



GEOTERMIA EN ARGENTINA: ESTADO, ÁREAS DE INTERÉS, POTENCIAL.



Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

Alejandro CONDE SERRA
Pablo Esteban JOHANIS

Buenos Aires, Noviembre 2021

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Presidente: Dr. Eduardo O. Zappettini
Secretaria Ejecutiva: Lic. Silvia Chavez

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Director: Dr. Martín Gozálvez

DIRECCIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICO MINEROS

Director: Lic. Pablo E. Johanis

ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES - SEGEMAR
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN



Av. General Paz 5445 (Colectora provincia) 1650 - San Martín - Buenos Aires - República Argentina
Edificios 14 y 25 | (11) 5670-0100
www.segemar.gov.ar

GEOTERMIA EN ARGENTINA: ESTADO, ÁREAS DE INTERÉS, POTENCIAL.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. GEOTERMIA EN ARGENTINA

2.1 Estado de la geotermia en Argentina

2.2 Áreas geotérmicas de interés

2.3 Distribución de los recursos

2.4 Potencial geotérmico y demanda energética minera

2.5 Marco legal

3. CARACTERÍSTICAS DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS

3.1 Proyecto geotérmico de Copahue-Caviahue

3.2 Campo geotermal Socompa

3.3 Caldera Cerro Blanco

3.4 Distrito Tuzgle - Tocomar

4. GRADO DE CONOCIMIENTO DE PROSPECTOS GEOTÉRMICOS

5. REFERENCIAS

**18 prospectos de alta entalpía
(potencial de generación eléctrica)**

Transición energética / descarbonización

**SEGEMAR con antecedentes y
estudios sistemáticos**

**Vapores endógenos
Minas de 1ra categoría del Código de Minería**

interés de las provincias

geotermia + minería

**82 prospectos de uso directo del calor
(baja entalpía)**

1. INTRODUCCIÓN

El principal reto del sector eléctrico en la transición energética hacia la descarbonización es afrontar cómo y a partir de qué fuentes renovables suministrar suficiente energía para poder cubrir la creciente demanda. Esta situación se ve afectada por la dependencia de la volatilidad de los precios del petróleo y otros combustibles fósiles y por consiguiente el aumento del coste de la energía en el país. La transición deberá contar con una planificación que incluya el impulso de las energías renovables con presencia de la geotermia en la República Argentina y que garantice el logro de los objetivos de la planificación del desarrollo productivo y territorial nacional, así como el impulso de las inversiones privadas y de capital extranjero en el país.

Diversificar las fuentes de suministro de energía, aumentando el uso de la energía geotérmica, es clave para lograr un desarrollo sostenible, mayor seguridad en la red y flexibilidad del sistema eléctrico nacional.

Debido a sus condiciones geológicas con el desarrollo de una región volcánica favorable en la Cordillera y la presencia de abundantes recursos hídricos subterráneos en las cuencas sedimentarias de su Litoral, la geotermia en Argentina presenta ventajas competitivas y oportunidades para contribuir de forma positiva al desarrollo del país, la descarbonización y una mayor seguridad energética.

2. GEOTERMIA EN ARGENTINA

Argentina cuenta con las condiciones necesarias para convertirse en uno de los mercados de geotermia más atractivos de la región. Las características geológicas con gran presencia de manifestaciones geotermiales localizadas en numerosas zonas del territorio nacional son una gran oportunidad para favorecer el desarrollo de distintos usos de la geotermia.

La región occidental del país se encuentra en una zona continental activa, con tectónica de subducción en el margen pacífico, al oeste de la Cordillera de los Andes. En ésta, la existencia de cuerpos magmáticos situados en niveles superiores de la corteza genera áreas térmicamente anómalas que indican un posible alto potencial geotérmico. Esta característica de la Cordillera de los Andes, sumada a las que presentan las extensas regiones donde se extienden amplias cuencas sedimentarias con acuíferos geotermiales, le otorgan a Argentina grandes oportunidades para el aprovechamiento del recurso geotérmico de baja y de alta temperatura.

El potencial geotérmico para generación eléctrica de Argentina se estima en 2.000 MWe (Gawell, et al. 1999) distribuido en distintas provincias del país: Catamarca, Jujuy, La Rioja, Mendoza, Neuquén, Salta, San Juan y Tucumán. El proyecto de Copahue es el único en la Argentina que cuenta

con factibilidad técnica. La dinámica de la inversión privada al momento no ha alcanzado a desarrollar proyectos que impulsen el potencial del recurso, lo cual implica la necesidad de profundizar desde el Estado la generación de información de base que aumente la certidumbre geológica, disminuya el riesgo, y así promueva el sector de la geotermia en el país.

El progresivo desarrollo de energías renovables, como la energía geotérmica y el impulso de estas tecnologías dentro del sector eléctrico puede fomentar el desarrollo y uso de la geotermia de alta, media y baja entalpía incluyendo la generación eléctrica, calefacción distrital y usos directos entre otros que proporcionan beneficios sociales creando empleos a las comunidades adyacentes, mejor calidad de vida, nuevas formas de desarrollo y contribuyen a la seguridad alimenticia de las áreas que cuentan con este recurso.

Una mayor contribución de la geotermia en la matriz de generación energética permitirá mejorar la seguridad de suministro eléctrico en la región (reduciendo la exposición a la volatilidad de los precios del petróleo y las sequías), así como limitar la emisión de gases de efecto invernadero, la descarbonización y lo que va en línea con los compromisos reflejados en la COP25 y contribuyendo a la reducción del coste de energía en la región, con el fin de lograr un desarrollo más sostenible e inclusivo que mejore las vidas de todos. Sin embargo, los sistemas eléctricos y el marco legal aún no están plenamente capacitados para este reto, que requiere de planes estratégicos, metodologías y tecnologías avanzadas para gestionar la inestabilidad que introducen algunas fuentes renovables intermitentes y asegurar suministro eléctrico de carga base confiable, incluso en condiciones adversas de falta de agua, sol o viento.

2.1 Estado de la geotermia en Argentina

Los primeros estudios de áreas geotérmicas para la generación eléctrica en el país datan de la década de los 70, en la cual se realizaron los primeros trabajos de reconocimiento geológico y geoquímico a fin de seleccionar áreas para futuros estudios adicionales detallados en diferentes provincias de Argentina.

A finales de los 80, en el campo geotérmico Copahue (Neuquén), se instaló una planta binaria piloto de generación eléctrica (capacidad total instalada de 0.67 MW).

Durante los años 90 y la primera década de 2000 el Estado argentino, a través del SEGEMAR, produjo información geotérmica de base (Miranda y Pesce 2000) llevando a cabo el relevamiento de las principales manifestaciones geotermiales (Pesce y Miranda 2000) y (Pesce y Miranda 2003). A partir de 2016 el SEGEMAR inició las tareas de investigación regional orientadas a la definición del potencial del país para la generación de energía geotérmica (Conde Serra 2019) y (Lindsey, et al. 2020).

A partir del año 2017, la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (SSERyEE) retomó la agenda del desarrollo de la generación de energía eléctrica a partir de recursos

geotérmicos en colaboración con el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), la Agencia de Inversiones (ADI-NQN), la Secretarías de Minería y/o Energía Provinciales, Organismos Internacionales y bancos multilaterales como el BID.

En los últimos años han surgido iniciativas para reactivar el sector geotérmico en el país. Algunos gobiernos provinciales (Neuquén, San Juan, Mendoza, Jujuy, Salta) apoyan la promoción para la participación de empresas privadas en el desarrollo de proyectos geotérmicos mediante la aplicación de mecanismos concesionales o la creación de empresas mixtas público-privadas.

La explotación de los recursos geotermales de media y baja temperatura puede ser crucial en la solución de problemas locales y ofrecer oportunidades para mejorar la calidad de vida de pequeñas comunidades aisladas. En los últimos años ha habido un incremento positivo de la presencia de múltiples emprendimientos de usos directos de la geotermia en Argentina. Prueba de ello son los diversos proyectos que se han desarrollado en el país que van desde el uso de aguas termales con fines terapéuticos o de ocio, invernaderos, piscicultura, usos industriales y usos domésticos de calefacción y climatización de viviendas y edificios oficiales. El SEGEMAR ha compilado la información pública disponible sobre geotermia de Argentina en un repositorio, con informes y trabajos inéditos producidos por el SEGEMAR, o por distintos organismos.

2.2. Áreas geotérmicas de interés

Estudios realizados por el SEGEMAR y otras instituciones internacionales han permitido el avance del conocimiento de los recursos geotérmicos del país. Han sido localizados más de 300 puntos de interés, de los cuales 18 son las áreas en las que se están realizando estudios.

	ÁREA GEOTÉRMICA	PROVINCIA
1	VILAMA-QUEÑUAL-COYAHUAIMA	JUJUY
2	VOLCAN TUZGLE	JUJUY
3	TOCOMAR-POMPEYA-ANTUCO	SALTA
4	CALDERA AGUAS CALIENTES-INCACHULE	SALTA
5	SALAR DE RINCÓN	SALTA
6	ROSARIO DE LA FRONTERA	SALTA
7	VOLCÁN SOCOMPA	SALTA
8	VOLCÁN LLULLAILLACO	SALTA
9	CALDERA CERRO BLANCO	SALTA
10	VOLCÁN OJOS DEL SALADO	CATAMARCA
11	LOS DESPOBLADOS VALLE DEL CURA	SAN JUAN
12	VALLE DEL CURA-ZANCARON-GOLLETE-BAÑITOS	SAN JUAN
13	CUENCA SE DE TUCUMAN/SGO. DEL ESTERO	TUCUMAN/SG.ES
14	VOLCÁN PETEROA	MENDOZA
15	COMPLEJO VOLCANICO EL MAULE	MENDOZA
16	DOMUYO	NEUQUÉN
17	COPAHUE-CAVIAHUE	NEUQUÉN
18	CUENCA COLORADO/P. LURO/BAHÍA	BUENOS AIRES

Tabla 1: Áreas geotérmicas de interés.



Figura 1: Áreas geotérmicas de interés.

2.3 Distribución de los recursos

Los recursos geotérmicos se clasifican en recursos de alta, media y baja entalpía. Los de alta entalpía permiten emplear el recurso para la generación eléctrica, y los de baja entalpía, por su menor temperatura, solo permiten aprovechamiento mediante uso directo del calor.

La distribución de los recursos geotérmicos de alta entalpía en la Argentina está materializada por la presencia de sistemas hidrotermales activos de origen volcánico en la zona cordillerana. En éste sector se identificaron dieciocho blancos geotérmicos para generación eléctrica y uso directo del calor. En islas próximas a la península Antártica, si bien se trata de recursos intangibles, se manifiestan sistemas del mismo tipo.

En el resto del territorio nacional se distribuyen 82 proyectos de media a baja entalpía para aprovechamiento directo del calor. En el sur de Tierra del Fuego y en las regiones de Bahía Blanca y Termas de Río Hondo los sistemas geotérmicos se desarrollan por conducción de fluidos en sectores de gradiente anómalo. Otras regiones, como la Mesopotamia, la cuenca Chacoparanense, la cuenca del Golfo de San Jorge y la cuenca Austral, cuentan con acuíferos profundos que alcanzan temperaturas útiles para el aprovechamiento directo, aún en ambientes de gradiente geotérmico normal.

En las restantes regiones en las que no hay presencia de acuíferos profundos ni evidencias de volcanismo activo, existen no obstante manifestaciones termales de media y baja entalpía, del tipo de los sistemas hidrotermales de convección.

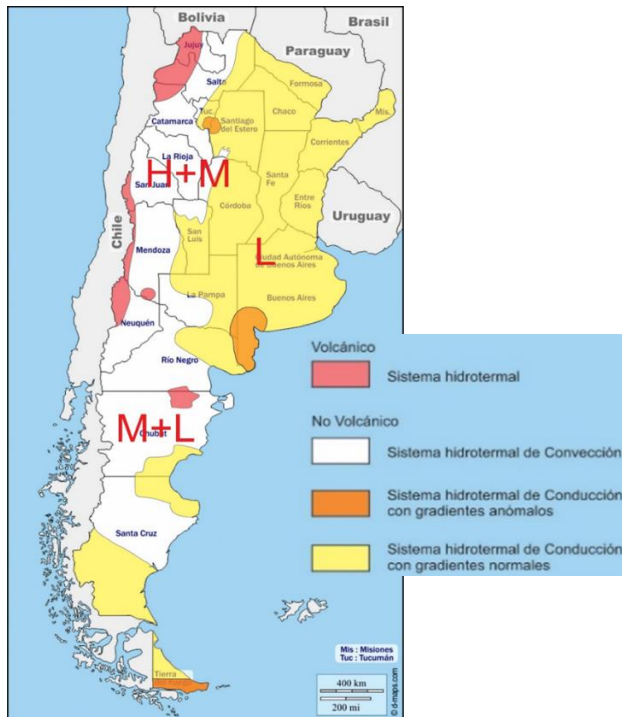


Figura 2: Regiones geotermales y tipos de depósitos.

2.4 Potencial geotérmico y demanda energética minera

Algunas de los principales proyectos geotérmicos de alta entalpía coinciden en cuanto a su localización con proyectos mineros de envergadura cuya factibilidad requiere del acceso a fuentes de energía. La posibilidad de descarbonizar al menos parcialmente la atención de esa demanda es de gran importancia en términos de las metas de transición energética y los compromisos derivados del cambio climático. El potencial geotérmico total estimado para el sector alcanza los 1355 Mwe.

En las provincias de Jujuy y Salta se localizan nueve proyectos geotérmicos entre los dieciocho de mayor interés destacados en la Argentina. En la región de la Puna se caracterizan por su proximidad a proyectos mineros, potenciales demandantes de energía geotérmica.

Potencial geotérmico	> 725 MWe
Necesidad de proyectos mineros	> 240 MWe
Necesidad poblaciones	> 40 MWe

En la provincia de Catamarca se localizan dos proyectos geotérmicos entre los dieciocho de mayor interés destacados en la Argentina. Se han estimado potencial y demanda minera y de las poblaciones:

Potencial geotérmico	> 270 MWe
Necesidad de proyectos mineros	> 120 MWe
Necesidad poblaciones	> 40 MWe

Las provincias de San Juan y Mendoza cuentan con áreas de interés geotérmico emplazadas en sus áreas cordilleranas, próximas a proyectos mineros.

Potencial geotérmico	> 360 MWe
Necesidad de proyectos mineros	> 250 MWe
Necesidad poblaciones	> 70 MWe

2.5 Marco legal

Para el Código de Minería los recursos geotérmicos se identifican como vapores endógenos, y su dominio legal se ejerce mediante derechos mineros de primera categoría.

La Ley 24585 de Protección del Medio Ambiente que regula aspectos legales de la actividad minera es aplicable a geotermia.

Del mismo modo la Ley 24196 de Promoción a las Inversiones Mineras provee beneficios fiscales, que mitigan los costos y el riesgo económico en la etapa de exploración, perforación y desarrollo de los campos geotermales.

La Ley 27191 de promoción a las energías renovables dispone:

- Amortización acelerada en el Impuesto a las Ganancias correspondiente a los bienes u obras de infraestructura incluidos en el proyecto de inversión.
- Devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado ("IVA") respecto a los bienes u obras de infraestructura incluidos en el proyecto de inversión.
- Exención del pago de los derechos a la importación y de todo otro derecho (con exclusión de las demás tasas retributivas de servicios), por la introducción de bienes de capital u otros elementos o equipos especiales que fueren necesarios para la ejecución del proyecto de inversión.
- Los bienes afectados al presente régimen no integrarán la base imponible del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta desde el principio efectivo de ejecución de las obras hasta el octavo ejercicio.
- Dedución de la carga financiera del pasivo financiero.

3. CARACTERÍSTICAS DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS

3.1 Proyecto geotérmico de Copahue-Caviahue

El Proyecto Geotérmico de Copahue, localizado en la provincia de Neuquén, realizó sus primeros estudios exploratorios en 1973. El campo tiene un área de aproximadamente 1,2 km², con cinco manifestaciones hidrotermales documentadas, cuatro de ellas se encuentran en territorio argentino: Termas de Copahue, Las Maquinas, Las Maquinitas y Anfiteatro y la restante se encuentra en territorio chileno, Chanco-Có. En todas ellas predominan las fumarolas de vapor, mientras que solo en las más importantes se visualiza agua caliente en la superficie y lagunas de barros sulfurosos. Estas áreas geotermales ubicadas en el interior de la Caldera de Caviahue, en el sector norte y noreste del volcán Copahue, se localizan áreas termales con emisiones de fluidos calientes relacionados con la actividad magmática del sistema. Estas áreas constituyen las manifestaciones activas denominadas Termas de Copahue (Agosto 2017).

Los estudios sobre las perforaciones exploratorias realizadas permiten demostrar que hasta los 1.500 metros de profundidad el Campo Geotérmico Copahue-Caviahue es de vapor dominante. Los análisis isotópicos indican que su origen es el agua de deshielo que se infiltra en el terreno y circula en el subsuelo en la zona del reservorio donde se le trasfiere las altas temperatura que surgen de la cámara magmática generándose un sobrecalentamiento.

Entre 1975 y 1981, se perforó un primer pozo de exploración de 1.100 metros de profundidad (COP-1). Seguido de la perforación de un segundo pozo (COP-2). De este modo se confirmó la presencia de un campo geotérmico de vapor seco dominante, en la zona de exploración cercana al volcán (JICA 1992).

En 1988, la provincia instaló una planta piloto de 0,6 MW, que funcionó hasta 1997 con el vapor que producía el COP-1. También se firmó un acuerdo de cooperación para estudiar la factibilidad de instalar una planta geotérmica de generación eléctrica con la agencia japonesa JICA. Ese análisis, culminó con la perforación de un tercer pozo de exploración (COP-3) siendo exitoso (JICA 1992).

	ETAPA 1	ETAPA 2
Capacidad	10 MW	30 MW
Pozos a perforar	2	7
Línea de Trasmisión	9 km (33 Kw)	101 km (132 Kw)
Energía anual	78,8 GWh	237 Gwh
Reducción de CO₂	34.690 ton/año	104.325 ton/año
Hogares abastecidos	26.000	78.000
Costo por Kw instalado	4.607 US\$/KW	4.224 US\$/KW
Inversión	US\$46.072.000	US\$126.720.000

Fuente: (JICA 1992)

Diez años después, en 1998, se perforó un cuarto pozo (COP-4) de aproximadamente 1.200 metros de profundidad, cuyo vapor se utilizó para el sistema de calefacción distrital de las calles de la localidad de Copahue. En 2009 las autoridades de la Adi-Nqn reanudaron la idea de explotación del recurso geotérmico. No obstante, pese a esos ensayos exitosos, aún no se ha desarrollado el aprovechamiento de generación eléctrica con fines comerciales.

3.2 Campo geotermal Socompa

El volcán Socompa es un volcán activo, con una fuente de calor vigente y condiciones de geopresurización. Es un modelo geotérmico de riesgo porque se lo denomina sistema ciego (sin manifestaciones termales evidentes) pero con condiciones geológicas similares a Cerro Pabellón (Calama, Chile), que en igual situación de exploración dura, su éxito se ha debido a que alumbró un sistema geotermal potente y sobre el cual se ha construido la primera planta (48 MWe) de Sudamérica con proyección a 150 MWe. No obstante a ser un sistema ciego la posibilidades de descubrir en Socompa más de un reservorio está dentro de las posibilidades de la exploración.

El prospecto cuenta con una vía férrea activa (FCGB Norte con convoy semanal a Chile ida y vuelta) que atraviesa el área de interés y llega al Puerto de Antofagasta (a 360 km). Esa vía permite

transporte de equipos pesados de perforación, transporte de materiales de planta, insumos, etc. Es un proyecto de frontera con Aduana Activa y custodia de Gendarmería Nacional. Cercano al proyecto se está desarrollando un conjunto de minas de litio, oro y cobre en una escala de inversión cercana a los u\$s 5.000 M (Proyecto de Cobre Taca Taca, necesitará unos 150 MWe y está demorado). No hay electricidad, no hay gasoductos.

El SEGEMAR firmó un acuerdo para la investigación del prospecto geotérmico con la empresa provincial salteña REMSA (Recursos Energéticos y Mineros Salta) para trabajar sobre sus concesiones geotérmicas. Dominio territorial para desempeñar trabajos.

3.3 Caldera Cerro Blanco, Catamarca

Se especula acerca la posibilidad de un reservorio de alta entalpía a una profundidad de hasta 1200 m. La fuente de calor es magmática activa procedente de un volcán holoceno (última erupción hace 2300 años).

La instalación de una planta geotermoeléctrica en esa región reemplazaría la generación eléctrica de grupos electrógenos ubicados en los pueblos de El Peñón y Antofagasta de la Sierra (operan de 15 hs a 22 hs con un costo de u\$s 200/MWe solo en consumo de gasoil). La disponibilidad de energía 24.7 promovería el asentamiento humano de estos dos pueblos que son al momento centros de turismo limitados.

La localidad de Fiambalá está conectada a la red provincial, pero tiene un cupo de suministro. Todo desarrollo agrícola está limitado por no disponer de cupo eléctrico para bombas de riego. Hay prospectos mineros en desarrollo en la zona. La empresa CAMYEN (Catamarca Minera y Energética S.E.P) es propietaria de toda el área geotérmica.

3.4 Distrito Tuzgle – Tocomar

Es conocida la presencia de un sistema geotermal muy extenso que ocupa los subsistemas Tocomar, Pompeya, Incachule, Antuco y Salar de Rincón. Volcán Tuzgle es vecino geográficamente y conforma un distrito con los restantes. Mediante la aplicación de métodos de definición de favorabilidad geotérmica implementados por el SEGEMAR se lo identificó como el de mayor potencial de la Puna Norte.

Es vecino a minas de litio en desarrollo, surca a los campos geotermales una línea de 345 Kv sub alimentada. Los prospectos cuentan con una ruta provincial pavimentada (R51), y cercano al prospecto se halla las vías del Tren de las Nubes. Toda el área de interés geotérmico se halla en propiedades o concesiones geotérmicas privadas, sin inversión desde hace 20 años.

4. GRADO DE CONOCIMIENTO DE PROSPECTOS GEOTÉRMICOS

Para todas las áreas de interés geotérmico seleccionadas se ha planteado un programa de estudios que incluye etapas sucesivas, desde el reconocimiento inicial al modelado tridimensional del recurso y perforaciones, que conduzcan a la factibilización de los proyectos.

A la fecha hay tres prospectos que cuentan con estudios del SEGEMAR: Volcán Socompa, la región de Termas de Río Hondo, y el área Caldera Cerro Blanco, en Catamarca.

VOLCAN SOCOMPA – SALTA

Concesión y situación legal: UTE SEGEMAR – REMSA
Sensores remotos detalle: Realizado. Disponible.
Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Realizado. Disponible.
Modelo estructural 2D 1:100.000: Realizado. Disponible.
Modelo Estructural 2D 1:50.000: Realizado. Disponible.
Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. A terminar.
Gases Difusos: Incompleto. Falta Etapa Final.
Geofísica AMT – MT: Incompleto. Falta Etapa Final.
Modelo Estructural 3D: Incompleto
Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.
Geotermometría: Realizado. Disponible.
Isótopos: Realizado. Disponible.
Modelo Hidrogeológico: Realizado. Disponible.
Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar 1:50.000. Disponible.
Pozos de gradiente (100 m): No realizado.
IIA Etapa de Exploración: No realizado.

CUENCA SUDESTE TUCUMAN – TERMAS DE RIO HONDO – TUCUMAN – SANTIAGO DEL ESTERO

Concesión y situación legal: A negociar. Definir acuerdos con superficiarios.
Sensores remotos detalle: No realizado.
Mapas Geológicos 1:250.000: Carta Geológica Concepción 2766-IV. Disponible.
Mapa Geológico 1:100.000: No realizado.
Modelo estructural 2D 1:100.000: Parcial. Realizado en Termas de Río Hondo y faldeo oriental Sas. de Aconquija. Disponible.
Modelo Estructural 2D 1:50.000: No realizado. A aplicar a Faldeo Oriental Sas. de Aconquija y en Termas de Río Hondo.
Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado. A aplicar a Termas de Río Hondo y Faldeo Oriental Sas. de Aconquija.
Gases Difusos: No realizado. No es necesario.
Geofísica AMT – MT: Incompleto. Primera Etapa disponible SEGEMAR.
Modelo Estructural 3D: No realizado.
Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.
Geotermometría: Incompleto. Parcial disponible SEGEMAR. Parcial disponible CONICET.

Isótopos: No realizado.

Modelo Hidrogeológico: Realizado. CONICET. Disponible.

Modelización de uso del calor: Realizado. SEGEMAR-ITBA-KIT Alemania. Disponible.

Modelo Conceptual Geotérmico: No realizado.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

COMPLEJO VOLCAN PETEROA – PLANCHON – AZUFRE – MENDOZA

Concesión y situación legal: propiedad privada minera.

Sensores remotos detalle: Realizado. UBA. Disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. UBA. Disponible.

Mapa Geológico 1:10.000: Incompleto. UBA. Disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: Realizado UBA. Disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: Realizado UBA. Disponible.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: Realizado UBA. Disponible.

Geofísica AMT – MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Realizado UBA. Disponible.

Isótopos: No realizado.

Modelo Hidrogeológico: No realizado.

Modelo Conceptual Geotérmico: No realizado.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

Mapa de Peligrosidad Volcánica: Disponible.

LAGUNA DEL MAULE – MENDOZA

Concesión y situación legal: propiedad privada minera.

Sensores remotos detalle: Realizado. UBA. Disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Preliminar Realizado. Disponible.

Mapa Geológico 1:10.000: No realizado.

Modelo estructural 2D 1:100.000: Realizado. Disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: No Realizado.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: No realizado.

Geofísica AMT – MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua: Realizado UBA. Disponible.

Isótopos: No realizado.

Modelo Hidrogeológico: No realizado.

Modelo Conceptual Geotérmico: No realizado.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

Mapa de Peligrosidad Volcánica: A editarse por SEGEMAR en noviembre 2019.

LOS DESPOBLADOS – SAN JUAN

Concesión y situación legal: UTE Geotermia Andina S.A. – IPEEM

Sensores remotos detalle: Efectuado por el propietario - No disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Efectuado por el propietario - No disponible.

Mapa Geológico 1:10.000: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: No realizado.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: No realizado.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Geofísica SEV, AB/2= 2.000 m: Efectuado por el propietario - No disponible.

Geofísica CSAMT: Efectuado por el propietario - No disponible.

Geofísica AMT – MT: Incompleto. Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Efectuado por el propietario - No disponible.

Isótopos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Hidrogeológico: No realizado.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar. Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Monte Carlo: Efectuado por el propietario - No disponible.

Pozos de gradiente (150 m): Efectuado por el propietario - No disponible.

IIA Etapa de Exploración: Aprobado. Disponible.

CALDERA AGUAS CALIENTES INCACHULE – SALTA

Concesión y situación legal: Propiedad privada minera.

Sensores remotos detalle: Incompleto.

Mapas Geológicos de detalle: No realizado.

Modelo estructural 2D: No realizado.

Gases Difusos: No realizado

Geofísica AMT - MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Incompleto. Análisis de aguas y gases. Geotermometría a publicar INENCO (CONICET)-UNSA. - No disponible.

Isótopos: No realizado.

Modelo Hidrogeológico: Incompleto.

Modelo Conceptual Geotérmico: No realizado.

Pozos de gradiente (100 m): No realizado.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

CALDERA CERRO BLANCO – CATAMARCA

Concesión y situación legal: Privada minera a conceder SEGEMAR – GOBIERNO PCIAL.

Sensores remotos detalle: No realizado.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Realizado. Disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: No realizado.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: No realizado.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: No realizado.

Geofísica AMT – MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Realizado. Disponible. (Falta conos acrecionales)

Isótopos: No realizado.

Modelo Hidrogeológico: No realizado.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar realizado. Disponible.

Pozos de gradiente (100 m): No realizado.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

VOLCAN LLULLAILLACO – SALTA

Concesión y situación legal: Privada minera

Sensores remotos detalle: Efectuado por el propietario - No disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: No realizado.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: No realizado.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: No realizado.

Geofísica AMT – MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: Incompleto

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua

Geotermometría: Realizado. Falta geotermometría.

Isótopos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Hidrogeológico: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar no realizado.

Pozos de gradiente (100 m): No realizado.

IIA Etapa de Exploración: Efectuado por el propietario - No disponible.

ROSARIO DE LA FRONTERA – SALTA

Concesión y situación legal: No concesionada. Parte privada.

Sensores remotos detalle: No realizado.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Realizado CUIA-INENCO – UNSA. Disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: Realizado CUIA-INENCO – UNSA. Disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: No realizado.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: Incompleto.

Geofísica AMT – MT: Realizado CUIA-INENCO – UNSA. Disponible.

Modelo Estructural 3D: Incompleto

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Realizado CUIA-INENCO – UNSA. Disponible.

Isótopos: Realizado CUIA-INENCO-UNSA. Disponible.

Modelo Hidrogeológico: Realizado CUIA-INENCO-UNSA. Disponible.

Modelo Conceptual Geotérmico: Realizado CUIA-INENCO – UNSA. Disponible.

Pozos de gradiente (100 m): No realizado.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

Modelización generación eléctrica: Realizado SEGEMAR – ITBA- KIT Alemania. Disponible.

VALLE DEL CURA – SAN JUAN

Concesión y situación legal: Geotermia Andina S.A.

Sensores remotos detalle: Efectuado por el propietario - No disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Incompleto. Efectuado por el propietario - No disponible.

Mapa Geológico 1:10.000: Incompleto. Propiedad privada.

Modelo estructural 2D 1:100.000: Realizado. Disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50000: No realizado.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Geofísica AMT – MT: Incompleto. Disponible.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Efectuado por el propietario - No disponible.

Isótopos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Hidrogeológico: No realizado.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar. Efectuado por el propietario - No disponible.

IIA Etapa de Exploración: Aprobado. Disponible.

VOLCAN OJOS DEL SALADO – CATAMARCA

Concesión y situación legal: Privada minera.

Sensores remotos detalle: Efectuado por el propietario - No disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: No realizado.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: No realizado.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: No realizado.

Geofísica AMT – MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Realizado en forma parcial por el propietario - No disponible.

Isótopos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Hidrogeológico: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar no realizado.

Pozos de gradiente (100 m): No realizado.

IIA Etapa de Exploración: Aprobado. Disponible.

VOLCAN TUZGLE – JUJUY

Concesión y situación legal: Propiedad privada. UTE Geotermia Andina S.A. – JEMSE

Sensores remotos detalle: No realizado

Mapas Geológico 1:100.000 y 1:50.000. Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: No realizado.

Gases Difusos: No realizado

Geofísica 1:10.000: Sondeos Eléctricos Verticales AB/2= 2000 m. Efectuado por el propietario - - No disponible.

Geofísica MT 1:50.000: No realizado

Modelo Estructural 3D: Incompleto

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de aguas: Análisis completo de aguas y gases.

Geotermometría. Efectuado por el propietario - No disponible.

Isótopos: No realizado

Modelo Hidrogeológico: Incompleto.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar 1:100000

Modelo Monte Carlo Preliminar. Realizado. Efectuado por el propietario - No disponible.

Pozos de gradiente (100 m): 3. No hay perfilaje geológico y térmico disponible.

IIA Etapa de Exploración: Presentado por el propietario a autoridades provinciales. En proceso de aprobación.

PROYECTO TOCOMAR ANTUCO POMPEYA- SALTA

Concesión y situación legal: Propiedad privada. Geotermia Andina S.A.

Sensores remotos detalle: Realizado por INENCO (CONICET) – UNSA. No disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. En elaboración por INENCO (CONICET) – UNSA. No disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: En elaboración por INENCO (CONICET) - UNSA. No disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: En elaboración por INENCO (CONICET) – UNSA. No disponible.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. En elaboración por INENCO (CONICET) –UNAS. No disponible.

Gases Difusos: No realizado

Geofísica 1:10.000: Sondeos Eléctricos Verticales AB/2= 2000 m. Efectuado por el propietario - No disponible.

Geofísica AMT-MT 1:50.000: Incompleto realizado por INENCO (CONICET) - UNSA. - No disponible.

Modelo Estructural 3D: Incompleto

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Análisis de aguas y gases.

Geotermometría a publicar INENCO (CONICET)-UNSA. - No disponible.

Isótopos: Incompleto

Modelo Hidrogeológico: Incompleto.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar 1:50.000

Pozos de gradiente (100 m): No realizado.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

VOLCAN COPAHUE – NEUQUEN

Concesión y situación legal: propiedad ADI

Sensores remotos detalle: Realizado. UBA. Disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Efectuado por el propietario - No disponible.

Mapa Geológico 1:10.000: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: Realizado. UBA. Disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. No realizado.

Gases Difusos: Realizado. SEGEMAR por el monitoreo del volcán.

Geofísica AMT – MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Efectuado por el propietario - No disponible.

Isótopos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Hidrogeológico: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar. Efectuado por el propietario - No disponible.

Perforaciones de exploración: Preliminar. Efectuado por el propietario - No disponible.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

Mapa de Peligrosidad Volcánica: A editarse por SEGEMAR.

SISTEMA DOMUYO

Concesión y situación legal: propiedad ADI

Sensores remotos detalle: Realizado. UBA. Disponible.

Mapas Geológicos 1:100.000 y 1:50.000. Realizado UBA. Disponible.

Mapa Geológico 1:10.000: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D 1:100.000: Realizado. UBA. Disponible.

Modelo Estructural 2D 1:50.000: Realizado. UBA. Disponible.

Modelo estructural 2D de detalle 1:10.000. Efectuado por el propietario - No disponible.

Gases Difusos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Geofísica AMT – MT: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de agua.

Geotermometría: Efectuado por el propietario - No disponible.

Isótopos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Hidrogeológico: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Conceptual Geotérmico: Preliminar. Efectuado por el propietario - No disponible.

IIA Etapa de Exploración: No realizado.

SALAR DE RINCON – SALTA

Concesión y situación legal: Propiedad privada minera.

Sensores remotos de detalle: No realizado.

Mapas Geológicos de detalle 1:50.000 y 1:10.000: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo estructural 2D: No realizado.

Gases Difusos: No realizado

Geofísica AMT - MT: No realizado.

Modelo Estructural 3D: No realizado.

Geoquímica de manifestaciones termales y cursos de aguas.

Geotermometría: Efectuado por el propietario - No disponible.

Isótopos: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Hidrogeológico: Efectuado por el propietario - No disponible.

Modelo Conceptual Geotérmico: No realizado.

Pozos de gradiente (100 m): No realizado.

IIA Etapa de Exploración: Aprobado. Efectuado por el propietario.

5. REFERENCIAS

Agusto, Mariano. 2017. Avances en el conocimiento del Sistema Volcánico-Hidrotermal del Copahue: a 100 años del trabajo pionero de Don Pablo Groeber. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires .

Baz González Emma, 2020. Geotermia en Argentina. Análisis de barreras, oportunidades y recomendaciones. BID Banco Interamericano de Desarrollo.

Conde Serra, Alejandro. 2019. Interpretación de los resultados de la prospección magnetoteléfica (MT) del sistema geotermal del sector sudeste de la Cuenca de Tucumán y su extensión en la Provincia de Santiago del Estero. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico.

Gawell, Karl, Michael Wright, Marshall Reed, 1999. Preliminary Report: Geothermal Energy, the Potential for firm power from the earth. Washington DC.

Groeber, P.; Corti, H. 1920. Estudio geológico de las termas de Copahue. Estudio químico preliminar de las muestras de aguas recogidas en el terreno. D. Buenos Aires: Dirección General de Minas, Serie F, Informes Preliminares y Comunicaciones, Boletín 3: 1-20.

JICA. 1992. The feasibility study on the Northern Neuquén Geothermal Development Project. JICA (Japan International Cooperation Agency) - Ente Provincial de Energía de la Provincia del Neuquén.

Lindsey, Cary , Bridget Ayling, Mark Coolbaugh, James Faulds, Alejandro Conde Serra, Gabriel Asato, Virginia Naón, et al. 2020. Development of Play Fairway Analysis for Geothermal Exploration in Argentina. Rejkavic: International Geothermal Association, World Geothermal Congress.

Miranda, Fernando; Abel H. Pesce. 2000. Catalogue of Thermal Manifestations of Argentina. Kyushu - Tohoku: Proceedings World Geothermal Congress 2000.

Pesce, Abel H.; Fernando Miranda. 2000. Catálogo de Manifestaciones Termales de la República Argentina. Vol. II. Buenos Aires.

Pesce, Abel H.; Fernando Miranda. 2003. Catálogo de Manifestaciones Termales de la República Argentina, Región Noroeste. Vol. I. Buenos Aires

RenovAr. 2019. Programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Buenos Aires: Gobierno de Argentina.

Subsecretaría de Planeamiento Energético. 2019. Escenarios Energéticos 2030. Buenos Aires: Dirección Nacional de Escenarios y Planeamiento Energético Subsecretaría de Planeamiento Energético.