



# G E O T E R M I A

**Ingeniero Luis Alberto Estrada**  
Departamento de Geodesia y Topografía  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Universidad Nacional de Tucumán

# **GEOTERMIA**

## **Su grado de desarrollo como generadora de energía eléctrica y sus usos directos. El Campo geotérmico Taco Ralo – Río Hondo.**

La presente publicación es la versión escrita de la exposición del Ing. Luis Estrada en la Mesa Panel realizada el 21 de Abril de 1988 en el Centro Cultural de la Universidad Nacional de Tucumán sobre el tema, actualizado en imágenes y datos al corriente año 2013.

El citado Panel contó además con la participación del Presidente del Honorable Cámara de Diputados de la Provincia Contador Eduardo Castro, del Secretario de Ciencia y Técnica de la U.N.T. Dr. Alfredo Tineo y del Dr. José Hatem. Fue organizada por la Cámara de Diputados de la Provincia, auspiciada por la Universidad Nacional de Tucumán y patrocinada por la Comisión Permanente Interparlamentaria Nacional de Turismo.

El Ing. Estrada se graduó como Ingeniero Geodesta y Geofísico en la Universidad Nacional de Tucumán y es Profesor Asociado en la Disciplina Geofísica de dicha Universidad. De los diversos cursos de posgrado que realizó, debe destacarse el de Geotermia (Diploma in Geothermal Technology) en el Instituto de Geotermia de la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda, durante el año 1987, becado por las Naciones Unidas a propuesta de la Secretaría de Energía de la Nación.



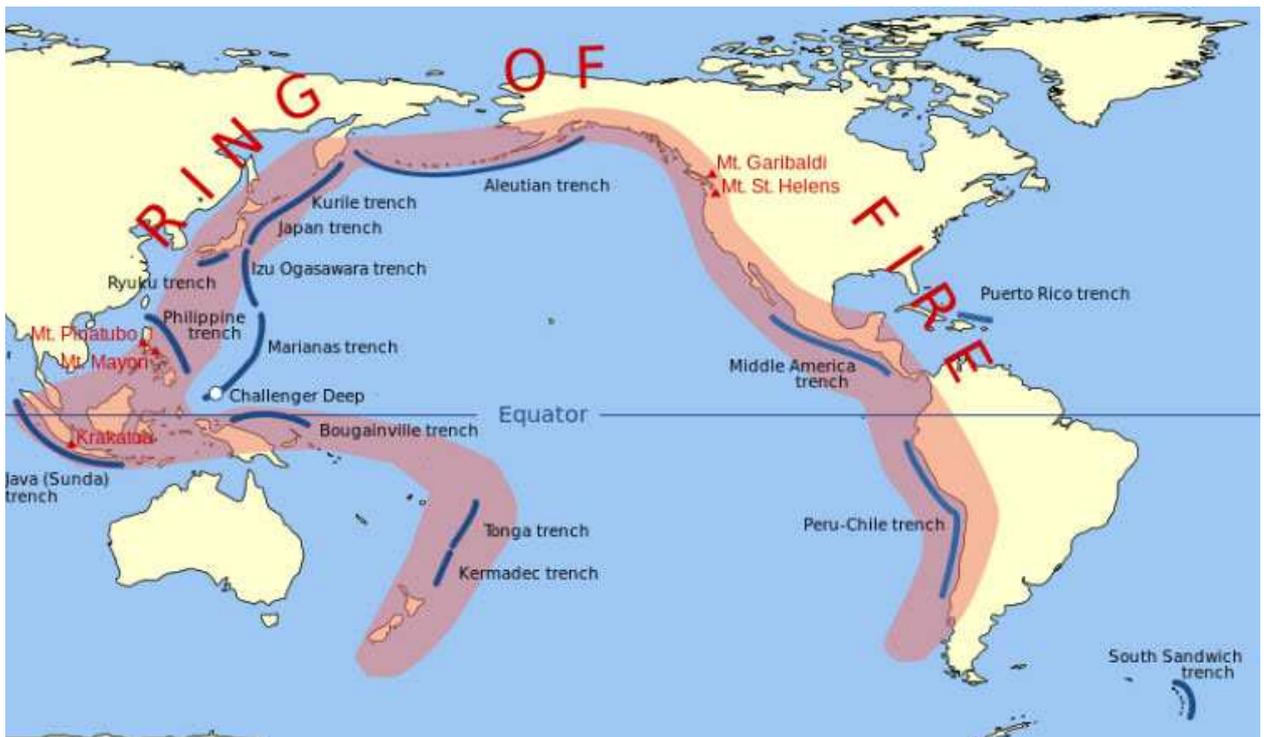
## Introducción

Como el mismo nombre lo indica, Geotermia proviene de Geo: Tierra y termia: temperatura. Es decir que la geotermia es el calor existente en el interior de la Tierra.

El origen de este calor es debido al calor inicial liberado cuando se formó el planeta, a la desintegración de los isótopos radiactivos, a los movimientos diferenciales entre las diferentes capas de la Tierra y a la cristalización del Núcleo Externo fluido, es decir que existe y por lo tanto es natural de la Tierra.

A medida que penetramos en el interior de la Tierra, la temperatura aumenta gradualmente en lo que se llama gradiente geotérmico. Esto es debido a que nos acercamos al interior de la Tierra que está más caliente. Dicho gradiente, normal o medio para toda la Tierra, es del orden de  $1^\circ$  por cada 33 metros de profundidad en la Corteza.

En lugares privilegiados de la Tierra, pero solo en sentido geotérmico ya que se trata de zonas de vulcanismo y terremotos como el así llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, el gradiente geotérmico es más alto que el normal debido a que una cámara magmática, roca en estado plástico a temperaturas del orden de los  $1.000^\circ$ , ascendió y se estacionó cerca de la superficie terrestre, saliendo incluso esporádicamente al exterior como erupción volcánica.



Pero la Geotermia no solo estudia estas fuentes de calor, sino también su aprovechamiento. Este puede ser directo si se utiliza el calor tal como se presente, o indirecto si es transformado desde energía calórica a energía mecánica y luego a eléctrica, es decir, generando energía eléctrica. Para lograr esta transformación hace falta un elemento esencial que es el agua y debe estar almacenada en grandes cantidades. A esto se le llama reservorio geotérmico.

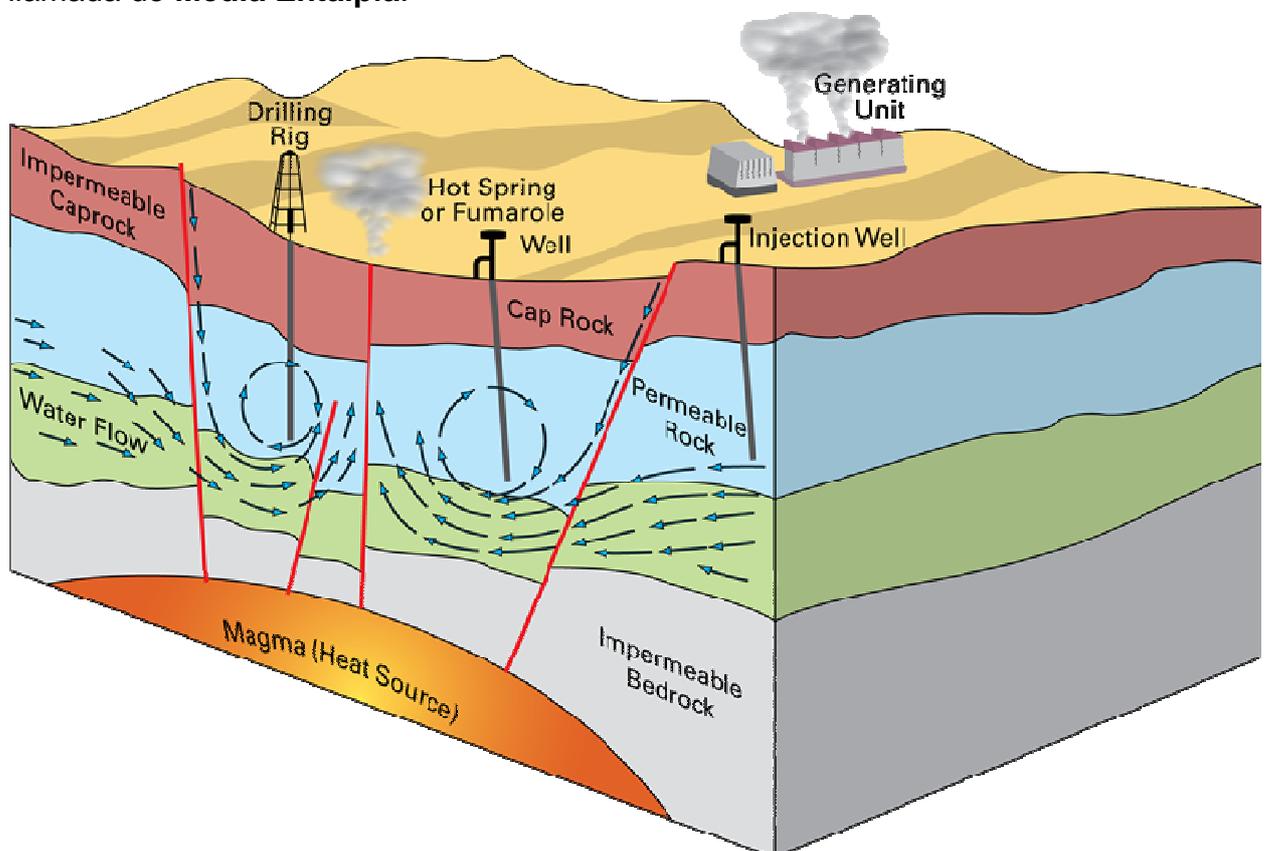
El proceso de generación de energía a partir de la geotermia se lleva a cabo cuando el vapor a alta presión, proveniente de un pozo a 1.000 o 2.000 metros de profundidad, hace girar una turbina que transmite su movimiento a un generador eléctrico.

Como los reservorios geotérmicos generalmente producen agua sobrecalentada y a altas presiones, se le hace sufrir a esta una brusca caída de presión para que se genere el vapor que luego es separado del agua e introducido en la turbina. El agua de esta separación es soltada a la presión atmosférica y arrojada a ríos, mares, grandes lagos para su evaporación, o reinyectada nuevamente al suelo. La reinyección es una nueva técnica que se está desarrollando aceleradamente debido a los serios problemas de contaminación que presentan las otras técnicas.

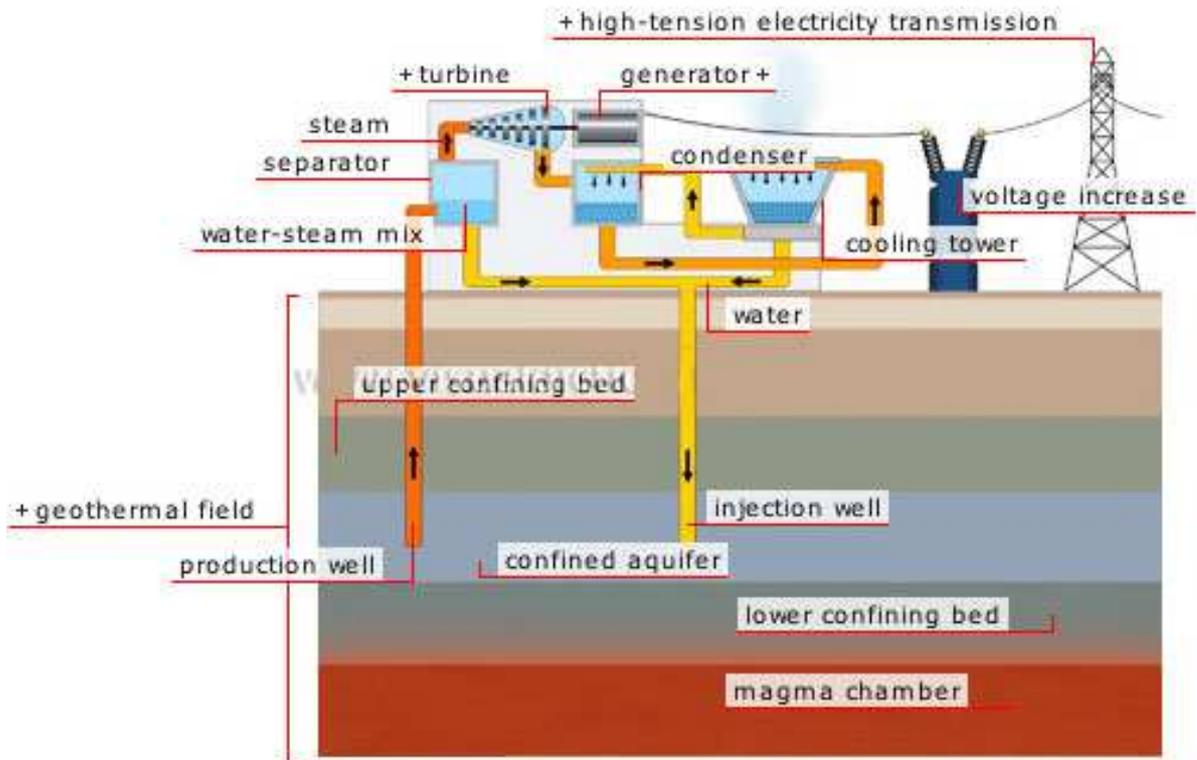
Los campos geotérmicos, según las características del reservorio, se clasifican en:

- 1) **Campos Semitermales.** Cuando producen agua caliente a temperaturas de hasta 100°C.
- 2) **Campos Hipertermales:** Subdivididos a su vez en:
  - a) **Campos Húmedos o de Agua Dominante:** Cuando producen agua presurizada a temperaturas que exceden los 100°C y que al ascender a la superficie generan vapor.
  - b) **Campos Secos o de Vapor Dominante:** Cuando producen vapor seco saturado o sobrecalentado.

Existe otra clasificación de los campos geotérmicos, y es la que está en función de los usos, es decir aquellos que sirven para generar energía eléctrica y aquellos que sirven solo para uso directos. Esta clasificación está también en función de la temperatura del reservorio, siendo los de más de 180° llamados de **Alta Entalpía**, y los de menos de ese límite llamados de **Baja Entalpía**. A veces se define una categoría intermedia llamada de **Media Entalpía**.



*Modelo Geotérmico Típico.*



Esquema de generación de energía eléctrica desde la Geotermia

### **Energía Eléctrica desde la Geotermia en el Mundo**

Desde el año 1900 hasta el año 1950 la demanda mundial de energía creció a razón de un 2,5% anual. De 1950 a 1960 a razón de un 4% y de 1960 a 1970 a un 5,5%. Esta razón de crecimiento es hiperexponencial y por lo tanto motivo de alarma en el mundo. Hasta 1980 el 97% de las necesidades energéticas del mundo fueron cubiertas por el petróleo, el gas y el carbón. El remanente 3% vino principalmente de las usinas hidroeléctricas y en menor medida de las nucleares y geotérmicas. Aún en el presente se depende fuertemente de aquellos y se estima su agotamiento para el año 2030.

Obviamente, la fuente alternativa de energía es la hidroeléctrica, que además de no dañar la salud y traer beneficios secundarios como la irrigación, el control de las inundaciones y el turismo, tiene a su vez los problemas de colmatación, sequías, localización de la presa y una fuerte inversión inicial de capital que a veces no llega a amortizarse al final de su vida útil.

Las fuentes de energía renovable y no convencional como la Solar, Eólica y de Mareas, están contribuyendo a satisfacer la actual demanda, pero en conjunto no son más que un paliativo. La Fisión Nuclear es otra importante fuente potencial de energía, pero se ve afectada por las corrientes mundiales antinucleares y por los propios riesgos que tiene. Y por supuesto, la opción mundial para revertir la creciente demanda mundial de energía es la Geotermia, una opción muy viable puesto que su razón anual de crecimiento del 8% hasta 1980, se había incrementado a un 16,5% hasta 1984 y la potencia eléctrica generada entre 1995 y 2007 en el mundo aumentó un 42%.

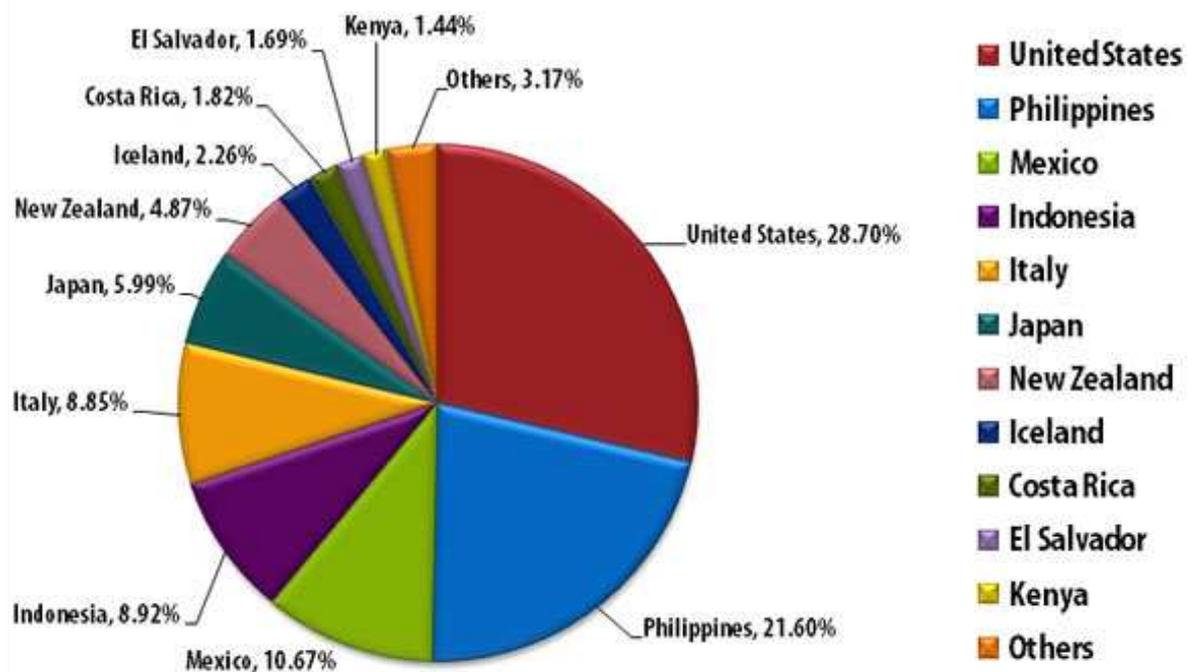
¿Es la geotermia una fuente de recursos energéticos nueva y en estado experimental, o tiene ya un importante grado de desarrollo en el mundo?

Historiando brevemente el desarrollo de la geotermia, diremos que durante siglos los romanos, griegos, turcos, mejicanos y japoneses ya usaban los baños termales. A partir del Siglo XIX comenzaron aprovecharse los minerales recuperados de las manifestaciones superficiales geotérmicas, y en el año 1904 comenzó la generación de electricidad en Lardarello, Italia, que pronto fracasó por problemas de corrosión en las tuberías. Por 1940 ya se generaban 130 Mw para la red italiana de trenes eléctricos. Paralelamente, desde 1930, Islandia, Estados Unidos, Japón y la Unión Soviética ya explotaban sus recursos geotérmicos, pero no para generación de energía eléctrica. El segundo país generador de energía eléctrica en el mundo fue Nueva Zelanda desde su planta de Wairakei en 1958.

País	1995 (MW)	2000 (MW)	2005 (MW)	2007 (MW)
Estados Unidos	2.817	2.228	2.544	2.687
Filipinas	1.227	1.909	1931	1.969
Indonesia	310	590	797	992
México	753	755	953	953
Italia	632	785	790	810
Japón	414	547	535	535
Nueva Zelanda	286	437	435	472
Islandia	50	170	322	421
Resto de países	344	553	757	898
<b>Total</b>	<b>6.855</b>	<b>7.974</b>	<b>9.064</b>	<b>9.737</b>

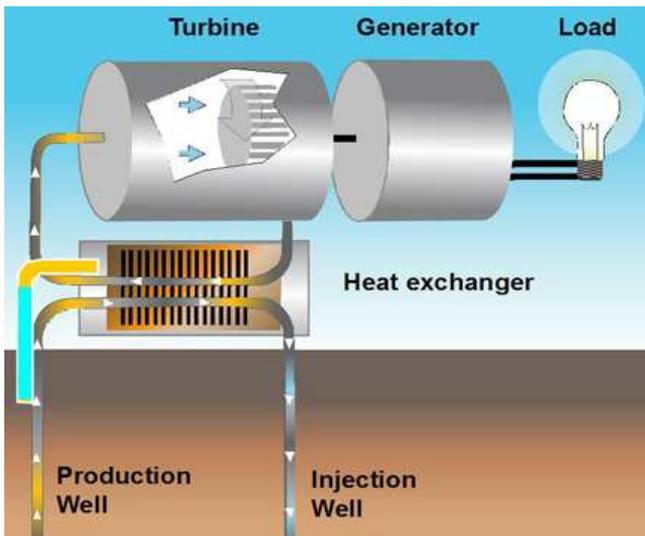
Potencia eléctrica geotérmica instalada en el mundo de 1995 a 2007

A pesar de tratarse de un recurso relativamente nuevo y que requiere de una tecnología moderna, es importante notar que no está reservado a los países en desarrollo solamente, sino también a los subdesarrollados que generan el 30% del total.



Potencia eléctrica geotérmica instalada en el mundo

Si bien el aporte de la geotermia a las necesidades energéticas del mundo es del orden del 0,1%, se trata solo de un valor medio, ya que visto puntualmente, hay países como Nueva Zelanda donde la geotermia significa hoy un 10% y absorbe los picos de consumo, y Filipinas, donde la geotermia aporta el 20% del consumo eléctrico del país. Siguiendo con los países subdesarrollados, y especialmente con los centro y sudamericanos, además de El Salvador y Nicaragua que ya generan energía eléctrica, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina están en un estado más o menos avanzado de exploración, con Costa Rica y la Argentina generando ya experimentalmente. Cabe recordar que en Abril de 1988 fue inaugurada la Planta Geotérmica del Copahue en Neuquén, que genera 670 Kw como planta piloto de tipo binaria con gas isopropano.



Las plantas binarias nacieron por la necesidad de bajar el límite mínimo de temperatura del fluido geotérmico requerido para la generación de energía eléctrica. En estas plantas se calienta un gas de bajo punto de ebullición, con fluidos geotérmicos a temperaturas sensiblemente inferiores al mencionado límite. Este gas es introducido en las turbinas y luego reciclado.

Planta binaria



Campo Geotérmico en Wairakei – Nueva Zelanda

### **Campo Geotérmico Taco Ralo – Río Hondo**

Los primeros estudios se realizaron en el área de Río Hondo (Jurió y col., 1975; Méndez y Miró, 1977) y en ellos se infiere la existencia de un campo de baja energía, sobre la base de estudios hidrogeológicos, geotermométricos e hidrogeoquímicos. Este descubrimiento pasó desapercibido por la comunidad científica, política y económica de Tucumán y Santiago del Estero.

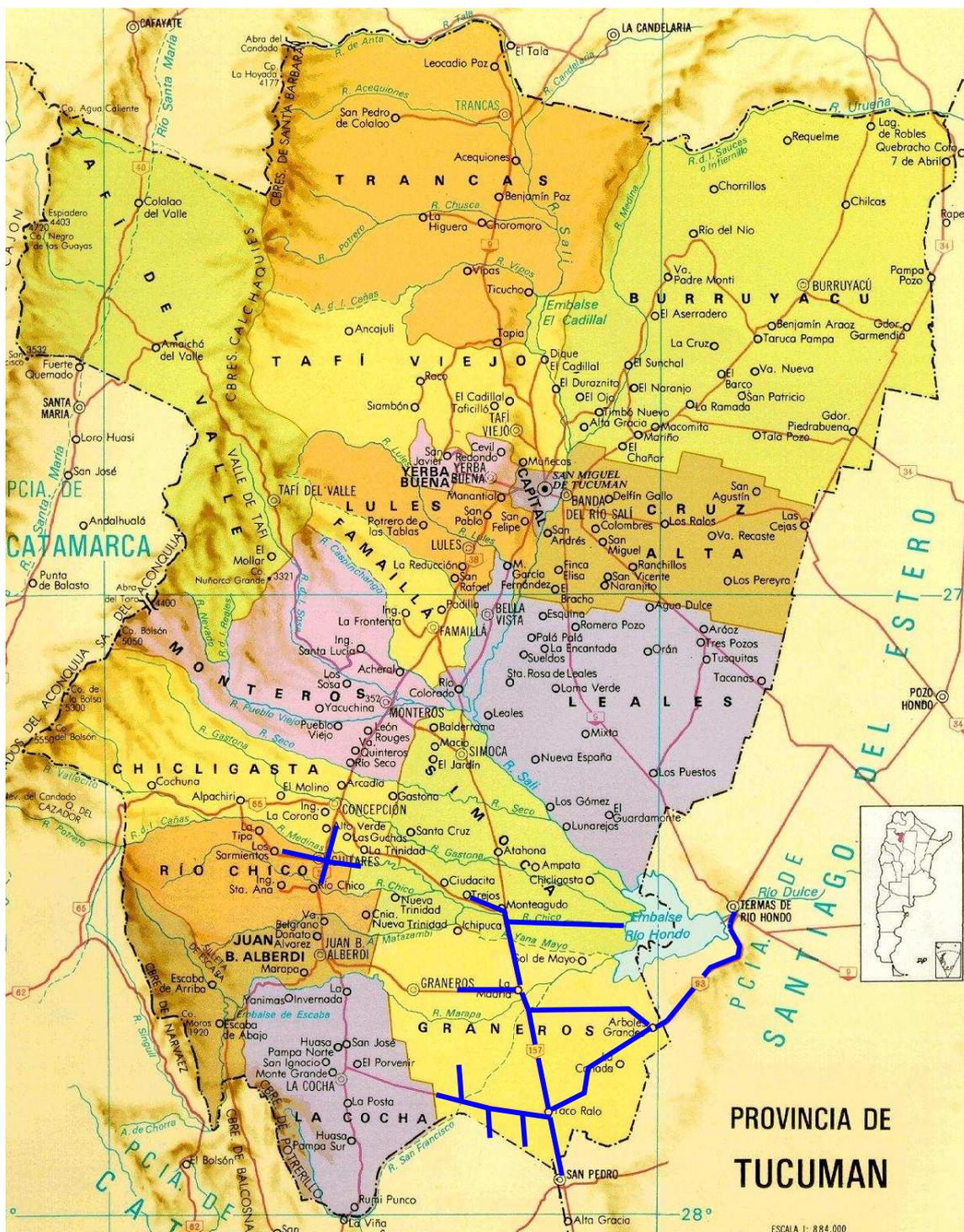
En el año 1982, un grupo de geofísicos (Baldis, Fournier y col.), que estudiaba con métodos magnetotélúricos el curioso triángulo de silencio sísmico bajo Tucumán, interpreta una gran anomalía eléctrica del subsuelo con una losa altamente conductiva a solo 7 kilómetros de profundidad. Esa losa, con la forma de un domo y su cima bajo Taco Ralo sería roca parcialmente fundida a temperaturas del orden de los 1000°. Esta interpretación resultó bastante coherente para justificar el silencio sísmico en estudio y aseverar la existencia de un campo geotérmico en la llanura tucumana. El citado domo sería la cámara magmática, fuente de calor imprescindible de todo cuerpo geotérmico. La llanura oriental de Tucumán, con su cuenca sedimentaria de unos 2.500 metros de profundidad, sería el recipiente donde se almacena el agua. Y por último, el agua existiría en abundancia debido a que las sierras del Aconquija son una fuente de recursos hídricos inagotables por su alto régimen de lluvias.

Vemos entonces que Tucumán cuenta con los elementos esenciales para la existencia de un campo geotérmico, es decir, fuente de calor y reservorio con agua, pero con características excepcionales que lo diferencian del resto de los campos geotérmicos del mundo: sus dimensiones de miles de kilómetros cuadrados y su ubicación en una zona geológicamente tranquila, sin vulcanismo ni terremotos y en una llanura provista de infraestructura básica como red vial pavimentada, electricidad, ferrocarril y fundamentalmente su cercanía a ciudades con múltiples servicios.

Aunque los estudios realizados hasta la fecha no son suficientes para garantizar la potencialidad de este campo geotérmico, su existencia está a la vista en la temperatura del agua de los pozos de la zona que alcanza los 50° a profundidades del orden de los 400 metros. Esto significa un gradiente geotérmico de más del doble del gradiente normal, lo que hace nada despreciable la profundización de los estudios y su posterior aprovechamiento.

Como consecuencia de un Programa Nacional de Exploración Geotérmica de la Secretaría de Energía de la Nación, llevado a cabo por el Centro Regional de Energía Geotérmica del Neuquén (CREGEN), el Gobierno de la Provincia de Tucumán suscribió un convenio con dicho Centro con el objeto de realizar los estudios tendientes a evaluar la potencialidad geotérmica del campo Taco Ralo – Río Hondo. Las tareas concretas comenzaron el Setiembre de 1987 con un muestreo de las aguas de los pozos, a fin de realizar estudios geoquímicos.

La prospección geoquímica es el primer estudio que se realiza cuando se explora un campo geotérmico, ya que son los más económicos y que permiten justificar la continuación o no de los estudios, en función de la explotabilidad del campo. En nuestro caso estos estudios no fueron suficientes porque el agua de los pozos no era pura de la máxima profundidad al estar mezclada con agua de distintas profundidades. Eran pozos para obtener agua potable para la zona y por lo tanto captaba de todos los acuíferos encontrados. No obstante, se decidió continuar con los estudios porque 50° de temperatura de aguas mezcladas permite suponer que el agua pura del fondo del pozo estará a mayor temperatura.

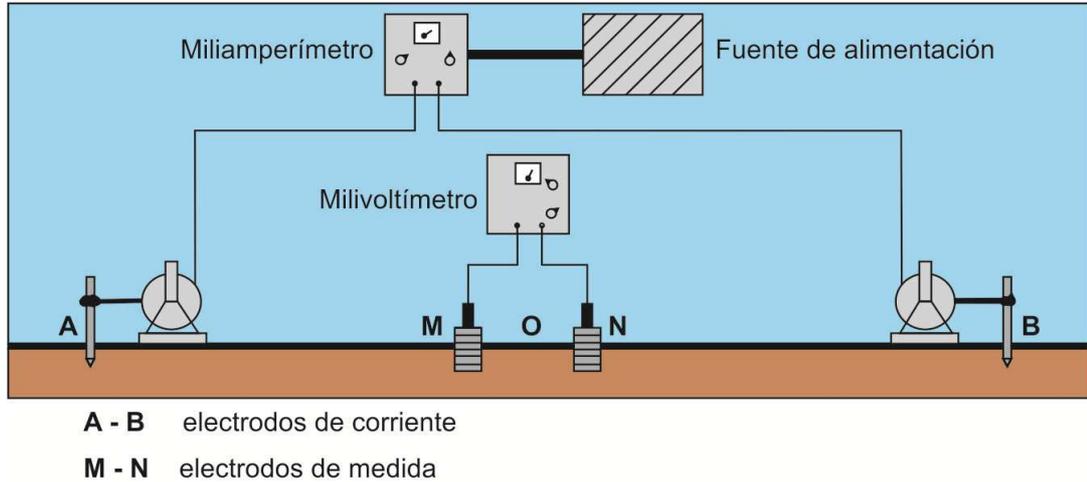


Mapa Tucumán y alrededores (En azul rutas y caminos con sondeos geoelectríficos)

Con motivo del citado convenio fui invitado por el CREGEN en Febrero de 1988, a fin de participar en la elaboración del plan de trabajos geofísicos consistentes en estudios gravimétricos y geoelectríficos.

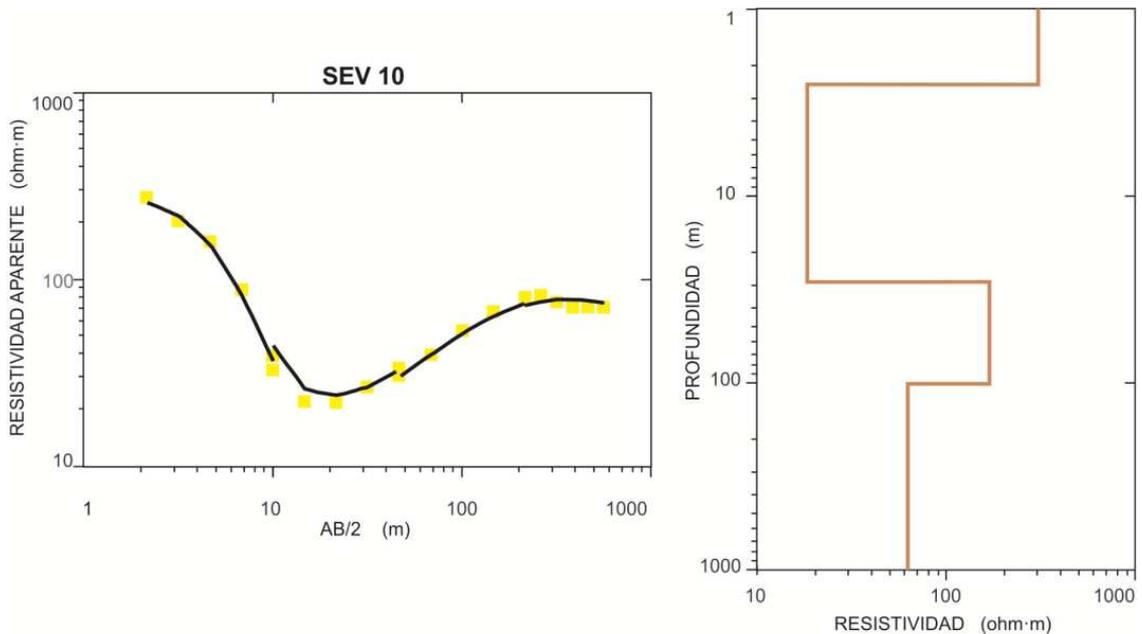
La prospección gravimétrica consiste en medir la gravedad en un área determinada, confeccionar curvas de igual valor de anomalía y finalmente en base a contrastes de densidad, modelar la forma, extensión y profundidad de un cuerpo causante de una anomalía gravífica, cual sería en nuestro caso la cuenca sedimentaria de la llanura oriental de Tucumán.

La prospección geoelectrica consiste en inyectar corriente eléctrica al suelo para estudiar el comportamiento del mismo al paso de la corriente. Separando en forma equidistante desde un punto central os electrodos por los que se introduce la corriente, así como aquellos por los que se mide la respuesta del suelo, es posible conocer la variación de la resistencia aparente con la profundidad. De esta manera pueden localizarse los distintos acuíferos, y especialmente aquellos con la mayor anomalía térmica.



Esquema del equipo y dispositivos para Geoelectrica

En el Departamento de Geodesia y Topografía de esta universidad se procesó un relevamiento gravimétrico realizado en varias campañas, y particularmente la última llevada a cabo durante 1987 con el Instituto Antártico Argentino y el CONICET (C. Pomposiello), en la que se rellenó con más observaciones de gravedad el sudeste tucumano, justamente para un mejor conocimiento del Campo Geotérmico Taco Ralo – Río Hondo.



Curvas de campo e interpretación de un Sondeo Eléctrico Vertical

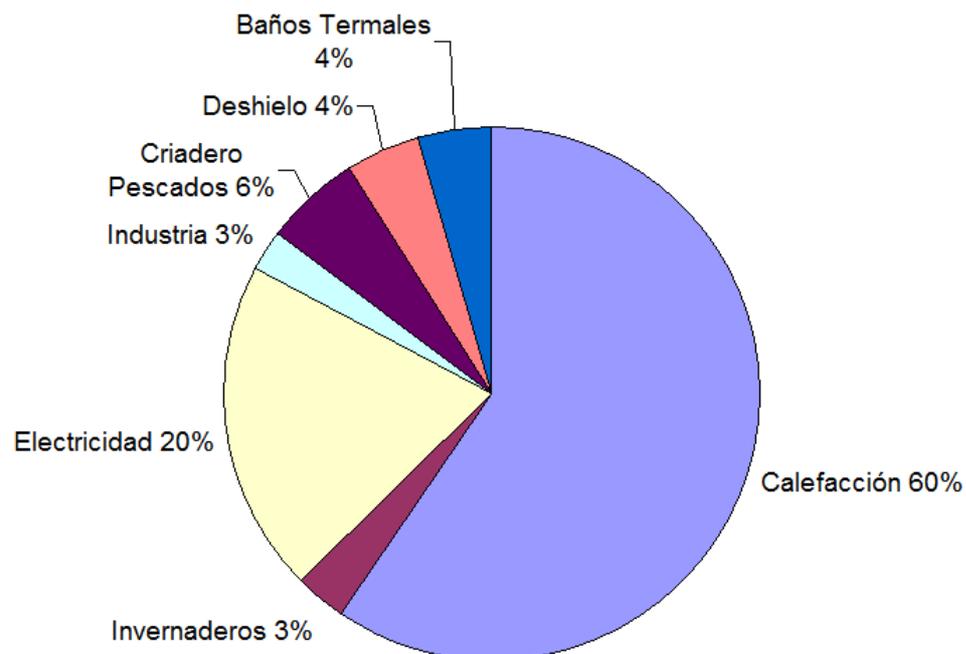
En el CREGEN, sobre la base de las curvas de anomalía gravimétrica se definió primeramente la zona de interés, un área de 2.500 kilómetros cuadrados delimitada por las localidades de Monteagudo al Norte, San Pedro de Guasayán al Sud, ciudad Termas de Río Hondo al Este y Graneros al Oeste y que los sondeos se realizarían sobre rutas y caminos vecinales para no incurrir en gastos de picadas en el terreno.

Estos estudios consistieron en 108 sondeos eléctricos verticales (SEV) que realizamos entre los meses de Junio y Setiembre con el Geólogo Delio G. Lanchas del CREGEN, con separación de los electrodos de corriente hasta 10.000 metros, para asegurar la profundidad del basamento prevista por la gravimetría y del orden de los 2.400 metros bajo la localidad de Lamadrid. Posteriormente realizamos 37 SEV por requerimiento de la Municipalidad de Aguilares, en razón de la existencia de aguas termales en las inmediaciones del municipio. Estos sondeos fueron procesados posteriormente en el CREGEN, y los mismos confirmaron la existencia de un campo geotérmico de baja entalpía en la zona.

La gravimetría es otro método geofísico que en base a la determinación de contrastes de densidad permite establecer la forma, extensión y profundidad de un cuerpo causante de una anomalía gravífica, cual sería en nuestro caso la cuenca sedimentaria de la llanura oriental de Tucumán. Cabe señalar que tanto la delimitación del área para los estudios geoelectricos, como la ubicación y profundidad pretendida para los sondeos a realizar, fue planificada en base a un mapa preliminar de anomalías gravimétricas surgido del citado relevamiento gravimétrico.

### **Usos Directos de la Geotermia**

Hasta no hace muchos años había una fuerte tendencia a pensar que la generación de energía eléctrica era la más importante aplicación de la geotermia. Esto se debía fundamentalmente a la gran versatilidad de la electricidad, a las comodidades que significaba, a la facilidad de su transporte y a que los primeros campos geotérmicos explotados eran de alta entalpía. Así se generó un círculo vicioso, puesto que el interés se centró en la exploración de este tipo de campos únicamente.

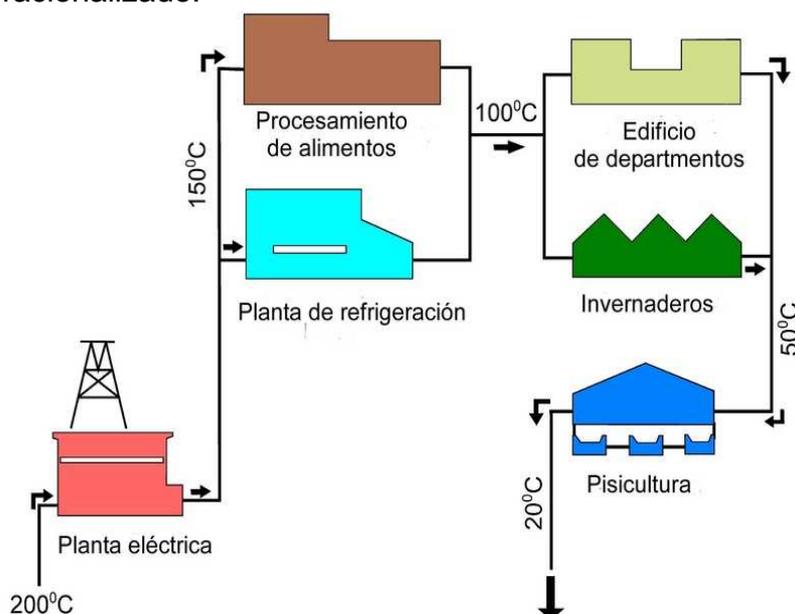


La explotación de campos de baja entalpía era considerada de interés solo para balneología, y si era suficientemente caliente el campo, para fines domésticos. Con el correr del tiempo estos prejuicios comenzaron a desaparecer debido a que la generación de electricidad desde la geotermia no es muy eficiente por las ineludibles restricciones de la termodinámica. En el proceso de conversión de la energía, de calórica a mecánica, y luego a eléctrica, se pierde eficiencia. Otro factor que influyó en este cambio de mentalidad fue el hecho de que los campos de alta entalpía son mucho menos abundantes que los de baja entalpía, siendo su relación de 5 a 1.

Aún tratándose de campos de alta entalpía, no siempre suele ser la mejor elección generar electricidad. Hay muchos factores en juego, pero quizás los más importantes sean la topografía y la ubicación del campo respecto del mercado consumidor del producto. Por ejemplo, el campo de la Toscana en Italia estaba tan lejos de cualquier mercado de energía directa, que el uso más racional fue generar electricidad y transportarla por grandes distancias. En cambio en Islandia, con la presencia de un campo muy cerca de una ciudad muy fría y con largos inviernos, la calefacción y los usos domésticos fueron la mejor elección.

Para desterrar aún más aquellos prejuicios, está el desarrollo en los últimos años de técnicas de explotación de acuíferos de baja temperatura en áreas no termales en Francia. Estos acuíferos fueron descubiertos de casualidad en un intento fallido de exploración petrolífera. Hoy tanto Francia como Inglaterra, Hungría y Rumania ya explotan esta nueva fuente de recursos, a pesar de estar fuera del cinturón de fuego del mundo, es decir, la zona de volcanes y terremotos, siendo por lo tanto sus posibilidades geotérmicas casi nulas o de bajo grado.

En contraste con esto último, hay muchos países que tienen campos geotérmicos de bajo grado y se muestran reacios a usar el calor de la tierra para otros fines que no sean los baños termales y el turismo. Y esto por miedo a que el uso intensivo de este recurso afecte el comercio turístico, lo que no deja de ser cierto si ese uso no es racionalizado.



Por lo tanto, si la generación de energía eléctrica es el máspreciado fin de la geotermia, no debe menospreciarse el uso alternativo o directo de esta, y menos en Tucumán donde existe un gran potencial hidroeléctrico por un lado, y una gran necesidad de desarrollar fuentes de recursos en zonas relegadas como Taco Ralo por el otro. Además, nuestro campo sería de baja entalpía, de acuerdo al conocimiento que hasta la fecha tenemos de él.

Dado que las posibilidades de generación de energía eléctrica en Taco ralo son mínimas o quizás nulas, resulta más optimista y real analizar los usos no eléctricos de la geotermia en el mundo, y que obviamente podrían darse en Taco Ralo.

Las aplicaciones directas de la geotermia pueden clasificarse en:

### Calefacción, usos domésticos y Refrigeración

Este es el aprovechamiento inmediato y hasta obvio podríamos decir, especialmente los dos primeros, en lugares fríos y de largos inviernos.

Islandia fue el país que primero usó este recurso en el mundo, y más intensamente ya que el 98,5% de la población de su ciudad capital, y el 80% de la población total del país se benefician con calefacción y agua caliente domiciliaria. La mayoría de sus campos geotérmicos producen agua entre los 80 y 120°C, aunque uno tiene solo 56°C. Le sigue la Unión Soviética que en 1980 ya servía a 110.000 habitantes en la región del Cáucaso con temperaturas entre 65 y 70°C.

Hungría utiliza su pobre gradiente geotérmico de 50 a 60°C por kilómetro de profundidad, para obtener temperaturas entre los 60 y 100°C.

Francia con su gradiente normal de 30 a 35°C por kilómetro, obtiene agua entre 55 y 70°C a profundidades de 1,5 a 1,8 kilómetros, y da calefacción y agua caliente a 25.000 viviendas y 50.000 metros cuadrados de oficinas públicas.

Estados Unidos es por supuesto otro usuario, así como China, Japón y Nueva Zelanda, pero en menor escala.

La temperatura ideal para calefacción y USIS domésticos es 80°C, aunque algunos países la aprovechan desde los 50°C.

Como corolario del uso de la calefacción está el aprovechamiento de la geotermia para refrigeración. La mayoría de los acondicionadores de aire trabajan con un sistema mecánico de compresión que requiere energía eléctrica para funcionar, pero algunos pueden trabajar con el principio de absorción que requiere de una fuente de calor que obviamente la geotermia puede proporcionar.



Hungría utiliza el calor geotérmico para enfriar cámaras frigoríficas donde almacenan alimentos. Rusia es el país que usa masivamente el calor terrestre con su doble finalidad: calefacción en invierno y refrigeración en verano. Estados Unidos, Nueva Zelanda y Japón también pero solo en hoteles de turismo.

## Agricultura, Horticultura, Piscicultura y Criaderos de Animales



El uso más difundido de la geotermia en agricultura es el de los invernaderos, no solo en los países con largos y fríos inviernos, sino también Italia, Francia, Hungría, Nueva Zelanda, Japón y los Estados Unidos, donde el calor geotérmico circula bajo una cobertura plástica o de vidrio y allí se cultivan frutas, vegetales y flores.

En Islandia, país con temperaturas máximas de 15°C en verano, no solo se cultivan tomates, pepinos, lechugas y hongos en “invernaderos”, sino también frutas tropicales como bananas, papayas, ananá, melones, uvas y hasta flores exóticas como orquídeas.

En Japón se esteriliza el suelo antes de la siembra calentándolo con fluidos geotérmicos.

El secado de hierbas, granos, vegetales y algas, distinguiéndose entre estos el secado de alfalfa en Nueva Zelanda y de diatomeas en Islandia, constituye otro uso directo de la geotermia.

Muy usados en el mundo son los establos, granjas, tambos y criaderos de animales climatizados con calor geotérmico, y se ha demostrado que esto es particularmente efectivo en los criaderos de pollos, donde se logró aumentar dos veces y media la relación peso-alimento consumido. También se cocinan alimentos para cerdos, se pasteuriza leche, se incuban pollitos, se biodegradan desperdicios orgánicos y se lavan y secan lanas.

Existen también incubaderos para la cría de truchas, anguilas y otras variedades de peces que requieren de una temperatura constante de 20°C todo el año.

### Industria

Antes de hablar de los usos industriales de la geotermia, conviene hacer algunas consideraciones previas sobre la conveniencia y rentabilidad de su uso.

La gran desventaja de la geotermia respecto de la hidroeléctrica reside en el alto costo de la transmisión del calor, contra lo barato que significa transportar la electricidad. Pero el fin de la geotermia es doble ya que si el calor es suficientemente abundante, y las necesidades de la industria muy grandes, se vuelve más económico instalar la industria en los lugares despoblados donde generalmente están los campos geotérmicos. Así se contribuye a frenar el crecimiento de grandes parques industriales que ahogan las importantes ciudades, y se permite el desarrollo de aquellas zonas.

El número de industrias que pueden servirse del calor geotérmico es inmenso y seguramente aumentará con el tiempo. La lista que se da a continuación no es completa, pero sí indicativa de los diferentes usos industriales de la geotermia.

- Industria Química

Extracción de valiosos minerales de las aguas geotérmicas, tales como litio, bromo y cloruros de potasio y de calcio.

Extracción de sales de sodio y magnesio del agua de mar.

Recuperación del sulfuro depositado en las manifestaciones superficiales geotérmicas, y obtención de ácido sulfúrico.

Producción de agua pesada.

Fermentación de melazas para producción de alcohol etílico, butanol, acetona y ácido cítrico.

Producción de proteínas, vitaminas y amoníaco.

Producción de etanol. En 1984 había 4 plantas para producir etanol en los EE.UU. y 53 en construcción, que significaría una producción anual de 1.300 millones de litros. Este alcohol se usa como carburante para mezclar con las naftas.

- Minería

Producción y refinamiento de diatomeas. Estas son algas de ríos, mares o lagos que tienen una gran variedad de usos, desde la medicina como estimulante de la mucosa gastrointestinal, hasta la fabricación de pastas y polvos dentífricos, vidrios, porcelanas, filtros y objetos refractarios del calor. En Islandia existe una planta que explota estas algas, siendo importante señalar que esta explotación era considerada antieconómica si se usaban combustibles convencionales como el gas, carbón o petróleo. Con el uso del calor geotérmico se redujo a un 10% el costo de explotación.

Producción de ácido bórico aplicando calor a ciertos minerales. Secado de turba

Producción de alúmina a partir de bauxita.

- Procesamiento de alimentos

Producción de azúcar de caña, dejando libre el bagazo para otros usos.

Manufactura de azúcar de remolacha.

Producción de café y leche en polvo.

Secado y deshidratación de alimentos.

Envasado de jugos y frutas.

Producción de arroz.

Secado de pescados y producción de alimentos para peces.

Congelamiento de alimentos.

- Otras industrias

Manufactura de rayón y otras textiles.

Fábricas de papel.

Estacionamiento y secado de maderas. Placados.

Producción de aceite de semillas de algodón.

Secado de losas premoldeadas de cemento.

Elaboración de cervezas.

Manufactura de gomas sintéticas.

Refrigeración y liquefacción de gases.

Industrias del teñido.

Industrias plásticas.

Secado de lanas.

Otros usos que no pueden agruparse en los anteriormente enumerados son la destilación y desalinización del agua de mar que está viniendo a ser cada vez más importante en países con alto crecimiento demográfico, y por lo tanto con alto consumo de agua potable.

De todos los usos directos de la geotermia, un párrafo aparte merece la Balneología que, por la reconocida bondad de las aguas termales, mueve una inmensa maquinaria que es el turismo. Prueba de ello son las grandes ciudades turísticas en torno a la mayoría de los campos geotérmicos del mundo. Sin ir más lejos tenemos aquí cerca la ciudad de Termas de Río Hondo.

En algunas de estas ciudades se incrementa el atractivo turístico, creando ecosistemas artificiales como lagunas calentadas geotérmicamente y aptas para caimanes y peces tropicales, o invernaderos con originales selvas tropicales con flores y aves exóticas.

Otro curioso atractivo turístico lo constituye el uso de las manifestaciones geotérmicas de vapor para la cocción de comidas típicas, en forma directa y a la vista del turista, como ocurre en algunos hoteles de Japón, Nueva Zelanda y Las Canarias.

#### **TEMPERATURAS PARA LOS USOS DIRECTOS DE LA GEOTERMIA**

- 180°** Evaporación de soluciones altamente concentradas. Refrigeración por absorción de amoníaco. Digestión de pulpa para papel.
- 170°** Agua pesada. Secado de Diatomeas.
- 160°** Secado de alimento para peces. Secado de maderas.
- 150°** Alúmina vía proceso Bayer.
- 140°** Secado de productos de granjas. Envasado de alimentos.
- 130°** Evaporación en refinamiento de azúcar. Extracción de sales por evaporación y cristalización. Agua potable por destilación.
- 120°** Evaporación para múltiples fines.
- 110°** Secado y cura de losas de cemento.
- 100°** Secado de sustancias orgánicas, algas, hierbas y vegetales. Lavado y secado de lanas.
- 90°** Secado de pescados.
- 80°** Calefacción para edificios e invernaderos.
- 70°** Refrigeración (Límite inferior)
- 60°** Cría de animales. Invernaderos.
- 50°** Cultivo de hongos. Balneología.
- 40°** Esterilización de suelos.
- 30°** Piletas termales. Biodegradación y fermentaciones. Aguas cálidas todo el año en climas fríos. Deshielo.
- 20°** Cría de peces.

De todo lo expuesto surge claramente que el aprovechamiento integral del campo geotérmico de Taco Ralo es posible y necesario. Para ello deberán tomarse las medidas políticas y económicas tendientes para lograr ese objetivo.

