

Geothermal Energy, Minero–Medicinal Sources

Milgreidi La–Porte , Ibelise Peña , Natasha Tellería–Mata* 

Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela

Recibido: julio, 2020

Aceptado: septiembre, 2020.

Autor para correspondencia: N. Tellería M. e–mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4625771>

Summary

Geothermal energy is presented through different sources and has various uses, such as hot springs, which can be classified based on geological origin (magmatic and telluric), temperature and composition depending of the dissolution of different minerals, coming from the soil and rocks from which they emerge. The natural waters, with known and proven therapeutic properties, are called mineral-medicinal sources. Its therapeutic activity varies according to the ions present in solution, this can be used in numerous pathologies and conditions But geothermal energy is not only limited to this use, it can be used as a heating source at domestic and industrial level. On the other hand, among the great applications of this type of energy is the generation of electricity.

Keywords: thermal waters; geothermal energy; mineral-medicinal sources.

Energía geotérmica, fuentes minero–medicinales

Resumen

La energía geotérmica se presenta a través de diferentes fuentes y posee diversas utilidades. Una de estas son las aguas termales, las cuales pueden clasificarse de acuerdo a su origen geológico (magnéticas y telúricas), temperatura y composición en función de la disolución de distintos minerales, provenientes del suelo y rocas de las que estas emergen. Las aguas de origen natural, con propiedades terapéuticas conocidas y probadas, son denominadas fuentes minero–medicinales. Su actividad terapéutica varía según los iones presentes en solución, empleándose en numerosas patologías y afecciones. Otros usos alternativos son fuente de calefacción a nivel doméstico e industrial. Por otro lado, entre las grandes aplicaciones de este tipo de energía está la generación de electricidad.

Palabras clave: aguas termales; energía geotérmica; fuentes minero-medicinales.

La energía geotérmica consiste en aprovechar los focos de calor del interior de la tierra en aplicaciones de calefacción o generación eléctrica [1]. Es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor asociada a volcanes y a aguas termales (ver Figura 1).



Figura 1: Volcán Popocatepetl, México.

Fuente: Campion R, 2019, Instituto de Geofísica, UNAM

Las aguas termales son aquellas aguas minerales que emergen del suelo con más de 5°C que la temperatura superficial. Proceden de capas subterráneas de la tierra que se encuentran a mayor temperatura, las cuales son ricas en diferentes componentes minerales y permiten su uso con fines terapéuticos mediante irrigaciones, baños, inhalaciones y calefacción [2].

Desde épocas remotas, las antiguas civilizaciones utilizaban el baño en estas aguas como medida terapéutica o para socializar. El doctor Avilio Mendez, en su escrito para el blog de ciencias médicas <https://blog.ciencias-medicas.com>, indica que las propiedades medicinales de las fuentes termales fueron descubiertas inicialmente por animales, como osos, ciervos, jabalíes, cisnes, grullas, entre otros, al acudir a estas aguas para curar sus patas o alas heridas.

Clasificación

Las aguas termales pueden ser clasificadas de acuerdo con su origen geológico, temperatura y composición mineral.

Origen geológico

En esta categoría se distinguen dos tipos de aguas termales, *magmáticas* y *telúricas*. Las magmáticas están caracterizadas por nacer en los filones metálicos o eruptivos, con temperaturas superiores a los 50°C; los elementos más comúnmente encontrados son arsénico, boro, bromo, cobre, fósforo y nitrógeno. Las aguas telúricas pueden aparecer en cualquier lugar; por ser filtradas poseen menor cantidad de mineralización, pero son ricas en bicarbonatos, cloruros, sales de cal, entre otros.

En Venezuela casi todas las fuentes de origen termal están ubicadas en zonas montañosas donde los factores tectónicos–estratigráficos controlan los sitios de brote de las mismas [3]. Las aguas termales venezolanas son de origen telúricas y están localizadas principalmente en la cordillera de costa, los Andes y en los estados Falcón y Zulia [1]. Se distribuyen formando franjas paralelas a las principales zonas de fallas geológicas activas que limitan o cortan los sistemas montañosos. Las fallas son: El Tigre y Perijá; Boconó, Caparo, Las Virtudes y Valera en los Andes; Morón, La Victoria, Santa Rosa, Tácata, Guárico y corrimiento frontal en la región central; El Pilar, San Francisco y Úrica al oriente del país. Esto se debe a la infiltración de aguas meteóricas (derivadas de precipitaciones, como lluvia, nieve, granizo, entre otros) que se calientan por circulación profunda en la corteza y brotan a través de fracturas naturales abiertas e interconectadas [1].

Temperatura

En el estado Sucre están localizadas las aguas termales con mayores temperaturas, las cuales oscilan entre 98–101°C [3]. Por otro lado, la temperatura a la que se encuentre el agua subterránea permitirá la disolución de distintos tipos de minerales. La Tabla 1 muestra la clasificación de las aguas termales de acuerdo con este parámetro.

Composición mineral

De acuerdo a la exposición de Facundo [5] en su libro, las aguas naturales adquieren su composición química mediante un proceso complejo, donde intervienen factores de tipo físico–químico,

Tabla 1: Clasificación del tipo de agua de acuerdo a la temperatura

Tipo de agua	Temperatura
Frías	< 20°C
Hipotermiales	20 – 35°C
Mesotermiales	35 – 45°C
Hipertermiales	> 45°C

Fuente: Armiejo–Valenzuela y San Martín [4]

geológico, hidrogeológico, geomorfológico, pedológico, climático, antrópico, entre otros. La composición química de las aguas termales está relacionada con la estructura geológica de la región en la que estas emergen y esto permite muchas veces prever la naturaleza de las aguas que se encuentran en ellas, debido a la disolución de ciertos elementos de los componentes de las rocas.

El largo y complicado curso que siguen las aguas subterráneas profundas hacen que puedan ponerse en contacto con distintas rocas y tomar de ellas diferentes elementos que hacen su mineralización muy variada. El proceso depende de tres factores: temperatura y presión existente en las zonas donde ha tenido lugar la mineralización original; composición mineral del subsuelo; gases disueltos que modifican el pH.

La mineralización de las aguas termales pueden producirse por simple disolución de sustancias directamente solubles en agua, por reacciones químicas entre cuerpos ya existentes en el agua sobre los minerales, o por fenómenos de granitización y de metamorfismo de alto grado [6]. De acuerdo a los iones disueltos en solución las aguas pueden ser clasificadas como: cloruradas, sulfatadas, sulfuradas, ferruginosas, bicarbonatadas, cálcicas, carbogaseosas y radiactivas.

Composición de las aguas termales en Venezuela

En el estado Táchira, las fuentes presentan altas concentraciones de calcio, magnesio, sodio, bicarbonato, sulfatos y cloruros debido a la disolución de rocas carbonáticas y oxidación de algunos sulfuros de hierro (pirita), la Figura 2 permite visualizar

una fuente termal de composición azufrada. Por su parte, los reservorios del estado Mérida presentan su composición a base de sodio, bicarbonato y sulfato, tal es el caso de la fuente termal La Musui (ver Figura 3). En el caso de los estados Trujillo y Zulia, las aguas tienen una constitución principalmente del tipo bicarbonatadas cálcicas debido a la presencia de calizas y lutitas calcáreas.



Figura 2: Pozo Azul, San Pedro del Río, estado Táchira.

Fuente: Fotografía de CH Rafael.



Figura 3: Fuente termal La Musui, estado Mérida.

Fuente: Navas M. en el reportaje aguas termales de la Musui, un verdadero oasis de paz, para el diario el Clarín.

En el estado Falcón los acuíferos contienen óxido de silicio, cloruro, sodio y sulfatos, por oxidación de piritita e intrusiones salinas. Por otro lado, la región central del país presenta una amplia variedad de minerales en sus aguas termales, tales como magnesio, óxido de silicio, calcio, bicarbonato y sulfatos. Algunas zonas de esta región como Chichiriviche, Caruao, Mariara y el Castaño presentan altos niveles de flúor por acción de rocas ígneas graníticas.



Figura 4: Trincheras, estado Carabobo.

Fuente: web del Centro termal Trincheras.

En los estados Aragua, Carabobo (ver Figura 4), y Guárico la composición del agua es del tipo bicarbonatada sódica y en el estado Vargas clorurada sódica.



Figura 5: Las Aguas de Moisés, estado Sucre.

En el estado Sucre se ha detectado en sus fuentes termales gran contenido de dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, por esta razón son consideradas las aguas termales más ácidas del país. Están ubicadas específicamente en Aguas Calientes–Las Minas y Nuevo Mundo. Además, también en el estado Sucre están las aguas termales más básicas con un valor de pH de 9,5 por la presencia de carbonatos y bicarbonatos (Las Aguas de Moisés se encuentran en el estado Sucre y se puede visualizar en la Figura 5). Mientras que en el estado Monagas se caracterizan por ser sulfurosas, así como también poseer alto grado de sodio, bicarbonato y cloro, siendo del tipo de bicarbonatadas sódicas. En el estado Anzoátegui las aguas termales son de la clase de sulfurosas, con marcada tendencia a bicarbonatada cálcica [3].

Aguas minero–medicinales

El uso curativo de las aguas minero–medicinales tiene sus orígenes muchos siglos atrás. La cultura del agua mineral y termal tiene sus raíces en el imperio romano, quienes proporcionaron una filosofía termal, denominada *Doctrina Románica* [8]. Si un manantial termal tiene una composición físico–química asociada a propiedades terapéuticas, entonces se le denomina aguas minero medicinales [9]. Si bien todas las aguas que emergen o nacen de la tierra tienen en solución sales minerales parecidas, la existencia de los diferentes tipos está basada en la proporción de estos compuestos presentes, los que determina sus distintas capacidades terapéuticas [7]. La Tabla 2 presenta la relación de los iones presentes en solución con la acción medicinal.

La absorción de estos minerales es clara cuando la vía de administración es oral, pero también se ha constatado una absorción vía tópica al aplicar el agua en balneación (en forma de baño). Además, al utilizarse aguas a unas temperaturas comprendidas entre 34 °C y 36 °C, se obtienen distintos efectos. Si los valores son inferiores a los mencionados, se obtiene una acción vaso constrictora con resultados estimulantes; y si se realiza en forma de baños parciales, se favorece el retorno venoso, y con aplicaciones por encima del rango señalado se

Tabla 2: Propiedades terapéuticas de las agua de acuerdo a su composición química.

Iones	Acción terapéutica/ y o utilización
Cloruradas	Anticatarrales, antiinflamatorias. Utilizadas también en alteraciones ginecológicas, lesiones osteomusculares, reumáticas, estimulantes de la función gástrica, hepática y biliar.
Sulfatadas	Diuréticas, empleadas para combatir el estreñimiento y favorecimiento de la eliminación del ácido úrico, así como en enfermedades gástricas.
Sulfuradas	Antialérgicas, desintoxicantes y antireumáticas. Utilizadas en afecciones respiratorias, alteraciones hepáticas así como en alteraciones dérmicas (eccemas y psoriasis). Si contiene azufre bivalente, mejora la vascularización.
Ferruginosas	Antianémicas y reconstituyentes. Favorecen la regeneración de la sangre.
Bicarbonatadas	Eliminan la acidez gástrica y facilitan la digestión.
Cálcicas	Antialérgicas, sedantes, antiinflamatorias.
Carbogaseosas	Útiles en hipoclorhidrias, dilatación y ptosis gástrica.
Radiactivas	Analgésicas, equilibradoras, sedantes. Indicadas en estados de estrés, ansiedad y depresión.

Fuente: Rodríguez[7]

obtienen una respuesta vasodilatadora, sedante y analgésica [7].

Sin embargo, la utilización de las aguas minero-medicinales deber ser supervisada por un médico especialista, ya que las composiciones de las aguas son distintas y pueden estar contraindicadas para algunas patologías [2], como infecciones en fase activa, insuficiencias hepáticas o renales graves, tumores malignos, hipertensión grave, tuberculosis pulmonar y laringea, dermopatías húmedas, entre otras [10]; en el caso de las aguas hipersódicas son contraproducentes para cardiopatías e hipertensión [2].

En Venezuela siempre ha existido la tradición oral respecto a que los aborígenes también aprovechaban las aguas termales, pero sólo a finales del siglo XIX fue que despertó el interés oficial y privado en su aprovechamiento, cuando fueron construidas estaciones termales en Las Trincheras, San Juan de Los Morros y Guarúmen para uso médico-turístico. Desde el punto de vista de salud pública y el potencial económico-social a nivel regional como nacional, la utilización de las aguas minerales ha sido de gran importancia [11].

Usos de la energía geotérmica

El uso de las fuentes termales en el mundo no está limitado a su empleo con fines terapéuticos, también se explotan en la actualidad para el aprovechamiento de su energía. Varios países utilizan

aguas termales para la producción de electricidad; Italia y Nueva Zelanda destacan en el uso de esta tecnología; además, muchas ciudades de Islandia cuentan con sistemas de calefacción basados en las aguas termales.

A diferencia de la mayoría de las energías renovables, la geotermia no tiene su origen principal en la radiación del sol, sino en la diferencia de temperaturas que existe entre el interior de la tierra y su superficie. Por lo tanto, la energía geotérmica puede ser definida como aquella energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie de la tierra. Engloba el calor almacenado en suelos, rocas, aguas subterráneas cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia, como menciona P. Rivas en “Calefacción por geotermia. La energía renovable del suelo” publicado en el portal de Instalaciones y eficiencia eléctrica (<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/>).

La energía geotérmica puede ser aprovechada según su entalpía y temperatura, para dos aplicaciones principales: calor (climatización, agua caliente sanitaria, calefacción por geotermia) y generación de energía eléctrica, a través de una central como la que se muestra la Figura 6.

La posibilidad técnica-económica de emplear la energía de la tierra con fines de producción de electricidad requiere de condiciones especiales de temperatura (mayores a 200 °C), profundidad (menor a 3,5 km), cantidad de recarga de fluido y rocas de mediana a alta porosidad y permeabilidad, entre otras particularidades. Cuando estas características

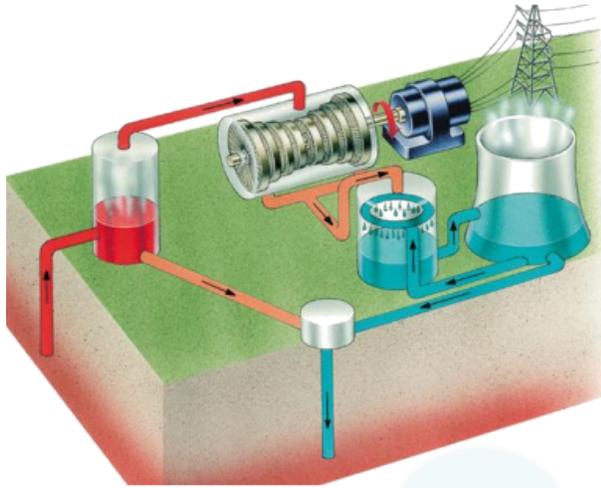


Figura 6: Central eléctrica mediante geotermia.

Fuente: González [12].

se juntan en una región se habla de un reservorio o yacimiento geotérmico. Torres [13] afirma que la búsqueda de estos sitios, así como la perforación de pozos para extraer estos fluidos calientes, ha propiciado la generación de tecnología y herramientas especiales para explorar y explotar yacimientos geotérmicos.

A partir de 1974, debido al gran incremento de los precios del petróleo, la investigación en el campo de las fuentes alternas de energía, entre ellas la geotérmica recibió un gran impulso a nivel mundial. Estas investigaciones trajeron como consecuencia que durante los 15 años siguientes fuera realizado un amplio inventario de las manifestaciones geotérmicas de Venezuela. Hernández y Sánchez [3] afirman que entre las regiones estudiadas, resalta la parte central del estado Sucre, donde se llevaron a cabo exhaustivos estudios de sus notables fuentes termales utilizando todas las técnicas geológicas, geoquímicas y geofísicas disponibles a la fecha, específicamente al oeste de El Pilar en la región de las Minas, Aguas Calientes y Mundo Nuevo, ya que representan un mayor interés y perspectiva para la generación eléctrica a partir de los fluidos geotérmicos.

Existen diversos usos de la energía geotérmica, por ejemplo, en el sector industrial puede ser utilizada para alimentar procesos de calefacción, evaporación, secado y esterilización como operacio-

nes unitarias más importantes en industrias como la del papel y reciclado, la textil, la alimentaria, entre otras. Mientras que en el sector primario es empleada en la climatización de invernaderos, con el calor producido mediante esta tecnología, las temporadas de recolección se alargan, lo cual favorece un aumento en el período de cosechas [14].

Conclusiones

Las fuentes termales pueden ser utilizadas en muchas aplicaciones si se conocen sus características fisicoquímicas, el origen geológico, bien sean magmáticas o telúricas, la temperatura a la que emergen siendo clasificadas como hipotermiales, mesotermiales, e hipertermiales; además, de acuerdo a su composición química debido a la disolución de minerales como cloruradas, sulfatadas, sulfuradas, ferruginosas, bicarbonatadas, cálcicas, carbogaseosas y radiactivas.

Venezuela cuenta con una gran diversidad de aguas termales distribuidas principalmente a lo largo del sistema montañoso del Caribe, los Andes, Falcón y Zulia, presentando composiciones variadas. Actualmente, en el país sus principales aplicaciones son las fuentes mineromedicinales en diversas patologías y como áreas de esparcimiento. Sin embargo, a nivel mundial su uso está mucho más ampliado debido a la condición de las mismas en el aprovechamiento del calor y la generación de electricidad.

Referencias

- [1] J. Rojas-Zerpa and J. Yusta-Loyo. Producción, reserva y sostenibilidad de la energía en Venezuela. *Lampsakos*, 14:52–60, 2015.
- [2] M. Dugarte. Calidad bacteriológica de las aguas termales de Tabay municipio Santos Marquina, Mérida. Estado Mérida. Trabajo final de Pregrado para optar al título de Licenciada de Bioanálisis. Tutor: F.D. Andueza, Escuela de Bioanálisis, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, noviembre 2014.

- [3] D. Hernández and S. Sánchez. Distribución, caracterización y marco geológico de las aguas termales en Venezuela. Trabajo especial de grado, Escuela de Ingeniería Geológica, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2004.
- [4] M. Armiejo-Valenzuela and J. San Martín. *Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia*, chapter Clasificación de las aguas mineromedicinales, pages 219–223. Ed. Computense, Madrid, 1994.
- [5] J.R. Fagundo C. *Propiedades físico-químicas de las aguas minerales y origen de su composición*. Editora Geotech, 2004.
- [6] M. San Miguel, editor. *Geoquímica de las aguas termales. Discurso para la recepción pública en la Real Academia Nacional de Medicina de Maximino San Miguel de la Cámara*, Madrid, 1956. Real Academia Nacional de Medicina, Instituto de España.
- [7] L. Rodríguez. Agua. Efectos terapéuticos de las aguas según su composición. *Fisioterapia*, 24(Monográfico 2):22–28, 2002.
- [8] L. Molina. *Síndrome Dr. House*. GD publishing Ltd. & Co KG, Berlín, 2016.
- [9] M Pérez and B. Novoa. Historia del agua como agente terapéutico. *Fisioterapia*, 24(Monográfico 2):3–13, 2002.
- [10] S. Hinault. *Hidroterapia*. Robinbook ediciones, Madrid, 2016.
- [11] S. Aranda, E. Giménez, C. Rondón, J. Benítez, and O. Alarcón. Estudios de aguas termales y su uso potencial en el tratamiento de enfermedades en humanos. *Enfermería y Ciencias la Salud*, 8(2):5–20, 2015.
- [12] I. González. Climatización de una vivienda con energía geotérmica. Proyecto fin de carrera, Departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos, Universidad Carlos III, Madrid, 2013.
- [13] I. Torres. Las aguas termales, una forma de energía. *HYPATIA Revista de Divulgación Científico-Tecnológica del Gob del Estado Morelos*, 34, 2014.
- [14] Cárcel. F and D. Martínez. Captación de la energía geotérmica para su uso en la edificación. *3C Tecnología*, 4(2):84–95, 2015.