



## RECURSOS GEOTÉRMICOS

Luis C. Mas<sup>1</sup>, Graciela R. Mas<sup>2,3</sup> y Leandro Bengochea<sup>2,3</sup>

1. EPEN. Área Energía Alternativa Neuquén, lmas@epen.gov.ar 2. Dep. de Geología. UNS gmas@criba.edu.ar; lbengo@criba.edu.ar 3. InGeoSur CONICET-UNS. Bahía Blanca

### RESUMEN

La provincia del Neuquén tiene una importante cantidad de recursos geotérmicos. Se puede mencionar a los de Copahue y Domuyo, entre otros varios del tipo mesotermiales e hipotermiales. También puede citarse en algunas áreas de la cuenca sedimentaria, la presencia de recursos geotérmicos intraplaca, no asociados a sistemas volcánicos. En Neuquén se han efectuado los mayores desarrollos de proyectos geotérmicos de Sudamérica, llegando incluso a la instalación de la primera Central Geotermoeléctrica. En este capítulo algunos se describirán resumidamente de los recursos geotérmicos presentes en la provincia del Neuquén, y se efectuará una breve reseña del desarrollo de los mismos.

**Palabras clave:** Geotermia, recursos, Copahue, Domuyo, Neuquén

### ABSTRACT

*Geothermal resources.*- The Neuquén province has got an important amount of geothermal resources. We can mention the Copahue and Domuyo districts as the most important, but there are also some others of meso or hypothermal type. Moreover, it is possible to find also some examples of geothermal intraplate resources, not related with volcanic systems, within the large sedimentary basin. In Neuquén there has been developed the main geothermal project of South America, including the first geothermal powerplant. In this chapter the geothermal resources are described, and a brief review of the geothermal projects in the Neuquén province is given

**Key words:** Geothermy, resources, Copahue, Domuyo, Neuquén

### INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se efectúa la descripción de algunos de los recursos geotérmicos existentes en la provincia del Neuquén, ubicando el desarrollo de alguno de ellos en el correspondiente contexto histórico y socioeconómico. En el Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén correspondiente al VII Congreso Geológico Argentino de 1978, se incluyó un capítulo relacionado con estos recursos, cuyo autor, el Dr. Angel J.C. del Vo desarrolló la temática de un modo muy interesante para la época en la que se efectuó. Debemos recordar que en el año 1974 se produjo una gran crisis energética, la primera en su tipo en tiempos modernos, que impulsó el desarrollo de las energías renovables. La energía geotérmica, si bien se ha usado desde tiempos prehistóricos en forma directa, es a partir de la revolución industrial que se comenzó a emplear de modo comercial, en asociación con la producción de bienes y servicios. Es a partir de 1904, en Italia, cuando comienza a utilizarse para la generación de electricidad. Hasta 1974 sólo algunos países, liderados por Italia, habían aplicado los vapores endógenos para la generación eléctrica.

A partir de la crisis del mencionado año, comienza en conjunto con otras fuentes renovables, un desarrollo significativo. No obstante ello, el aumento en su utilización en el mundo, no ha sido equivalente a la magnitud de los recursos existentes. Esto se ha debido, en gran medida, a cuestiones políticas y económicas, que han exacerbado las condiciones particulares que tienen estos recursos para su desarrollo. Entre estas cuestiones, podemos mencionar que los fluidos geotermiales poseen características equivalentes a los minerales «tradicionales», los radioactivos, el agua, o el petróleo. En todos los casos existe un

riesgo minero en su exploración y desarrollo, lo que genera un grado de incertidumbre respecto a su factibilidad, elevando los costos de su aplicación. Esta cuestión, junto a una disminución de los precios de los hidrocarburos, generó durante la década de los '90, un desarrollo relativamente pobre de los proyectos geotérmicos.

No obstante las dificultades, el aumento en los precios de los hidrocarburos en la última década, y un panorama muy complejo del mercado energético internacional, promovieron la aplicación del uso directo del calor geotermal como un recurso alternativo a los tradicionales hidrocarburos o carbón, para aplicaciones domiciliarias o industriales. Estos usos directos de la geotermia han servido no solo para cubrir déficits en la oferta energética, o para suplantar energías más caras, sino también para utilizar fuentes de energía que representen un bajo impacto ambiental con una muy escasa emisión de gases de efecto invernadero.

Si bien como fuente de energía eléctrica está limitada a aquellas zonas con fluidos de altas temperaturas, en general asociadas a zonas volcánicas, para el uso directo de esta fuente de energía se pueden utilizar recursos de menor temperatura, los que sí están distribuidos en forma global, permitiendo su utilización en una gran variedad de aplicaciones. Estas incluyen la calefacción domiciliaria, usos industriales o agropecuarios.

Los recursos geotermiales en la provincia del Neuquén, cubren un amplio espectro de temperaturas en distintas regiones de su territorio. Ello está relacionado con las particulares características geológicas de la región. En esta latitud se produce una inflexión en el ángulo de subducción de la placa de Nazca con la del Atlántico, lo que genera no solo una modificación en el lineamiento de la faja volcánica de la región chilena, sino un avance de la

presencia de actividad volcánica más moderna en territorio argentino. Este fenómeno tectónico se evidencia en la asociación de los centros efusivos jóvenes más importantes del Neuquén, con estructuras regionales de rumbo N-S y N 55° O, estas últimas del tipo transformadas. Normalmente este vulcanismo es del tipo andesítico a basandesítico alcalino.

### Campo geotérmico Copahue

Está ubicado en la zona central oeste de la provincia, aproximadamente a 31° S y 70° O. Corresponde a la región Occidental o Cordillera Neuquina (Holmberg 1978), y a la parte Suroccidental de la Cordillera Principal (Yrigoyen 1979). Es el principal centro volcánico de esta zona, que además caracteriza y da nombre al «Zócalo Volcánico de Copahue» unidad estructural definida por Ramos (1978).

Consiste en un complejo volcánico de edad cenozoica, con un valle de aproximadamente 15 por 20 km, que corresponde a una gran caldera formada a partir de un estrato volcán de grandes dimensiones. En dicha caldera evolucionaron varios centros efusivos, asociados a estructuras mayores de la caldera original, algunos de los cuales según Pesce (1989) derivaron en la formación de cráteres de explosión. Estos sistemas estructurales regionales, del tipo Transformados, tuvieron su origen durante la Fase Orogénica Quechua, a fines del Mioceno; en la cual se habrían originado una serie de lineamientos regionales con rumbo N 55° O que, en algunos casos, han tenido relación con la aparición de los centros volcánicos en territorio neuquino, y con los recursos geotermales. El yacimiento geotérmico de Copahue tiene un control del tipo estructural, con permeabilidad secundaria (G. Mas *et al.* 1993, 1995; 2005; Mas *et al.* 2000), el cual está dominado precisamente por una falla regional, con rumbo N 55° O, con un complejo de fallas asociadas. Las rocas son predominantemente volcánicas de composición calcoalcalina, del tipo andesitas básicas, aunque también se observa la presencia de un par de cuerpos traquíticos en la periferia de la caldera. La composición de estos dos tipos de rocas ha influido, entre otros factores, en la mineralogía secundaria resultante, en la que predominan los minerales de calcio y potasio. En las vulcanitas calcoalcalinas se intercalan algunos niveles sedimentarios menores.

El complejo tuvo inicio hace aproximadamente 4,3 Ma (Linares *et al.* 1999), con las vulcanitas calcoalcalinas de la Fm Hualcupén, durante el Plioceno. Posteriormente, y luego de un proceso tectónico muy importante, que modeló su forma actual, se desarrollaron varios estadios efusivos que modelaron el edificio del actual volcán Copahue (Fig. 1A), cuyos procesos eruptivos continúan teniendo lugar en tiempos actuales. Los más modernos han tenido lugar en los años 1992, 1996 y 2000. Ésta última erupción, de gran potencia, se prolongó durante varios meses, con la emisión de cenizas de composición andesítica.

Producto de los procesos eruptivos y tectónicos, se ha formado una zona con importantes reservorios geotermales, que presentan un fuerte control estructural. Las manifestaciones superficiales de estos reservorios, son las zonas termales muy conocidas popularmente desde

hace muchos años. A partir de algunas de ellas, por sus bondades terapéuticas se ha desarrollado un centro de balneoterapia que sin dudas fortaleció el flujo turístico más importante de la zona centro oeste de la provincia del Neuquén.

Las manifestaciones termales de esta zona, son: Termas de Copahue, Las Máquinas, Las Maquinitas, El Anfiteatro, la Vertiente del Agrio, la Laguna del Cráter, Las Mellizas y Chanco Co, esta última sobre territorio chileno. Excepto la Vertiente del Agrio y la Laguna del Cráter, el resto aparece sobre rocas de la Fm. Las Mellizas.

**Termas de Copahue:** Las características originales y naturales de esta zona, la más importante de la región, no se pueden observar, debido a que se encuentra profundamente modificada por las construcciones, calles, diques y tajamares, que han formado pequeñas lagunas para su aprovechamiento en balneoterapia. Las lagunas más conocidas son la Sulfurosa, la Verde, Del Chanco, Baño N° 9, entre otras.

**Las Máquinas:** Es la segunda zona termal del campo en extensión areal, presencia de manifestaciones y alteración superficial de sus rocas. También acá se ha formado una laguna caliente por el endicamiento de las aguas surgentes, muy turbias por la presencia de azufre coloidal. Numerosas fumarolas y manantiales calientes rodean esta laguna.

**Las Maquinitas:** Este sector es uno de los más reducidos superficialmente, pero presenta una de las manifestaciones de mayor temperatura, con vapor sobrecalentado a 132° C (Latinoconsult/ELC-Electroconsult 1981).

**El Anfiteatro:** Constituye un área extensa, con numerosas manifestaciones termales gaseosas y líquidas de escasa magnitud. Presenta precipitaciones de azufre nativo en superficie con halos de pirita. Roca circundante alterada con grados intermedios a altos.

**Las Mellizas:** Las manifestaciones son escasas y de temperaturas muy bajas, con un grado de alteración intermedio, lo que evidencia una evolución termal retrogradante en este sitio.

**Vertiente del Agrio:** Esta es una de las dos manifestaciones que aparecen directamente sobre rocas del volcán Copahue. Sus características de surgencia son muy especiales, con un pH 0,75, y una relación directa con la laguna del cráter.

**Laguna del Cráter:** Este sitio tiene la particularidad de corresponder al centro de emisión de las últimas efusiones volcánicas del Copahue. El fluido presenta características físico-químicas variables relacionadas con distintos procesos del volcán, principalmente en su temperatura y nivel del agua.

**Chanco Co:** Esta es la única manifestación presente en territorio chileno, es estrecha y se extiende a lo largo de una falla ONO-ESE. Es distinta a aquellas presentes en Argentina, ya que su actividad es casi fumarólica con escasa presencia de agua caliente.



Figura 1: Manifestaciones geotérmicas del Neuquén: A) Volcán Copahue, Laguna del Agrio y Caviahue; B) Planta geotérmica Copahue; C) Cerro Domuyo y cerro Domo; D) Termas Los Tachos; E) Volcán Lanín; F) Termas Lahuen Co.

### Campo geotérmico Domuyo

Este complejo volcánico está localizado al norte de la provincia del Neuquén, en el extremo septentrional de la cordillera del Viento. Esta cadena caracteriza la unidad estructural definida por Braccacini (1970) como Alto de la Cordillera del Viento, limitado por dos importantes lineamientos estructurales, con dirección N 55° O (Ramos 1978). Uno de ellos es el Barrancas, y el otro es El Chillán. Estos lineamientos, en conjunto con otras estructuras asociadas, condicionaron la aparición de varios sistemas volcánicos en esta región, entre ellos el Domuyo (Fig. 1C). Este es el cerro más alto de la Patagonia, con 4.709 m s.n.m., y está rodeado por otras eleva-

ciones importantes del complejo; entre ellas el Domo, de las Papas y Covunco. Este sistema está caracterizado por un basamento consistente en rocas sedimentarias y volcánicas piroclásticas de edad permo-triásica (JICA 1984, 1992). Por encima yacen en discordancia formaciones sedimentarias y piroclásticas mesozoicas. En el terciario se desarrolló actividad volcánica andesítica; y al final de dicho período, se produjo un proceso eruptivo ácido con flujos de lava y rocas piroclásticas, las que cubren las formaciones de basamento y mesozoicas. Estas rocas ácidas se han denominado Complejo Volcánico Domuyo (JICA 1984).

En esta área se encuentran varias zonas con manifestaciones de alta temperatura, a saber:

**La Bramadora:** Posee la mayor altitud de todas, alrededor de 3.200 m s.n.m. Está ubicada al este del cerro Domo, pero sobre la ladera del Domuyo. Es una manifestación de vapor, con gases fumarólicos de origen volcánico. El gas es rico en  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{SO}_4^-$ , y la relación  $\text{SO}_4^-/\text{Cl} > 1$ . A partir de su composición gaseosa se desprende que su temperatura es elevada (JICA 1983).

**El Humazo:** Está localizado en el valle del arroyo Manchana Covunco, al NO del cerro Domo. Es del tipo mezcla agua – vapor, clorurada sódica. Sus temperaturas geotermométricas están por encima de los 200° C.

**Los Tachos:** Está ubicado en el valle del arroyo Covunco (Fig. 1D) al SO del cerro Domo. Es el área de manifestaciones termales más extensas, también del tipo mezcla agua – vapor, clorurada sódica. Las temperaturas geotermométricas de la parte oriental de Los Tachos están por encima de los 200° C.

**Las Olletas:** Se ubica al oeste y no muy lejos de El Humazo, también sobre el valle del Manchana Covunco, pero con algunas diferencias respecto de aquel. El Humazo aparece en la parte inferior del valle, en cambio Las Olletas aparecen sobre uno de los flancos, en la parte superior. Su tipo es agua dominante, también clorurada sódica. En algunos casos aparecen geysers de pequeño tamaño. Sus temperaturas de surgencia son de alrededor de 93° C.

**Aguas Calientes:** Es una manifestación de agua caliente, que aparece al oeste del cerro Domo y al SO de Las Olletas. La surgencia ocurre por debajo de una potente formación de tobos pumicíticas de edad terciaria–cuaternaria. Está constituida por una gran cantidad de manantiales de agua caliente, con temperaturas de alrededor de 60° C, que aportan unos 379 m<sup>3</sup>/h. Esta zona, al igual que en la occidental de Los Tachos y Las Olletas son del tipo agua dominante, clorurada sódica, con temperaturas geotermométricas entre 160 y 190° C.

**Rincón de las Papas y Ailenco:** Estas manifestaciones son del tipo agua dominante, bicarbonatadas de Ca-Mg; localizadas en la parte norte del campo; la primera de ellas al norte del cerro de Las Papas, el cual está al norte del cerro Domo; y la segunda al oeste de la primera. Las temperaturas de surgencia son de alrededor de 40° C, y sus temperaturas geoquímicas están entre 130 y 175° C.

### Otras zonas geotermales

**Trocomán:** Esta zona está ubicada al norte de Copahue. Está compuesta por la sierra de Trocomán, limitada al sur, por el valle de las Damas, y al norte por el valle del Picunleo. En el primero de los valles hay afloramientos de sedimentos de una pequeña cuenca sedimentaria de edad terciaria, que como particularidad presenta una vertiente de agua con hidrocarburos. Asimismo, se encuentran una serie de manifestaciones de agua caliente, de baja temperatura, que podrían estar asociadas a fuentes de calor relacionadas con cuerpos extrusivos de composición traquítica, que se ubican al oeste de esta zona. En el valle de Picunleo también se encuentran manifestaciones de agua caliente, de las que existen referencias desde hace

muchos años, y que se ubican en zonas de muy difícil accesibilidad.

**Lanín:** El volcán Lanín (Fig. 1E) está localizado cerca de la ciudad de Junín de los Andes, aproximadamente a 430 km de la ciudad de Neuquén, en el sudoeste de la provincia, sobre el límite con la República de Chile. El Lanín es un volcán basáltico holoceno, que forma parte de un eje con rumbo aproximado N 55° O, con los volcanes chilenos Villarrica y Quetrupillán. Asimismo, sobre territorio argentino, forma parte de un complejo volcánico junto a El Escorial, Huanquihue, Arenal y otros.

A unos dos kilómetros al sur del pequeño lago Curi Laufquen, hay unas manifestaciones termales conocidas como Lahuen Co (Fig. 1F), o también como Baños de Epulafquen. Sosic (1978) ya las mencionó como Cullu Co, y las describió con temperaturas de 60° C y un Residuo seco de 1.944 mg/l.

El sitio de las vertientes está ubicado en una zona de afloramientos de tobos y lavas andesíticas, relacionadas con las últimas fases del volcanismo cuaternario de esta área, representada por las últimas erupciones del volcán Lanín. Según tradición oral, las últimas erupciones corresponden al Huanquihue, ubicado al sudeste de las manifestaciones termales; y habrían ocurrido en el siglo XVII (Del Vo 1978).

Las aguas termales presentan una temperatura de surgencia de 56° C, pH 7 y una conductividad de 2940  $\mu\text{S}/\text{cm}$  siendo un agua clorurada bicarbonatada. En sus inmediaciones se ha instalado el Spa Termal Lahuen Co que aprovecha sus aguas para balneoterapia.

**Queñi:** Se encuentran a unos 32 km de la ciudad de San Martín de los Andes, en cercanías al lago homónimo (Fig. 2A), a unos 50 m por encima de su nivel y en plena zona selvática. Las manifestaciones aparecen en rocas dacíticas, de textura afanítica y diaclasadas; ubicadas sobre niveles tobáceos, los que se disponen por encima de niveles de aglomerados volcánicos gruesos, correspondientes a las cercanías del centro emisor, y lavas de origen basálticas. La roca en vecindades de las termas se presenta parcialmente oxidada, con presencia de sulfuros y cuarzo. La temperatura de surgencia es de 60° C, pH 8,5, conductividad 405  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y del tipo sulfatada. Su caudal está por encima de los 30.000 l/h. Los centros eruptivos más modernos, cercanos a esta zona geotermal se ubican a unos 60 km al norte, el volcán Lanín; y 40 km al oeste-noroeste, el volcán Mocho-Choshuenco. A pesar de que la litología del área corresponde a procesos eruptivos, no es factible determinar en esta etapa del conocimiento, cuál sería la fuente de calor de este reservorio geotérmico.

**Buta Ranquil:** Al este de esta localidad, se encuentran unas manifestaciones termales de baja temperatura (Fig. 2B), ubicadas sobre rocas sedimentarias organógenas, implantadas en las estribaciones noreste del volcán Tromen. Este volcán forma parte de un complejo eruptivo, junto con otros centros emisores, entre los que podemos mencionar el Tihue y el Huaile. Su actividad moderna tiene registros históricos informales, a partir de relatos de comunidades aborígenes al Dr. Groeber (1946), quien ubica alguna de las emisiones, con edades de alrededor de 1.000 a 2.000 años.



Figura 2: Manifestaciones geotérmicas del Neuquén : A) Termas Queñi; B) Termas Buta Ranquil; C) Termas Filo Morado; D) Termas Vaca Muerta

Las manifestaciones de aguas termales se localizan en dos sitios, uno de ellos en la denominada Zona de Chacras a 3.000 m al este la localidad de Buta Ranquil, y el otro a la vera de la ruta nacional 40, a unos 10 km de la mencionada localidad. La primera de ellas consta de al menos dos puntos de surgencia, con características similares; con temperaturas de 18,7 y 18,9° C, ph 6, olor fétido y algo de material algal y mineral en suspensión. Los puntos de alumbramiento se encuentran en un afloramiento tipo batea de travertino. Las conductividades son 2045 y 2118  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y son del tipo bicarbonatadas sulfatadas.

El segundo punto de surgencia, al lado del camino, presenta una temperatura de 19,8° C, ph 6,9 y la conductividad es 1899  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo del tipo sulfatada El olor fétido en este caso es menor que en la zona de chacras. En esta zona no hay presencia de travertino, y las rocas aflorantes en las vecindades son sedimentos fosilíferos mesozoicos.

**Filo Morado:** A unos 5 km al SO de la Planta de Tratamiento del Yacimiento Hidrocarburífero Filo Morado, se ubica una estructura particular, consistente en una fosa con rumbo EO, con una longitud de casi un kilómetro, un ancho de alrededor de 10 m, y una profundidad de aproximadamente 5 m, que se ubica sobre sedimentos del Grupo Neuquén (Fig. 2C). En su interior aparecen varios puntos de surgencia de aguas termales, que presentan temperaturas de 18,1° C, y un pH 7,6. Su composición química las ubica como aguas del tipo sulfatada.

**Vaca Muerta:** En un sitio ubicado a la vera de la ruta provincial 14 a 6 km al sureste de la localidad de Bajada del

Agrio, se encuentra una surgencia de agua con fuerte olor fétido, con una temperatura de 17,2° C, un pH 8,9, conductividad 1189  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , del tipo bicarbonatada sulfatada (Fig. 2D). El origen de estos fluidos termales no se puede asociar con actividad volcánica, ya que se encuentra en sedimentos de la Fm. Vaca Muerta, en plena zona de la denominada Faja Plegada. Este tipo de recurso geotérmico normalmente se asocia con estructuras de fallamiento profundo, lo que permite la circulación de las aguas meteoricas, en niveles con gradientes geotérmicos elevados. Asimismo es posible que le hayan conferido una mayor solubilidad de sales, que son transportadas hasta la superficie. En este caso en particular, se encuentran sobre una vieja picada sísmica, lo que nos permite estimar que se podría tratar de un viejo pozo que habría permitido aflorar algún acuífero termal confinado.

**Termas La Curva:** En vecindades a la ciudad de Plaza Huincul, a unos 5 km al sudeste de la misma, se encuentra un pozo del que surge agua termal. Este pozo fue perforado por la empresa Yacimientos Petrolíferos Fiscales, en el marco de la exploración hidrocarburíferas. En función de la aparición de aguas termales, se lo dejó en reserva, para su aprovechamiento con fines de de balneoterapia. A estos fines se han construido piletas y otras facilidades, para su aprovechamiento.

**China Muerta:** En terrenos correspondientes al área de concesión hidrocarburífera de Agua del Cajón, se encuentra ubicado un pozo del que surge agua termal, con una temperatura de aproximadamente 30° C. Este pozo fue perforado con el propósito de desarrollo del yacimiento

de hidrocarburos. El origen de la temperatura del agua es el gradiente geotérmico normal, ya que se trata de un pozo con más de mil metros de profundidad.

## DESARROLLO GEOTÉRMICO

Si bien desde la década del cincuenta se efectuaron estudios del recurso geotérmico en Copahue, no fue sino hasta mediados de los setenta que comenzó el estudio exploratorio sistemático de ese campo y el de Domuyo. En el primero se llegó hasta el nivel de factibilidad técnico económica, con resultados positivos; la perforación de cuatro pozos profundos que resultaron productivos, la instalación de una planta geotermoeléctrica del tipo piloto (Fig. 1B), de ciclo binario y una potencia instalada de 0,67MWe. Esta planta fue la primera instalada en Sudamérica. Además se instaló un sistema de calefacción de calles y edificios en la localidad de Termas de Copahue, con una capacidad instalada de aproximadamente 18 MWth.

En el campo geotérmico de Domuyo se desarrolló un estudio de prefactibilidad en conjunto con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), con estudios geológicos; geoquímicos de suelos, de rocas, aguas, vapor y gases; geofísicos con relevamientos gravimétricos, prospección sísmica y geoelectrica (SEV), la perforación de 13 pozos de gradiente, y un pozo multipropósito de 366 m de profundidad. Además se instaló, en un grupo de cabañas en Aguas Calientes, un sistema de calefacción y agua sanitaria caliente, a partir de la captación de una manifestación termal, con una potencia estimada en 35 KWth. Dicho sistema está en funcionamiento ininterrumpido desde el año 1987 hasta el presente.

## CONCLUSIONES

Los recursos geotérmicos en la provincia del Neuquén, son de significativa importancia, no solo desde el punto de vista de su cantidad y distribución, sino también por sus características, ya que son varios los sitios en los que surgen aguas y vapores con temperaturas elevadas, que permitirían su aprovechamiento en diversos usos, entre los cuales, el más emblemático sería la generación de energía eléctrica. Asimismo, esta amplia distribución geográfica, aún con temperaturas intermedias o bajas, permitiría un aprovechamiento de las mismas para su uso directo, lo que en los últimos años ha tenido un desarrollo mundial muy importante (mayor aún que el eléctrico), y que al igual que este, es de suma importancia para un desarrollo económico armónico y ambientalmente sustentable. Dentro de los usos directos, se pueden mencionar el industrial, agrícola, ganadero, balneoterapia, piscifactoría y la calefacción de edificios, no solo a través del uso de aguas termales en forma directa, sino a través de la circulación de fluidos en el suelo, con la aplicación de bombas de calor, aprovechándolos para calefacción o refrigeración.

## Agradecimientos

Al EPEN por el financiamiento de los análisis de aguas y la utilización de la información existente. Al Sr. B. Barros

propietario de la chacra de Buta Ranquil por permitir el muestreo de aguas en su propiedad. A nuestras familias por el apoyo, comprensión y paciencia de toda la vida.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Braccacini, I.O. 1970. Rasgos tectónicos de las acumulaciones mesozoicas en las provincias de Mendoza y Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 25 (2): 275-282. Buenos Aires.
- Del Vo, A.J.C. 1978. Recursos Geotérmicos. *Relatorio 7º Congreso Geológico Argentino*, pp. 301-307. Neuquén.
- Groeber, P., 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70° 1. Hoja Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina*, 1 (3) : 177-208. Buenos Aires.
- Holmberg, E. 1978. Rasgos Geomorfológicos. *Relatorio 7º Congreso Geológico Argentino*: 119 - 127. Neuquén.
- JICA-EPEN, 1983. *Prefeasibility Study for the Northern Neuquén Geothermal Development Project*. Unpublished Interim Report, First-second phase. Ente Provincial de Energía del Neuquén, Japan International Cooperation Agency. Japón. (Informe inédito).
- JICA-EPEN, 1984. *Prefeasibility Study for the Northern Neuquén Geothermal Development Project*. Unpublished Final Report, Ente Provincial de Energía del Neuquén, Japan International Cooperation Agency. Japón. (Informe inédito).
- JICA-EPEN, 1992. *Feasibility study on the Northern Neuquén Geothermal Development Project*. Unpublished Final Report, Ente Provincial de Energía del Neuquén, Japan International Cooperation Agency. Japón. (Informe inédito).
- LATINOCONSULT & ELC - Electroconsult. 1981. *Geothermal feasibility study of Copahue*. Final Report, Secretaría de Estado del COPADE, Neuquén. (Informe inédito).
- Linares, E., Ostera, H.A. & Mas, L.C. 1999. *Cronología Potasio-Argón del complejo efusivo Copahue - Caviahue*, Provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 54 (3): 240-247. Buenos Aires.
- Mas, G.R., Mas, L.C., & Bengochea, L. 1993. *Inclusiones fluidas en el pozo exploratorio COP-3, campo geotérmico de Copahue*, Provincia del Neuquén, Argentina. *12º Congreso Geológico Argentino*, Actas 92-98.
- Mas, G.R., Mas, L.C., & Bengochea, L. 1995. *Zeolite zoning in drillholes of the Copahue geothermal field*, Neuquén, Argentina. *Proceedings of the World Geothermal Congress*: 1077-1081, Florencia.
- Mas, L.C., Mas, G.R. & Bengochea, L. 2000. *Heat flow of Copahue geothermal field; its relation with tectonic scheme*. *Proceedings of the World Geothermal Congress*, 1419-1424. Japan.
- Mas, G.R., Bengochea, L. & Mas, L.C. 2005. *Thermometric study of the Copahue geothermal field*, Argentina. *Proceedings of the World Geothermal Congress*. Antalya, Turquía.
- Pesce, A. 1989. *Evolución Volcano-Tectónica del Complejo Efusivo Copahue-Caviahue y su Modelo Geotérmico Preliminar*. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 44 (1-4): 307-327. Buenos Aires.
- Ramos, V. 1978. *Estructura*. *Relatorio 7º Congreso Geológico Argentino*: 99-119. Neuquén.
- Sosic, M.V.J. 1978. *Recursos Hídricos Subterráneos*. *Relatorio 7º Congreso Geológico Argentino*: 309-323. Neuquén.
- Yrigoyen, M.R. 1979. *Cordillera Principal*. *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias: 651 - 694. Córdoba.