potencia de la Tierra para Impulsar el Futuro Energético de Chile



El territorio chileno está dotado de abundantes recursos de energía geotérmica que pueden ayudar a satisfacer la creciente demanda energética del país. No obstante, a la fecha, el desarrollo de esta fuente de energía estable y limpia ha sido muy escaso. Una serie de barreras han limitado la expansión del sector. Para superar los obstáculos a la producción de la energía geotérmica y dar rienda suelta a todo el potencial del sector, se requieren acciones concertadas, particularmente por parte de los sectores públicos y privados. Los tomadores de decisiones en Chile deben considerar una serie de mecanismos de política que podrían ayudar en atraer—y aumentar—una inversión temprana. Asimismo, será necesario que el gobierno reduzca la persistente ambigüedad legal y regulatoria y demuestre una fuerte voluntad política para superar las restricciones institucionales e impulsar la energía geotérmica, junto con otras tecnologías de energía renovable no convencional que actualmente están más establecidas en el país.

Chile se enfrenta a importantes decisiones en cuanto a cómo satisfará su futura demanda energética. El país ha dependido en creciente medida de los combustibles fósiles importados y las plantas hidroeléctricas, fuentes que han mostrado ser tanto impredecibles como costosas en los últimos años. Los combustibles fósiles están sujetos a fluctuaciones volátiles en precio y las plantas hidroeléctricas han sido plagadas durante varios años por sequías. Estas fuentes también suponen altos costos ambientales y sociales y han estado sujetas a una desaprobación pública extendida. Afortunadamente, las abundantes fuentes de energías renovables no convencionales (las ERNC) en Chile, tales como la energía eólica, solar, biomasa y geotérmica, ayudan a estabilizar el suministro, reducen la exposición del país a fluctuaciones en precio de recursos de combustibles fósiles importados y entregan energía al país sin los altos costos ambientales o sociales de las fuentes tradicionales. Con un poco más de 1.000 MW de ERNC en línea de su aproximado potencial en bruto de más de 350.000 MW, aún existe bastante margen de crecimiento.¹

La energía geotérmica en Chile representa una oportunidad significativa para satisfacer una parte del crecimiento necesario en cuanto a capacidad. La propulsión del desarrollo geotérmico le otorgaría a Chile una fuente de energía base limpia, estable y local para su creciente economía, sin el impacto perjudicial de alternativas de energía base convencional tales como el carbón o las grandes centrales hidroeléctricas. No obstante, a pesar de su gran potencial y el interés proveniente del sector privado, el desarrollo geotérmico en Chile sigue por detrás de otras fuentes de ERNC. Para discernir qué es lo que retiene al sector, un análisis del sector geotérmico de Chile apoyado por el Natural Resources Defense Council (Consejo para la Defensa de Recursos Naturales) se basó en la percepción y conocimiento de actores provenientes de los ámbitos público, privado y académico para identificar las barreras clave al crecimiento y las acciones necesarias a tomar para incrementar la producción geotérmica.

La energía geotérmica tiene beneficios importantes para Chile

1. Es un recurso limpio de ERNC y puede tener menos riesgos ambientales y sociales. Las plantas geotérmicas producen tan solo una sexta parte del dióxido de carbono emitido por un yacimiento de gas natural relativamente "limpio". Asimismo, produce poco o nada de óxido nítrico o gases con contenido de sulfuro.² Y, a diferencia de las grandes plantas hidroeléctricas, los proyectos geotérmicos no tienen mayores impactos irreversibles sobre los ecosistemas frágiles. Un informe del Massachusetts Institute of Technology señala, "La conclusión general obtenida de todos los estudios es que las emisiones y otros impactos de las plantas geotérmicas son dramáticamente menores a las otras formas de generación eléctrica."³ A pesar de que todo tipo de producción energética puede afectar a los recursos naturales y las comunidades, un proceso de evaluación de impacto bien gestionado puede reducir el impacto potencial del desarrollo geotérmico en las áreas adyacentes.

2. Chile tiene una capacidad potencial abundante. De acuerdo a los cálculos preliminares, el potencial factible en Chile es aproximadamente de 3.350MW.⁴ Este monto equivale a casi la mitad del aumento en capacidad energética necesaria para el año 2020 según los pronósticos del gobierno.

3. Como una fuente constante y local de energía, expone a Chile a menos riesgo. Como energía de carga base, la geotermia produce energía a toda hora, la cual la convierte en un sustituto ideal a los costosos combustibles fósiles y las grandes plantas hidroeléctricas. A diferencia de los combustibles fósiles importados, la geotermia no estaría sujeta a las fluctuaciones en los suministros y precios internacionales. Y, a diferencia de la energía hidroeléctrica, la geotermia no sería afectada por las sequías.

4. Los costos a largo plazo son competitivos. De acuerdo a un análisis del costo nivelado de energía en Chile hasta el 2030 inclusive, la energía geotérmica se compara favorablemente con otras alternativas. La geotermia es una de las fuentes de ERNC más competitivas en términos de costos y uno de los recursos de cualquier tipo más competitivos en términos de costos.⁵

5. Los recursos se encuentran más cerca de los centros de demanda. Aunque ciertos recursos geotérmicos se encuentran en áreas remotas que actualmente no están conectadas a la matriz principal, éstos están geográficamente mucho más cerca de la demanda, particularmente las operaciones industriales, que las represas a gran escala en el sur.

Figura 1: La Energía Geotérmica versus Otras Fuentes de Energía en Chile, 2013

	COSTO	CONSTANTE	LIMPIO	POTENCIAL	UBICACIÓN
HIDRO	●	●	●	●	●
GAS	●	●	●	●	●
DIESEL	●	●	●	●	●
CARBÓN	●	●	●	●	●
EÓLICA	●	●	●	●	●
GEO	●	●	●	●	●
SOLAR	●	●	●	●	●
BIO	●	●	●	●	●

Desfavorable ● ● ● ● ● Favorable

Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2013

ESTADO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN CHILE

Existe un creciente apoyo político a la generación de energía renovable en Chile. En 2008, Chile fijó la meta de producir el 10 por ciento de la energía del país con fuentes de ERNC para el año 2024.⁶ La Estrategia Nacional de Energía 2012-2030 del gobierno actual reconoce las ventajas de las energías renovables y de una mayor penetración de ERNC. En 2013, el congreso chileno aprobó una ley fijando la meta más ambiciosa—sin embargo aun factible—de generar con ERNC el 20 por ciento de las necesidades energéticas de Chile para el año 2025.⁷ Esta nueva meta debería ayudar a promover el crecimiento de energías renovables en Chile. El sector de ERNC ya se está ampliando continuamente—el año 2012 fue de récord para la industria con un aumento del 23 por ciento en la capacidad por sobre el año anterior.⁸ A partir del tercer trimestre de 2013, hay 1.072 MW de ERNC en operación, representando el 6,06 por ciento de la capacidad instalada en las dos principales redes eléctricas del país—mayor a lo que se requería para el año bajo la meta original de ERNC. La Figura 2 muestra que aún más capacidad ya se aprobó o se encuentra bajo evaluación.⁹

ESTADO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN CHILE

Pese a un panorama prometedor para las ERNC en Chile, el desarrollo de las opciones geotérmicas del país aún permanece muy por detrás de otras fuentes renovables. A la fecha, solamente dos plantas geotérmicas con un total combinado de 120 MW de capacidad han sido aprobadas: Cerro Pabellón ligada a Enel Green Power y Tolhuaca ligada a Mighty River Power. Aun así faltan varios años para que sean operacionales. La planta Tolhuaca de Mighty River Power podría comenzar a producir energía en algún momento entre 2017 y 2019.¹⁰ Con una reciente inyección de fondos provenientes de la Corporación de Desarrollo Energético de

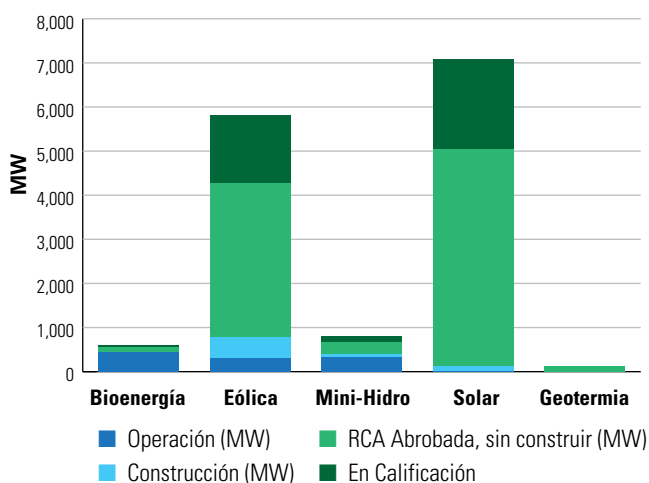
las Filipinas, Alterra Power también espera que su proyecto geotérmico Mariposa, con una potencia proyectada de más de 300 MW, pudiera estar listo en los próximos años.¹¹ Varias otras compañías de desarrollo energético también han reconocido el potencial de un sector geotérmico más grande y fuerte en Chile y han establecido una presencia dentro del mercado. De hecho, una licitación para 20 concesiones geotérmicas que cerró en abril de 2012, reunió casi US\$250 millones de inversiones anticipadas de tanto compañías nacionales como internacionales.¹² Para finales del año 2012, se otorgaron 76 concesiones para la exploración geotérmica y 6 para su explotación.¹³

LA ENERGÍA GEOTÉRMICA ES UNA TECNOLOGÍA PROBADA A NIVEL MUNDIAL.

Las compañías que están considerando invertir en Chile no aspiran hacer historia—esperan repetirla. Islandia y Nueva Zelanda son bien conocidas por sus éxitos en recurrir a sus recursos geotérmicos para superar las restricciones energéticas.¹⁴ Varios otros países también hicieron de la producción de energía geotérmica parte de sus estrategias energéticas. Por ejemplo, las Filipinas ha explotado aproximadamente un 42 por ciento de la capacidad geotérmica estimada en el país. México ha aprovechado casi el 60 por ciento de los recursos geotérmicos dentro de su territorio. Costa Rica y El Salvador están explotando entre un 20 y 30 por ciento de sus recursos.¹⁵ Algunos países en África, como Kenia, también se encuentran muy activos en el desarrollo de recursos geotérmicos. Indonesia tiene una cartera de proyectos geotérmicos de 3.2 GW, más que cualquier otro país en el mundo.¹⁶

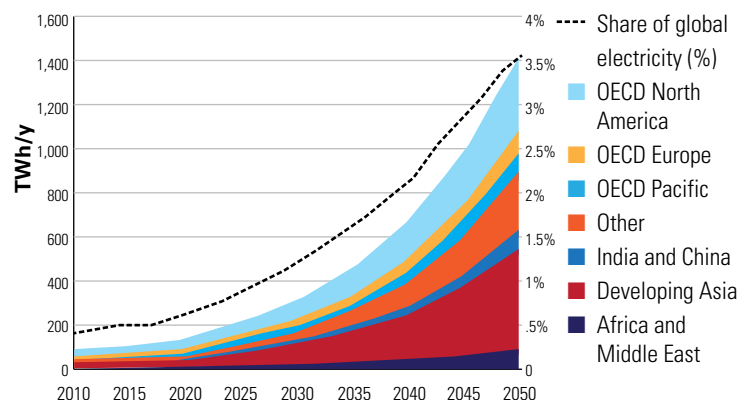
Es evidente que el desarrollo geotérmico no se ha limitado meramente a algunas economías, países o regiones del mundo. Fuera de Chile, la huella de la energía geotérmica es significativa y sigue creciendo. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) prevé que la energía geotérmica podría producir 1.400 TWh de electricidad por año, o un 3,5 por ciento de la generación eléctrica del mundo para el año 2050 (ver la Figura 3).

Figura 2: Estado del Desarrollo de Energía Renovable en Chile, septiembre de 2013



Fuente: Centro de Energías Renovables, Gobierno de Chile, septiembre de 2013

Figura 3: Visión de la AIE para la Producción de Potencia Geotérmica



Fuente: Agencia Internacional de la Energía, 2011

¿QUÉ HA FRENADO EL DESARROLLO GEOTÉRMICO EN CHILE?

Los recursos abundantes de Chile significan que el país tiene el potencial de ser líder en la producción de energía geotérmica. No obstante, aunque las cuotas de energía renovable similares a las que se encuentran en Chile desde 2008 suponen estimular el desarrollo y uso de la energía renovable, no tienen el mismo impacto sobre todas las tecnologías.

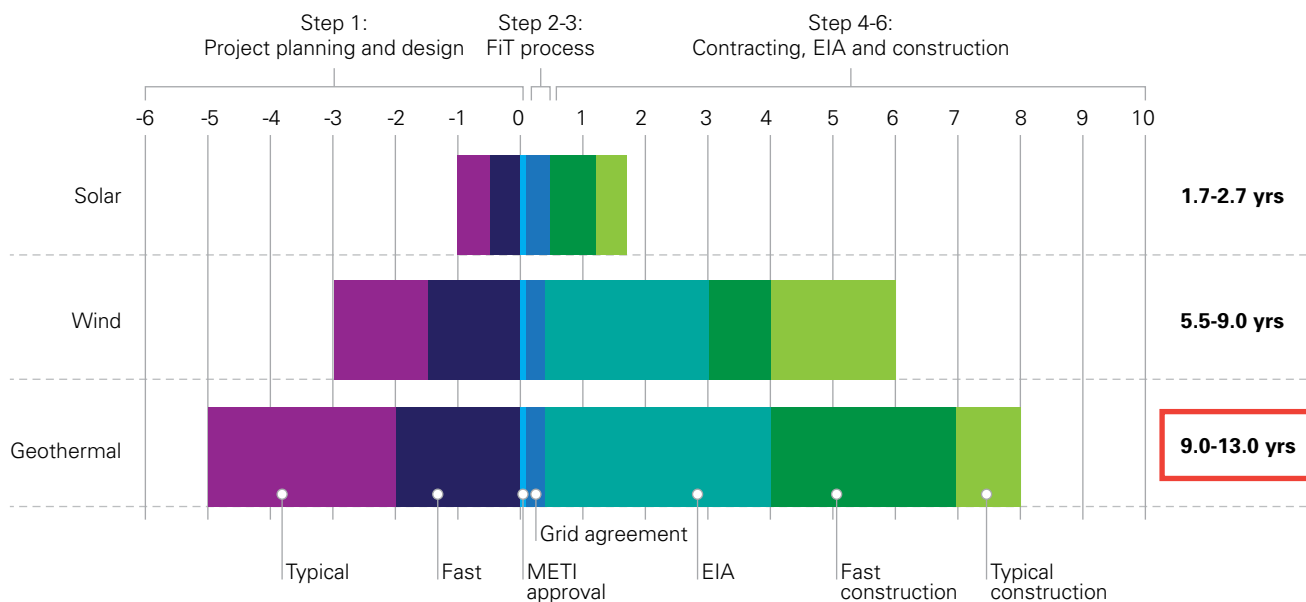
Pese a los bajos costos a largo plazo de la energía geotérmica y sus demás beneficios, otras alternativas de ERNC tales como la energía solar o eólica cobraron impulso antes en Chile, en parte debido a plazos de desarrollo más cortos (ver la Figura 4). Los proyectos geotérmicos pueden demorarse hasta trece años para alcanzar la etapa de producción debido a un período relativamente largo de exploración que ocurre antes de la construcción de la planta y la explotación de recursos. En cambio, los proyectos solares frecuentemente pueden estar operacionales dentro de uno a dos años y los proyectos eólicos en tan solo unos cinco años. Los cronogramas de proyecto más cortos de las tecnologías eólicas y solares ayudan a que éstas reciban ventajas por actuar primero (“first-mover” advantage) tales como la presencia de más suministradores, desarrolladores y proveedores de servicio en el mercado. A su vez, esto ayuda a que estas opciones sean cada vez menos costosas para entrar en funcionamiento.

Los proyectos geotérmicos, además de tener fases de desarrollo más largas, también tienen un costo inicial más alto. Durante el período de exploración de un proyecto geotérmico se incurren en gastos significativos. Es necesario perforar pozos profundos para determinar si el recurso puede

producir una cantidad económicamente viable de energía. Datos recientes de la Corporación Financiera Internacional (CFI) indican que la tasa de éxito durante la perforación de pozos de exploración es de un 78 por ciento, sin embargo no existe una garantía de que la exploración producirá un recurso viable. Por ejemplo, el estudio de la CFI se centró en la capacidad de los pozos para generar potencia, no en la viabilidad económica de pozos individuales.¹⁷

Los desafíos de la exploración y desarrollo de los sitios son agravados en Chile porque algunos recursos clave se ubican en localidades fuera de la actual red eléctrica, en zonas con acceso limitado a servicios.¹⁸ El país también se enfrenta actualmente a una escasez de contratistas de perforación, equipos de perforación y proveedores de servicios para proyectos geotérmicos, lo cual contribuye a un costo de exploración mayor y es un obstáculo fundamental identificado por los expertos en energía geotérmica.¹⁹ Los proyectos geotérmicos utilizan el mismo tipo de plataformas de perforación usadas para la exploración de gas natural y algunos otros tipos de combustibles fósiles. En vista de que Chile no produce estos recursos, las plataformas deben ser importadas únicamente para proyectos geotérmicos a un costo considerable. Adicionalmente, los desarrolladores geotérmicos deben competir con grandes compañías multinacionales de combustibles fósiles para contratar las plataformas, lo cual resulta frecuentemente en largas demoras hasta asegurar la reserva del equipo.²⁰ El costo diario de las plataformas y equipo de personal en Chile puede llegar a ser tan alto como USD\$40.000, muy por encima del promedio mundial de USD\$28.000 diarios.²¹ La escasez de equipos y proveedores de servicios, junto con la ubicación remota de los sitios, significa que los costos para la exploración geotérmica en Chile pueden llegar a

Figura 4: Cronograma Aproximado para Proyectos de 10MW o más, 2013



Fuente: Bloomberg New Energy Finance, 2013.

ser considerablemente más altos que los promedios en otros países.²² Estos altos gastos de perforación en Chile pueden presentar serios obstáculos financieros para los desarrolladores y hacer que los potenciales inversionistas vean con recelo la entrada al mercado.

El desarrollo geotérmico en Chile se dificulta más aún por un marco legal y regulatorio insuficiente, particularmente con respecto a las concesiones y los impactos ambientales y sobre las comunidades que pueden provocar una oposición por parte del público, demoras y excesos de costos. Las restricciones institucionales, especialmente la falta de una clara dirección política, también constituyen un factor al desacelerar el progreso en resolver estos obstáculos.

DERRIBANDO LAS BARRERAS DE LA GEOTERMIA

Para entender mejor las barreras que impiden el desarrollo geotérmico en Chile el NRDC entrevistó a representantes clave de la industria, el gobierno y académicos. El NRDC presentó los resultados de esta encuesta de mercado en abril 2013 en un seminario organizado en conjunto con el Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA), Proyecto Fondap/CONICYT, llamado “El futuro de la geotermia en Chile: Barreras y propuestas para su desarrollo.” Este seminario reunió a participantes de la academia, del gobierno, la industria, las comunidades indígenas y expertos internacionales.

El actual documento es el resultado de información recolectada durante las entrevistas y el seminario, como también de consultas con expertos geotérmicos internacionales de Bloomberg New Energy Finance. La investigación realizada como parte de este proceso reveló una variedad de puntos de vista de partes interesadas con respecto a la intensidad de las barreras y la conveniencia de posibles soluciones. La investigación también indica que, para reproducir el desarrollo de energía geotérmica observado en otras partes del mundo, Chile debe considerar ejecutar acciones concertadas para ayudar a reducir los costos y disminuir los riesgos de la inversión en la energía geotérmica en el país. Asimismo, debe reducir la persistente ambigüedad legal y regulatoria y fortalecer el apoyo institucional para el recurso.

1. Atrayendo inversiones que conducen al desarrollo

Los actores de la industria, el gobierno y académicos consultados respecto a las barreras relacionadas a los altos costos iniciales y los riesgos asociados acordaron, en general, que actualmente son los desarrolladores que esencialmente asumen todo el riesgo.²³ A falta de mecanismos de política en vigor apropiados, los costos iniciales de la exploración podrían permanecer demasiado altos para estimular y *mantener* niveles significativos de crecimiento en el mercado privado. Sin embargo, Chile no ha implementado algunos de los mecanismos de financiamiento que han sido usados en otras partes del mundo para impulsar el desarrollo de la geotermia. A diferencia de otros mercados, no existe un flujo

de ingresos garantizado para proyectos geotérmicos a través de un Feed-in Tariff (Tarifa Preferencial de Distribución o FIT por sus siglas en inglés). Además, no existen incentivos tributarios otorgados por el gobierno para alentar a los desarrolladores de energía a impulsar proyectos geotérmicos o para que los grandes consumidores de energía (es decir, los compradores/intermediarios industriales) compren energía geotérmica. Casi todos los países del mundo que han desarrollado yacimientos geotérmicos han visto necesario tomar dichas medidas, en distintos grados, para atraer la inversión. A pesar del reconocimiento compartido entre los actores de que los costos y riesgos son una fuerte barrera en Chile, hay menos acuerdo sobre las soluciones para este tema.

Sin embargo, recientemente Chile sí ha comenzado a investigar un modelo de seguro de perforación fallida en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial. El gobierno también está solicitando entre US\$30 y US\$35 millones en financiamiento del Fondo de Tecnología Limpia para ayudar a cubrir los costos de esta iniciativa. Si dicho programa avanza satisfactoriamente podría ayudar a reducir el riesgo en el desarrollo geotérmico.²⁴

■ Tarifas de precios

Otras naciones que intentan estimular el desarrollo geotérmico, incluyendo Japón e Indonesia, han implementado tarifas preferenciales de distribución (en inglés, *feed-in tariffs*), es decir garantías de precio, para la energía geotérmica.²⁵ Dichas garantías de precio pretenden asegurar que los proyectos prometan un cálculo más específico de la rentabilidad de inversión y así reducir la incertidumbre entre los inversionistas. Además, la garantía de precio podría garantizar que las fluctuaciones en precio de otras fuentes energéticas (es decir los combustibles fósiles) no perjudiquen la viabilidad de un proyecto existente o propuesto. Por ejemplo, en Chile, si aumentan las importaciones de gas del extranjero, es importante asegurar que el desarrollo geotérmico no se desequilibre por una posible entrada de nueva energía de combustible fósil.²⁶ En promedio, los individuos en la industria y los académicos consideraron que las tarifas preferenciales podrían ser un fuerte incentivo en Chile. En cambio, los representantes gubernamentales, en promedio, no consideraron que una tarifa sería beneficiosa.²⁷

Es importante destacar que las tarifas *feed-in* por sí *solas*, aun si son generosas en precio, no necesariamente estimularán el nivel deseado de desarrollo. Tal es el caso de Japón donde, a pesar de tener tarifas altas, el desarrollo permanece lento debido a otros obstáculos, incluyendo dificultades en el proceso de aprobación de proyectos y problemas con la interconexión de la matriz.²⁸ Indonesia, está considerando rediseñar su política de tarifas y está contemplando, en cambio, subir el precio techo que reciben los desarrolladores por la potencia geotérmica. Este enfoque revisado tiene como objetivo evitar que desarrolladores presenten licitaciones artificialmente bajas para concesiones y posteriormente intenten renegociar las tarifas, o incluso especular, dos factores que han contribuido a la paralización

de proyectos.²⁹ Se ha considerado una tarifa preferencial de US\$200-300/MWh en Chile, pero según los expertos de Bloomberg New Energy Finance probablemente no tendría impacto alguno sobre el desarrollo geotérmico, al menos que sea parte de un paquete de política más grande que contemple también elementos institucionales y legales.³⁰

■ Incentivos para los compradores

Considerando que un contrato de compraventa de energía (en inglés, *Power Purchase Agreement o PPA*) es uno de los elementos más fundamentales requerido por un desarrollador para comenzar un proyecto, los incentivos para que los compradores (en inglés, *off-takers*) celebren un PPA deberían ser cuidadosamente estudiados. Estos incentivos podrían, en gran medida, consistir de incentivos tributarios otorgados por el gobierno. Es decir, los grandes consumidores de energía que firman PPA con compañías geotérmicas podrían calificar para recibir beneficios adicionales en la forma de exenciones fiscales por realizar la compra. Así, estos compradores tendrían más incentivo para celebrar contratos con desarrolladores geotérmicos antes de que los proyectos estuviesen en línea. Por ende, sería más fácil para los desarrolladores geotérmicos atraer la inversión ya que habría un número de compradores potenciales más dispuestos a firmar los PPA. En general, los individuos de la industria y académicos que fueron consultados consideraron que los incentivos fiscales para los compradores podrían ser un incentivo moderadamente fuerte en Chile, mientras tanto los funcionarios del gobierno, en promedio, no pensaban que el incentivo para compradores sería tan beneficioso.³¹

Ciertamente, este tipo de incentivo en Chile podría ser un gran desafío desde una perspectiva política, tomando en cuenta que la mayoría de los compradores serían grandes consumidores de energía (es decir, la gran industria). El público podría percibir con recelo una exención fiscal otorgada por el gobierno a las grandes empresas y no al consumidor promedio de electricidad, quien deberá comprar su energía a través de un distribuidor.

■ Incentivos para los desarrolladores del proyecto

Un crédito tributario a la producción (en inglés *Production Tax Credit o PTC*) es un crédito entregado por kilovatio hora otorgado por generar y vender electricidad con recursos energéticos aprobados. Dicho de otra manera, las compañías de energía renovable tienen el derecho a un crédito tributario por cada kWh generado equivalente al monto del PTC, el cual puede ser usado para compensar los ingresos imponibles. En los EE.UU., dado que la mayoría de los proyectos energéticos se forman como entidades de propósito especial y tienen muy pocos ingresos imponibles los primeros años, típicamente los inversionistas externos invierten en efectivo en los proyectos a cambio de beneficios fiscales. En promedio, los individuos de la industria y académicos entrevistados, consideraron que los créditos tributarios para los desarrolladores podrían ser un fuerte incentivo en Chile. En cambio, los funcionarios del gobierno, en promedio, no consideraron que dicho incentivo tributario sería beneficioso.³²

En los EE.UU. el PTC para la energía renovable ha pasado por varios ciclos de vencimiento y reanudación; es importante destacar que el efecto de dicho crédito tributario depende de la imposición fiscal de la compañía. De acuerdo a Bloomberg New Energy Finance, en los últimos años el PTC no ha sido un impulsor significativo del desarrollo geotérmico en los EE.UU., más bien el impulsor clave ha sido un programa de subvenciones en efectivo de la tesorería.³³ Bajo el Programa 1603 de la Tesorería de los EE.UU., los desarrolladores pueden recibir una subvención en efectivo de hasta un 30 por ciento de la base total del costo elegible del proyecto cuando un proyecto entre en servicio.³⁴

Algún tipo de incentivo para los desarrolladores de la energía geotérmica podría ser una opción interesante a considerarse en Chile en vista de la manera en que algunos proyectos energéticos son desarrollados. Algunas compañías privadas—particularmente aquellas provenientes del sector de minería—se encuentran obligadas a desviarse de sus negocios centrales para desarrollar sus *proprios* proyectos energéticos para garantizar el suministro.³⁵ Es decir, una compañía no es, necesariamente, únicamente el comprador—también podría ser el generador. Los incentivos fiscales podrían, a la vez, instar a las compañías a firmar los PPA y alentarlas a escoger los proyectos geotérmicos por sobre proyectos de energía convencional al momento de desarrollar sus propias instalaciones de generación.

2. Reduciendo la ambigüedad legal y regulatoria

Chile no es exclusivo en cuanto a que las compañías de desarrollo geotérmico enfrentan innumerables regulaciones regionales y, a veces, negociaciones complejas con propietarios de terrenos próximos a los sitios de los proyectos. Los desarrolladores en muchos países—incluyendo los Estados Unidos—se enfrentan a temas similares cuando las regulaciones e incentivos federales coexisten con políticas adicionales y distintas a nivel subnacional.³⁶ Sin embargo, gracias a años de experiencia con la producción de energía geotérmica en los Estados Unidos, ciertos estados presentan un ambiente más amigable para el desarrollo, particularmente aquellos de la mitad occidental del país.³⁷ Chile no se beneficia del mismo desarrollo histórico ni del mismo entendimiento compartido respecto al recurso por parte de funcionarios federales, regionales y/o locales.

En Chile, los individuos de la industria y los académicos, en promedio, encontraron insuficiente el actual marco legal y regulatorio y consideraron que el gobierno podría mejorar los marcos legales y regulatorios actuales tanto a nivel federal como regional.³⁸ Los actores del gobierno generalmente consideraron que el marco legal es suficiente, sugiriendo que existe un claro desacuerdo sobre la eficacia del marco existente. Lograr los cambios de política en esta área podría ser un desafío a corto plazo, especialmente dado el desacuerdo sobre si los temas identificados en realidad son barreras.

Una preocupación primordial entre los desarrolladores es el acceso al sitio. Aunque la concesión geotérmica confiere derechos temporales para explorar y/o explotar

los recursos geotérmicos en una parte dada del terreno, el sistema de concesiones de Chile ofrece a las compañías una ayuda limitada para poder navegar los temas difíciles relacionados a la titularidad (o aparente titularidad) sobre otros recursos dentro de los límites de la concesión. Posterior a la aprobación de la concesión, las compañías podrían enfrentarse a temas legales relacionados al acceso al sitio, el acceso al agua (un elemento clave para la producción de energía geotérmica), las líneas de transmisión y las demandas sobre el territorio por parte de las comunidades locales. Efectivamente, no existe la garantía de que, si una exploración produce un recurso viable, habrá una vía clara hacia la explotación. Las concesiones geotérmicas no abordan de manera clara o suficiente las necesidades más amplias de recursos de la compañía al inicio de un proyecto. También es importante notar que la ley de concesiones no aborda las necesidades de las comunidades locales próximas al sitio del proyecto.

Los potenciales costos legales y demoras asociadas con estos temas se suman a los ya elevados costos de exploración y pueden dañar severamente el sentimiento público hacia el desarrollo de energía geotérmica. De hecho, algunos recursos geotérmicos se ubican en áreas ambientalmente, económicamente y/o culturalmente sensibles y, por ende, es necesario aplicar una consideración cuidadosa a las características únicas del sitio antes de otorgar una concesión y avanzar con un proyecto.

Sería aconsejable que el gobierno chileno definiera de mejor manera aquellas áreas donde la exploración y explotación presentan demasiados riesgos, o que están fuera de consideración por alguna otra razón. Actualmente, solamente se prohíben los proyectos geotérmicos en los parques nacionales. Las reservas y otras áreas de designación especial permanecen abiertas al desarrollo geotérmico. No obstante, no todas las áreas actualmente abiertas al desarrollo son óptimas para el desarrollo. Una iniciativa del gobierno para preparar un estudio de planificación de desarrollo geotérmico hasta el año 2050 permanece paralizada desde el 2011.³⁹ Cuando el gobierno logre destrabar la adjudicación del estudio, deberá asegurar que este evalúe cuidadosamente las localidades de los recursos a fin de determinar de antemano en qué áreas las concesiones podrían tener un menor impacto—cuando posible dando preferencia a zonas que ya están perturbadas—y qué áreas podrían requerir revisión más cuidadosa. Además sería importante identificar las áreas que son demasiado sensibles para el desarrollo y que no deben ser consideradas para concesión.

■ Estudios previos de impacto ambiental

Las regulaciones actuales estipulan que se debe realizar un estudio de impacto ambiental solamente cuando un proyecto entra en la etapa de explotación. Esto significa que los desarrolladores solamente están legalmente obligados a consultar con las comunidades locales *después* de que haya ocurrido la exploración. Los impactos al ambiente circundante podrían ocurrir durante la exploración, como bien podrían acontecer durante la explotación. Las

comunidades cercanas a los proyectos no están, por lo general, suficientemente informadas sobre el impacto potencial de las actividades de exploración, lo cual puede crear la desconfianza. El realizar un estudio de impacto ambiental *al principio* de la fase exploratoria podría ayudar a abordar las preocupaciones potenciales y asegurarles a las comunidades locales una voz y opinión real sobre las decisiones que afectan su ambiente circundante. Un estudio previo de impacto también entregaría información valiosa sobre las condiciones ambientales de la línea base en el sitio, lo cual haría más fácil identificar, atribuir y remediar cualquier degradación ambiental potencial que podría surgir durante el desarrollo del proyecto, o bien identificar aquellos sitios donde el desarrollo no sería apropiado. Estudios previos de impacto se realizan en algunos países que cuentan con sectores geotérmicos establecidos, tales como los Estados Unidos, Nicaragua e Islandia.⁴⁰

Aunque esperar hasta la fase de explotación para exigir una evaluación de impacto ambiental pareciera ser una política que ayuda a agilizar y reducir los costos para las empresas, en realidad puede tener el efecto inverso. Dependiendo exclusivamente de estudios de impacto completados tardíamente en el ciclo de vida del proyecto podría conllevar retrasos significativos y costos adicionales debido a descubrimientos no anticipados y oposición pública. Invertir recursos previamente para evaluar el impacto de un proyecto, abordar las inquietudes de la comunidad y conseguir el apoyo local son acciones que podrían ayudar a los desarrolladores a evitar mayores costos en las etapas posteriores de desarrollo, ya que la explotación podría retrasarse debido a preocupaciones ambientales y/o temas sociales imprevistos.

■ La incorporación del espíritu del Convenio 169 de la OIT en la Ley Geotérmica

En el año 2008, el gobierno de Chile ratificó el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), un instrumento internacional que reconoce las aspiraciones de los pueblos indígenas de “asumir el control de sus propias instituciones y formas de vida y de su desarrollo económico y a mantener y fortalecer sus identidades, lenguas y religiones, dentro del marco de los Estados en que viven...”⁴¹ Al firmar este convenio, Chile le señaló al mundo que planeaba asegurar que las comunidades indígenas estarían cuidadosamente consideradas dentro del marco institucional y legal del país. No obstante, a pesar de que Chile firmó el Convenio 169, no consideró este acuerdo en la ley de concesiones geotérmicas o en ningún otro marco institucional relacionado a proyectos geotérmicos. La falta de claridad respecto a temas y derechos indígenas en el marco legal e institucional de Chile ha dado lugar un grado mayor de incertidumbre en todos los proyectos de desarrollo energético, incluyendo aquellos del sector geotérmico.⁴² Al no involucrar a las comunidades indígenas locales, es decir, al no entregar anticipadamente información clara y suficiente sobre los planes del proyecto y las expectativas, se podrían dañar las relaciones y provocar retrasos en el proyecto de desarrollo.

Efectivamente ha existido una falta de consideración hacia los derechos de las comunidades indígenas en el proceso de otorgamiento de concesiones. Se han otorgado concesiones en áreas importantes para los grupos indígenas— particularmente aquellas áreas que el gobierno designa como “reservas naturales”. Un ejemplo de un proyecto que procedió a pesar de las inquietudes de la comunidad indígena local es el proyecto de El Tatio de Geotérmica del Norte. La falla de un pozo dio lugar a una mayor oposición y el incidente arrojó una sombra sobre el desarrollo geotérmico. Para ayudar a sobrepasar esta temprana controversia, será importante consultar e involucrar a las comunidades locales y garantizar que estén incorporadas en el tema.

El gobierno debería tener un mejor entendimiento de las demandas de las comunidades indígenas en territorios sensibles y tomarlas en cuenta al otorgar las concesiones. Por ejemplo, varias comunidades— particularmente aquellas ubicadas en las regiones áridas del norte del país— están especialmente preocupadas respecto a las aguas subterráneas y perciben el desarrollo geotérmico como una amenaza a sus ya escasos recursos hídricos.⁴³ Frecuentemente, las plantas geotérmicas requieren cantidades significativas de agua bombeada de depósitos subterráneos profundos para producir el vapor necesario para impulsar las turbinas y generar electricidad. La ley actual no contiene disposición alguna que asegure que estas comunidades puedan conservar su suministro de agua. Como tal, las comunidades locales en las regiones áridas están particularmente preocupadas por el desarrollo geotérmico. El gobierno también debería exigir a las compañías ser más proactivas en consultar con los grupos indígenas antes de otorgar las concesiones. Esta consulta podría ser parte del estudio de impacto ambiental pre-exploratorio sugerido arriba.

■ Flexibilidad de la concesión

Actualmente, las concesiones de exploración tienen vigencia de dos años y en ciertos casos la compañía puede solicitar una prórroga por un periodo de dos años adicionales. Un período de dos años podría ser insuficiente para *algunas* concesiones ubicadas en climas extremos, las cuales no pueden ser exploradas todo el año. También podría ser insuficiente si las inquietudes de la comunidad local requieren de un proceso de negociación o mediación. Finalmente, un período de dos años podría ser insuficiente para aquellas concesiones ubicadas en áreas que requieren estudios de impacto ambiental más extensos debido a las características del ecosistema circundante y/o el contexto geológico. Si bien no es necesario un período de concesión extendido para todos los proyectos, algunas concesiones merecen espacios de tiempo más grandes para su exploración que otras. Esto requeriría tanto un cambio a la ley como una revisión más minuciosa por parte del Ministerio de Energía previo al otorgamiento de la concesión. El tamaño de la concesión es también muy inflexible. La ley requiere que las concesiones tengan la forma de un paralelogramo, implicando que todos los lados deben conformar líneas perfectamente rectas.⁴⁴ Algunas

concesiones, particularmente aquellas próximas a fronteras internacionales, podrían necesitar una forma especial para que puedan explotar plena y efectivamente los recursos.

3. Abordando restricciones institucionales

La falta de dirección en la actual política y la ausencia de un apoyo institucional general para la energía geotérmica pueden debilitar la regulación. A pesar de la existencia de una meta para la producción de energía renovable, el gobierno no ha puesto en marcha un plan concreto para estimular la generación de energía geotérmica como parte de una estrategia energética más amplia que debería estar dirigida a la implementación de alternativas de energía limpia y sustentable. Según se detalló anteriormente, debido a su cronograma y los costos iniciales elevados, la geotermia podría no cosechar los beneficios de tal objetivo. Sin embargo, frente a este escenario, aún no se han definido de manera óptima los mecanismos para incentivar el desarrollo de la geotermia.

Los individuos de la industria y académicos que fueron consultados generalmente encuentran que esta falta de dirección es una fuerte barrera al desarrollo. En cambio, aquellos funcionarios del gobierno consultados no se mostraron tan enfáticos al respecto.⁴⁵ Esta falta de consenso entre los actores clave puede dificultar la búsqueda de soluciones a corto plazo, a menos que el liderazgo gubernamental empiece a mostrar la voluntad política necesaria para que el desarrollo geotérmico, junto con otras ERNC, sea la prioridad con vistas al futuro.

■ Señales de política más claras

Resultará fundamental para Chile entregar una clara dirección política para la geotermia que aborde las ambigüedades regulatorias y legales persistentes y ayude a reducir los costos y riesgos a la inversión. Las señales de política poco transparentes respecto al nivel de apoyo del gobierno a la energía geotérmica como parte de una estrategia energética más amplia podrían provocar la desconfianza entre los inversionistas. Ningún país, quizás con la excepción del temprano desarrollo en los Estados Unidos durante la década de los 70, ha desarrollado un sector de energía geotérmica robusto sin tener mecanismos de incentivos claros y/o gastos notables dirigidos al progreso y sustento de los proyectos.⁴⁶ Todos los países con niveles importantes de producción de energía geotérmica— principalmente Islandia, las Filipinas y Nueva Zelanda— comenzaron el desarrollo a gran escala a través de una fuerte participación estatal.^{47,48,49}

■ Ampliando la base de expertos en geotermia

Quizás el síntoma más importante de la falta de una clara política para la energía se manifiesta en la manera en la cual se maneja la regulación de energía geotérmica por las instituciones gubernamentales. Si bien el Ministerio de Energía es técnicamente el departamento “insigne” para todos los recursos energéticos, la responsabilidad de los proyectos de energía geotérmica, la información y la evaluación están repartidas a través de varias instituciones

gubernamentales incluyendo, pero no limitado a, el Ministerio de Energía, el Centro de Energías Renovables y el Servicio Nacional de Geología y Minería. Además, estas instituciones cuentan con muy pocas personas dedicadas específicamente a la gestión y avance del desarrollo geotérmico. En cambio, Nueva Zelanda cuenta con un personal de apoyo gubernamental mucho más grande para el sector geotérmico.⁵⁰ Un número mayor de “expertos en el tema” bajo un único techo de una sola entidad gubernamental podría ayudar a elevar el perfil de la energía geotérmica dentro de las instituciones chilenas, garantizando que sea incluida explícitamente y en mayor medida en la planificación futura de recursos. Ello podría, también, ayudar a fortalecer la coordinación y efectividad del modo en que los recursos geotérmicos son gestionados.

Asimismo, es clave continuar con la construcción de la experiencia y capacidad técnica local—sobre todo si Chile mira hacia cómo sostendrá y ayudará a crecer a la industria una vez madurada. El gobierno y la industria pueden asegurar la formación de la próxima generación de profesionales geotérmicos al colaborar con las instituciones académicas locales para promover la investigación y el desarrollo continuo.

CONCLUSIÓN

Chile tiene los recursos naturales y humanos para convertirse en líder en la generación de energía limpia y sustentable. Para ello, debe crear un marco político de energía apropiado que ayudará hacer un uso más eficiente de sus abundantes recursos de ERNC. El nuevo compromiso de producir un 20 por ciento de sus necesidades energéticas para el año 2025 usando las ERNC es un buen primer paso. Pero en el caso de la energía geotérmica, también será necesario evaluar las acciones y mecanismos que pueden abordar los obstáculos específicos a los cuales el recurso se enfrenta. Ello garantizará que, eventualmente, la geotermia contribuya a la matriz energética como una energía de carga de base sustentable.

Para dar rienda suelta al potencial de la geotermia en Chile, es necesario considerar cuidadosamente las barreras y soluciones políticas relacionadas a: (1) atraer la inversión, (2) reducir los temas regulatorios y legales, y (3) abordar las restricciones institucionales. Las partes interesadas consultadas como parte de este análisis expresaron varios sentimientos con respecto a estos temas, indicando que será necesario participar en un diálogo serio y con miras al futuro sobre cómo fortalecer el rol de la energía geotérmica. Dado el consenso de que los altos riesgos y costos pueden ser un obstáculo las soluciones políticas posiblemente serán más fáciles de alcanzar en este ámbito, reconociendo sin embargo, que no existe un consenso claro en cuanto a la fuerza de determinadas soluciones. Hay un consenso menos aparente con respecto al significado de las barreras legales y regulatorias, por ende el encontrar las soluciones a estos asuntos podría ser de mayor desafío en el corto plazo. No obstante, estos obstáculos también deben ser abordados proactivamente—particularmente en relación a los impactos potenciales a la comunidad y al ambiente y la

participación pública. Las restricciones institucionales de la geotermia—que tienen también ramificaciones en la mayoría de las otras barreras—requerirán de una suficiente voluntad política para fijar una clara dirección política para el sector energético que incluya a la geotermia como parte integrante de la futura matriz energética de Chile.

El siguiente conjunto de acciones podría ayudar a estimular el desarrollo geotérmico en Chile:

Acciones por parte del Gobierno:

- Entregar una clara dirección para el desarrollo geotérmico y reevaluar el apoyo y estructura institucional para el desarrollo geotérmico.
- Investigar y apoyar el establecimiento de incentivos o mecanismos financieros para impulsar el desarrollo geotérmico.
- Reevaluar las leyes y los reglamentos sobre la geotermia, particularmente aquellas relacionadas a los impactos sobre y la participación de las comunidades locales, el sistema de concesiones y el cronograma y requerimientos para los estudios de impacto ambiental.

Acciones para los Desarrolladores:

- Garantizar la transparencia con las comunidades próximas a los proyectos.
- Desarrollar normas generales de la industria para el desarrollo de sitios próximos a comunidades establecidas—particularmente aquellas ubicadas en las regiones áridas del norte.
- Demostrar la voluntad de participar en estudios preliminares de impacto ambiental más detallados.

Agradecimientos

NRDC agradece a Andrew Reed, investigador y autor principal de este documento, por su contribución a este proyecto y al Centro para la Excelencia Geotérmica en Los Andes, un proyecto Fondap / Conicyt, por su colaboración y ayuda durante la fase de investigación de este estudio.

La investigación llevada a cabo para preparar este documento incluyó entrevistas a miembros del sector público chileno, empresas privadas e instituciones académicas. Estas entrevistas recabaron las opiniones de las personas entrevistadas y no reflejan necesariamente la posición oficial de las empresas, organizaciones o instituciones con las que estaban afiliadas. Como parte de su investigación, NRDC también consultó con Bloomberg New Energy Finance. NRDC aclara que las conclusiones y recomendaciones presentadas en este documento reflejan exclusivamente las opiniones de NRDC.

ENDNOTES

- 1 Gobierno de Chile, Ministerio de Energía. Ficha informativa *Renewable Energy in Chile - Factsheet*. 2012. Disponible en: http://cer.gob.cl/wp-content/uploads/downloads/2012/08/factsheet_Chile_ENG.pdf.
- 2 Preguntas frecuentes sobre la Geotermia. Departamento de Energía de los Estados Unidos. Oficina de Tecnologías Geotérmicas. <http://www1.eere.energy.gov/geothermal/faqs.html#content>.
- 3 Massachusetts Institute of Technology. *The Future of Geothermal Energy, 2006*. http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/future_geo_energy.pdf.
- 4 Agencia Internacional de la Energía, *Energy Policy Review*. 2009, 163.
- 5 Tringas, Tyler. "Chile Levelised Cost of Energy". *Bloomberg New Energy Finance*. Abril 2011, docs.nrdc.org/energy/files/ene_11052401a.pdf.
- 6 Agencia Internacional de la Energía, *Energy Policy Review*. 2009, 167.
- 7 Carrasco, Rodolfo. "Aprobada ley que incentive desarrollo de ERNC para llegar a 20% en 2025," *Diario Financiero*. 4 de septiembre de 2013. w2.df.cl/aprobada-ley-que-incentiva-desarrollo-de-ernc-para-llegar-a-20-de-matriz-en-2025/prontus_df/2013-09-03/205316.html.
- 8 Gobierno de Chile. Centro de Energías Renovables. *Reporte CER. Resumen Anual 2012*, marzo de 2013. cer.gob.cl/boletin/marzo2013/Reporte-20121.pdf.
- 9 Gobierno de Chile. Centro de Energías Renovables. *Estado de Proyectos Renovables. Reporte CER*, Septiembre de 2013. cer.gob.cl/boletin/septiembre2013/ReporteCER-%20Sep-dise%1fo%20pm.pdf.
- 10 Trenkle, Rudiger, Mighty River Power Chile. "Geotermia en Tolhuaca". Expositor invitado en seminario CEGA-NRDC "El futuro de la geotermia en Chile: Barreras y propuestas para su desarrollo" Universidad de Chile, Santiago Chile. 4 de abril de 2013. cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/noticias-destacadas/202-todos-los-actores-de-la-geotermia-se-reunen-en-exitoso-seminario-en-el-cega.
- 11 "Alterra Eyes First Geothermal Power in Chile from 2017," *Platts McGraw Hill Financial*, 3 de julio de 2013. platts.com/latest-news/electric-power/santiago/alterra-eyes-first-geothermal-power-in-chile-21244058
- 12 Geothermal Energy Association, *Geothermal: International Market Overview Report*. Mayo de 2012.
- 13 Ministerio de Energía de Chile. Lista de Concesiones. antiguo.minenergia.cl/archivos_bajar/geotermia/informe_geotermia_web.pdf
- 14 Ver: Mims, Christopher. "One Hot Island: Iceland's Renewable Geothermal Power." *Scientific American* (20 de octubre de 2008) Ver también "New Zealand 2010 Review." *Agencia Internacional de la Energía*. 2010:65.
- 15 Taylor, Mark. Bloomberg New Energy Finance "Superando barreras al financiamiento: aplicación de lecciones aprendidas a nivel internacional para activar el mercado de geotermia chileno" Expositor invitado en seminario CEGA-NRDC "El Futuro de la Geotermia en Chile: Barreras y Propuestas para su Desarrollo" Universidad de Chile, Santiago, Chile. 4 de abril de 2013. www.cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/noticias-destacadas/202-todos-los-actores-de-la-geotermia-se-reunen-en-exitoso-seminario-en-el-cega.
- 16 "Q2 2013 Geothermal Market Outlook," *Bloomberg New Energy Finance*. Junio de 2013, p. 3-4.
- 17 *Success of Geothermal Wells: A global Study*. Corporación Financiera Internacional. Junio de 2013. p. 5. www.ific.org/wps/wcm/connect/7e5eb4804fe24994b118ff23ff966f85/ific-drilling-success-report-final.pdf?MOD=AJPERES.
- 18 "Chile geothermal: genie still in the bottle," *Bloomberg New Energy Finance*. 3 de abril de 2013.
- 19 Reed, Andrew, tesis del magister: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013 Ver Figura 9 del Anexo, pregunta 2 de la encuesta.
- 20 Trenkle, Rudiger, Mighty River Power Chile. "Geotermia en Tolhuaca". Expositor invitado en seminario CEGA-NRDC "El Futuro de la Geotermia en Chile: Barreras y Propuestas para su Desarrollo" Universidad de Chile, Santiago, Chile. 4 de abril de 2013. www.cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/noticias-destacadas/202-todos-los-actores-de-la-geotermia-se-reunen-en-exitoso-seminario-en-el-cega.
- 21 "Q2 2013 Geothermal Market Outlook," *Bloomberg New Energy Finance*. Junio de 2013, p. 1.
- 22 Trenkle, Rudiger, Mighty River Power Chile. "Geotermia en Tolhuaca". Expositor invitado en seminario CEGA-NRDC "El Futuro de la Geotermia en Chile: Barreras y Propuestas para su Desarrollo" Universidad de Chile, Santiago, Chile. 4 de abril de 2013. www.cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/noticias-destacadas/202-todos-los-actores-de-la-geotermia-se-reunen-en-exitoso-seminario-en-el-cega.
- 23 Reed, Andrew, tesis del magister: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013. Ver Figura 9 del Anexo, pregunta 13 de la encuesta.
- 24 "Chile prepara un seguro de perforación fallida para 2014," *Piensa en Geotermia*, 6 de septiembre de 2013. <http://piensageotermia.com/archives/19550>.
- 25 "Q3 2012 Geothermal Market Outlook," *Bloomberg New Energy Finance*. Octubre de 2012, p.1.
- 26 Ulmer, Alexandra. "Chile GasAtacama Sees Over \$4 billion Power Deal with Miners." *Reuters*. 18 de oct. de 2012. www.reuters.com/article/2012/10/18/us-chile-gasatacama-Ing-idUSBRE89H1A020121018.
- 27 Reed, Andrew, tesis del magister: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013. Ver Figura 9 del Anexo, pregunta 16 de la encuesta.
- 28 Taylor, Mark, Bloomberg New Energy Finance, "Superando barreras al financiamiento: aplicación de lecciones aprendidas a nivel internacional para activar el mercado de geotermia chileno." Expositor invitado en seminario CEGA-NRDC "El Futuro de la Geotermia en Chile: Barreras y Propuestas para su Desarrollo" Universidad de Chile, Santiago, Chile. 4 de abril de 2013.
- 29 "Q2 2013 Geothermal Market Outlook," *Bloomberg New Energy Finance*. Junio de 2012, p.5.
- 30 "Q2 2013 Geothermal Market Outlook," *Bloomberg New Energy Finance*. Junio de 2012, p.5.
- 31 Reed, Andrew, tesis del magister: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013. Ver Figura 9 del Anexo, pregunta 17 de la encuesta.
- 32 Reed, Andrew, tesis del Magister: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013. Ver Figura 9 del Anexo, pregunta 15 de la encuesta.
- 33 Taylor, Mark, Bloomberg New Energy Finance, "Superando barreras al financiamiento: aplicación de lecciones aprendidas a nivel internacional para activar el mercado de geotermia chileno." Expositor invitado en seminario CEGA-NRDC "El Futuro de la Geotermia en Chile: Barreras y Propuestas para su Desarrollo" Universidad de Chile, Santiago, Chile. 4 de abril de 2013.
- 34 *Resumen y Estado del Programa 1603*. Departamento de Tesorería de los EE.UU. 21 de marzo de 2013. www.treasury.gov/initiatives/recovery/Documents/Status%20overview.pdf.
- 35 Urrenda, Juan Carlos, "El Sector Minero Chileno." Expositor invitado Oficina de la Comisión Minera. Santiago, Chile. 11 de marzo de 2013.
- 36 Salmon, Peter, et al., *Guidebook to Geothermal Finance*, National Renewable Energy Laboratory. Marzo de 2011.
- 37 Miethling, Benjamin. "Different but Similar: Geothermal Energy and the Role of Politics in Germany, Iceland, and the United States." *Z Energiewirtschaft*. 35 (2011): 292.

- 38 Reed, Andrew, tesis del magíster: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013. Ver Figura 9 del Anexo, pregunta 28 de la encuesta.
- 39 “Tras dos años, Gobierno aún no logra licitar estudio para la geotermia en Chile a 2050,” *Pulso* 11 de julio de 2013. www.pulso.cl/noticia/empresa-mercado/empresa/2013/07/11-25454-9-tras-dos-anos-gobierno-aun-no-logra-licitar-estudio-para-la-geotermia-en-chile-a-shtml.
- 40 Arauz Torres, Mariela, *Environmental Monitoring of Geothermal Projects in Nicaragua*, Gobierno de Nicaragua Ministerio de Energía y Minas, 2011. www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2011-06.pdf.
- 41 Preámbulo, el Convenio de los Pueblos Indígenas y Tribales, 1989. Organización Internacional del Trabajo, www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C169.
- 42 Reed, Andrew, tesis del magíster: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013 Ver la Figura 9 del Anexo, pregunta 42 de la encuesta.
- 43 Cruz Plaza, Antonio, Presidente del Consejo de Pueblos Atacameños. “Visión y Propuestas de los Pueblos Atacameños para el Desarrollo de la Geotermia,” Expositor invitado en seminario CEGA-NRDC “El Futuro de la Geotermia en Chile: Barreras y Propuestas para su Desarrollo” Universidad de Chile, Santiago, Chile. 4 de abril de 2013. www.cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/noticias-destacadas/202-todos-los-actores-de-la-geotermia-se-reunen-en-exitoso-seminario-en-el-cega.
- 44 Ley 19657, Sobre Concesiones de Energía Geotérmica. Ministerio de Minería. Diario Oficial 7 enero 2000. www.minenergia.cl/documentos/normativa/energias/renovables/ley-sobre-concesiones-de-energia.html.
- 45 Reed, Andrew, tesis del magíster: *Energy Under the Andes: Benefits, Barriers to Development, and Relevant Policy Alternatives for Chile's Untapped Geothermal Resources*. University of Pittsburgh. 2013. Ver la Figura 9 del Anexo, preguntas 32 y 33 de la encuesta.
- 46 Miethling, Benjamin. “Different but Similar: Geothermal Energy and the Role of Politics in Germany, Iceland, and the United States.” *Z Energiewirtschaft*. 35 (2011).
- 47 Mims, Christopher. “One Hot Island: Iceland's Renewable Geothermal Power.” *Scientific American*. 20 de octubre de 2008.
- 48 “Philippines Tap Energy from Earth's Core” (video clip en línea), *CNNMoney*. *CNNMoney*, 25 de febrero de 2013.
- 49 *New Zealand 2010 Review*, Agencia Internacional de la Energía, 2010, p. 65.
- 50 *Skills Issues in the Geothermal Sector, New Zealand Geothermal Association, 2009, p. 29.*



Natural Resources Defense Council

40 West 20th Street
New York, NY 10011
212 727-2700
Fax 212 727-1773

Beijing

Chicago

Los Angeles

Bozeman

San Francisco

Washington, D.C.

www.nrdc.org

www.nrdc.org/policy
www.facebook.com/nrdc.org
www.twitter.com/nrdc