



GEOTERMIA EN **COLOMBIA**

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Oscar Paredes Zapata
Director General

Mario Andrés Cuellar Cárdenas
Director técnico de Geociencias Básicas

Créditos

Grupo de Investigación y
Exploración de Recursos Geotérmicos

Elaboración

Gina Rodríguez Ospina
Claudia Alfaro Alfaro
Carlos Eduardo González Idárraga

Corrección de estilo

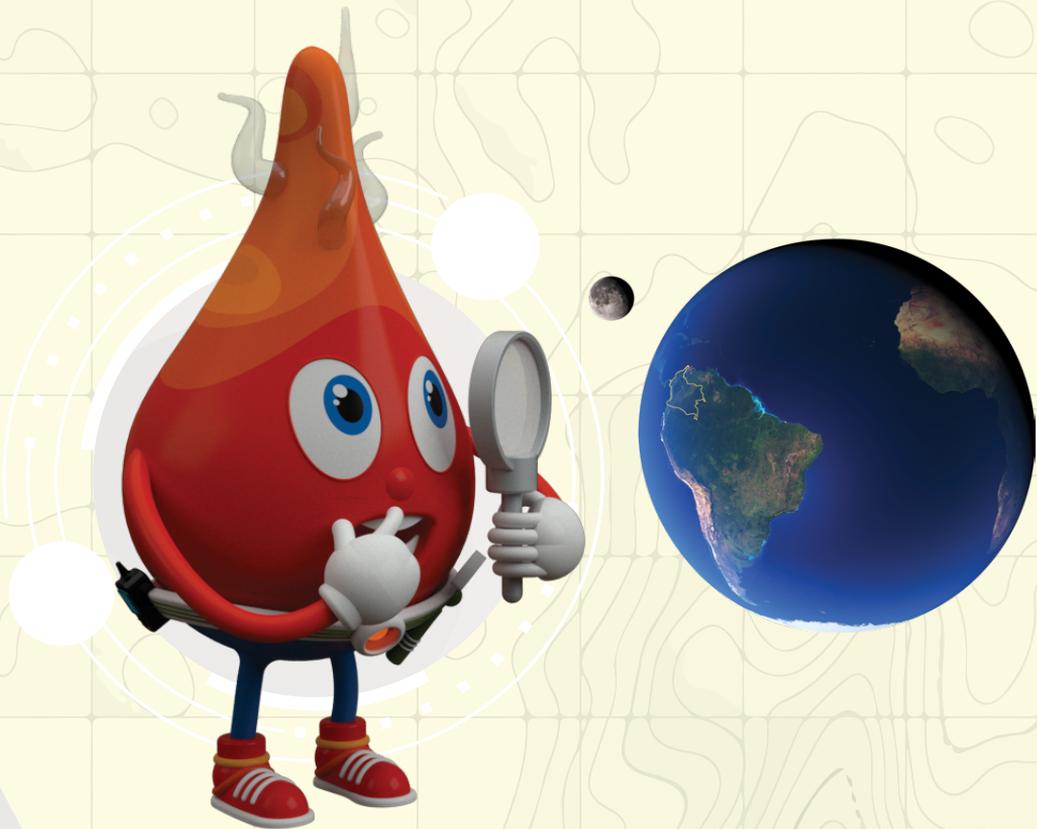
Ricardo Hurtado

Diseño y diagramación

Andrés Romero

Impresión

Imprenta Nacional de Colombia
Bogotá, D.C., Colombia 2018



Los volcanes, manantiales termales y demás manifestaciones en superficie del calor de la tierra, hacen suponer que su interior debe ser mucho más caliente. Desde la antigüedad, la humanidad ha tenido relación con este calor, usándolo para calentarse, cocinar o simplemente bañarse. Este calor es una forma de energía con muchos usos.

El aumento de la población, el decaimiento de las reservas de algunas fuentes energéticas, el cambio climático y los cambios en el régimen de lluvias, han generado la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía que sean amigables con el planeta y que perduren en el tiempo.

¿QUÉ ES LA GEOTERMIA?

La palabra geotermia proviene del griego geo que significa tierra y thermos, calor. Se define como el calor natural existente al interior de la Tierra. Este calor es una forma de energía que puede ser aprovechada por el hombre, esto es lo que se conoce como energía geotérmica.

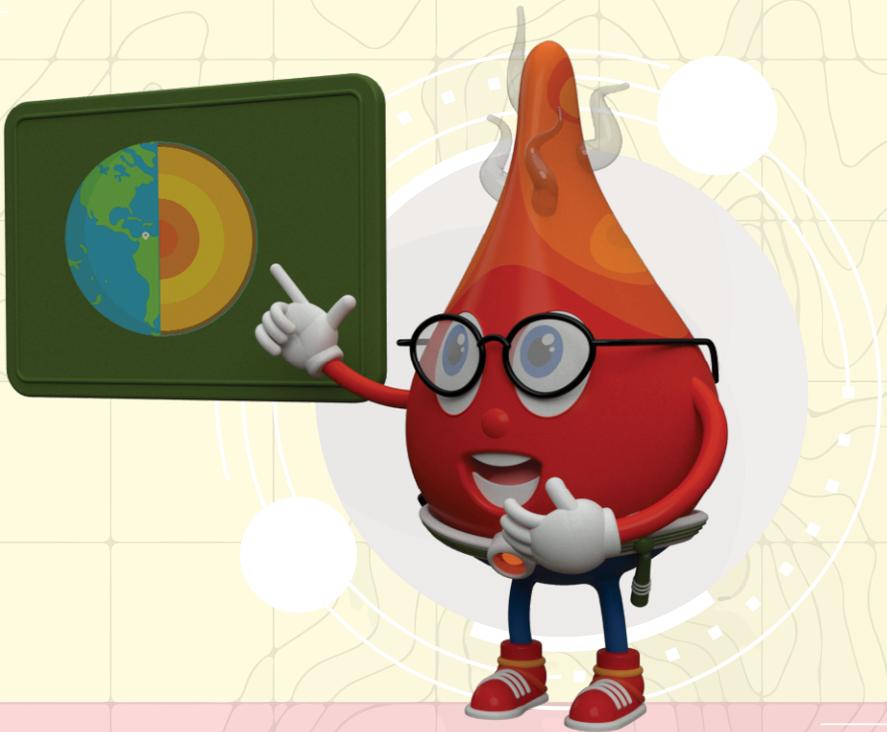
¿POR QUÉ LA GEOTERMIA ES CONSIDERADA UNA FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE, SOSTENIBLE Y AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE?

Las energías renovables son aquellas que se aprovechan directamente de un recurso considerado inagotable como el Sol, el viento o el calor del interior de la Tierra y que pueden regenerarse por medios naturales. Las energías sostenibles son las que son utilizadas en el presente y para el uso de futuras generaciones. El calor de la Tierra es "ilimitado" al compararlo con el tiempo que el hombre ha habitado el planeta y estará disponible por muchos años, siempre y cuando su aprovechamiento se haga de forma adecuada.

Por otra parte, la energía geotérmica se considera amigable porque tiene un menor impacto ambiental respecto a fuentes energéticas convencionales; se destacan, la menor emisión de gases de efecto invernadero (gases que se acumulan en la atmósfera y favorecen el aumento de su temperatura) y sólidos suspendidos en el aire y no requiere de la ocupación de grandes extensiones de tierra para su desarrollo. Todo ello convierte a la energía geotérmica en una energía limpia. A diferencia de la mayoría de las energías renovables, la geotermia no depende de las variaciones climáticas, como sí lo hacen las fuentes eólica, solar e hidroeléctrica. Su aprovechamiento es local, esto quiere decir que el recurso se aprovecha en la región donde este se encuentra.

¿CUÁLES SON LAS ZONAS FAVORABLES PARA EL **DESARROLLO DE LA GEOTERMIA?**

En toda la superficie de la Tierra se manifiesta el calor que viene de su interior. Este es un proceso natural llamado flujo de calor. La variación de la temperatura a medida que aumenta la profundidad se llama gradiente geotérmico.



El calor del interior de la Tierra llega a su capa superficial (conocida como corteza), lo que produce una variación de la temperatura con la profundidad (llamada gradiente geotérmico).



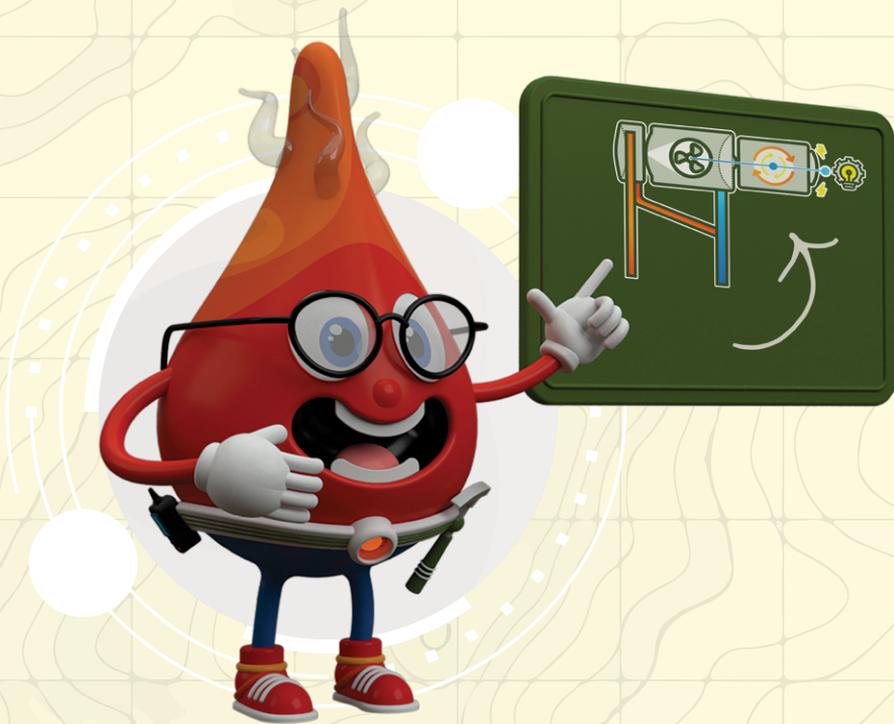
Existen zonas en donde se generan fenómenos geológicos como actividad sísmica y volcanismo reciente que son favorables a la acumulación de calor. Esta actividad provee la fuente de calor necesaria para que existan volcanes y manifestaciones termales en superficie con descarga de agua y gases a altas temperaturas, tal como ocurre en fumarolas y manantiales termales.



Pozo azul, área geotérmica del Puracé

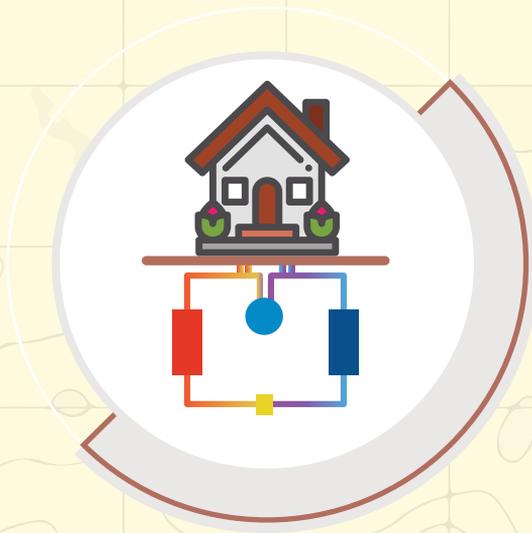


San Juan, Parque Natural Puracé



¿CÓMO SE PUEDE APROVECHAR **LA GEOTERMIA?**

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía con mayor potencial de aprovechamiento. Desde que se inició su aprovechamiento y a partir del constante avance en el conocimiento del recurso y de la tecnología de utilización, se han desarrollado diversos usos como baños termales, sistemas de calefacción, agricultura, acuicultura y algunos usos industriales como por ejemplo, refrigeración, secado industrial de vegetales, frutas, pastos y maderas y generación de energía eléctrica. Las opciones de aprovechamiento dependerán de la temperatura del recurso.



BOMBAS DE CALOR

Son sistemas de acondicionamiento de la temperatura del aire en espacios cerrados (calentar o enfriar), de acuerdo con las necesidades de la comunidad. Este es uno de los mayores usos de la geotermia y puede ponerse en funcionamiento en cualquier punto de la superficie terrestre porque no depende de la existencia de una anomalía de calor.

PERO ¿CÓMO FUNCIONA UNA BOMBA DE CALOR?

El suelo, a pocos metros de profundidad mantiene una temperatura constante a lo largo de todo el año, sin importar si es invierno o verano. Esta temperatura constante del suelo la podemos utilizar para enfriar los espacios en verano o calentarlos en invierno. Esto se consigue al instalar un sistema de tuberías verticales con longitud en general inferior a 100 m (variable de acuerdo con el gradiente geotérmico y la temperatura media ambiental), entre el suelo y las edificaciones, haciendo circular por ellas agua que transporte e intercambie el calor.

Países con estaciones como China, Estados Unidos, Suecia, Alemania, Francia, Turquía, Japón, Canadá y Finlandia, presentan el mayor uso de estos sistemas para la calefacción. Aunque en la mayoría del territorio Colombiano no se presentan variaciones extremas de la temperatura, en los lugares como la costa Atlántica y Pacífica o al interior del país en regiones frías como Boyacá y Cundinamarca, se podría aprovechar la implementación de una bomba de calor para el acondicionamiento de las unidades habitables. Actualmente en el país se está implementando esta tecnología, por ejemplo, en el parque industrial de Tocancipá (Cundinamarca) se instaló un proyecto piloto para un cuarto frío.

INVERNADEROS

La regulación de la temperatura en un invernadero, a partir de la circulación de agua termal, puede ayudar en el cultivo de frutas, vegetales y flores fuera de estación, o en condiciones climáticas inapropiadas para ciertos vegetales y/o frutas. De esta forma se podría reducir costos en la producción y transporte, cultivando alimentos en regiones con temperaturas extremas. Esto es relevante en muchas de nuestras regiones, ya que podríamos mitigar la pérdida de cultivos, que se da por los fenómenos de las heladas. Estos invernaderos se han usado en países como Chile, Ecuador, El Salvador, Holanda y Estados Unidos; y se encuentran en proceso de implementación en México.



ACUICULTURA

Es la crianza de organismos acuáticos (peces, moluscos, crustáceos y plantas), de forma controlada y en ambientes favorables para aumentar su producción. El control de la temperatura del agua en los estanques de producción ayudará a criar especies que no son propias de una región, y en algunos casos a aumentar su ciclo reproductivo. Las especies que habitualmente son criadas incluyen: róbalo, salmónes, camarones, langostas, cangrejos, ostras, almejas, ostiones, mejillones, entre otros.



BALNEOLOGÍA

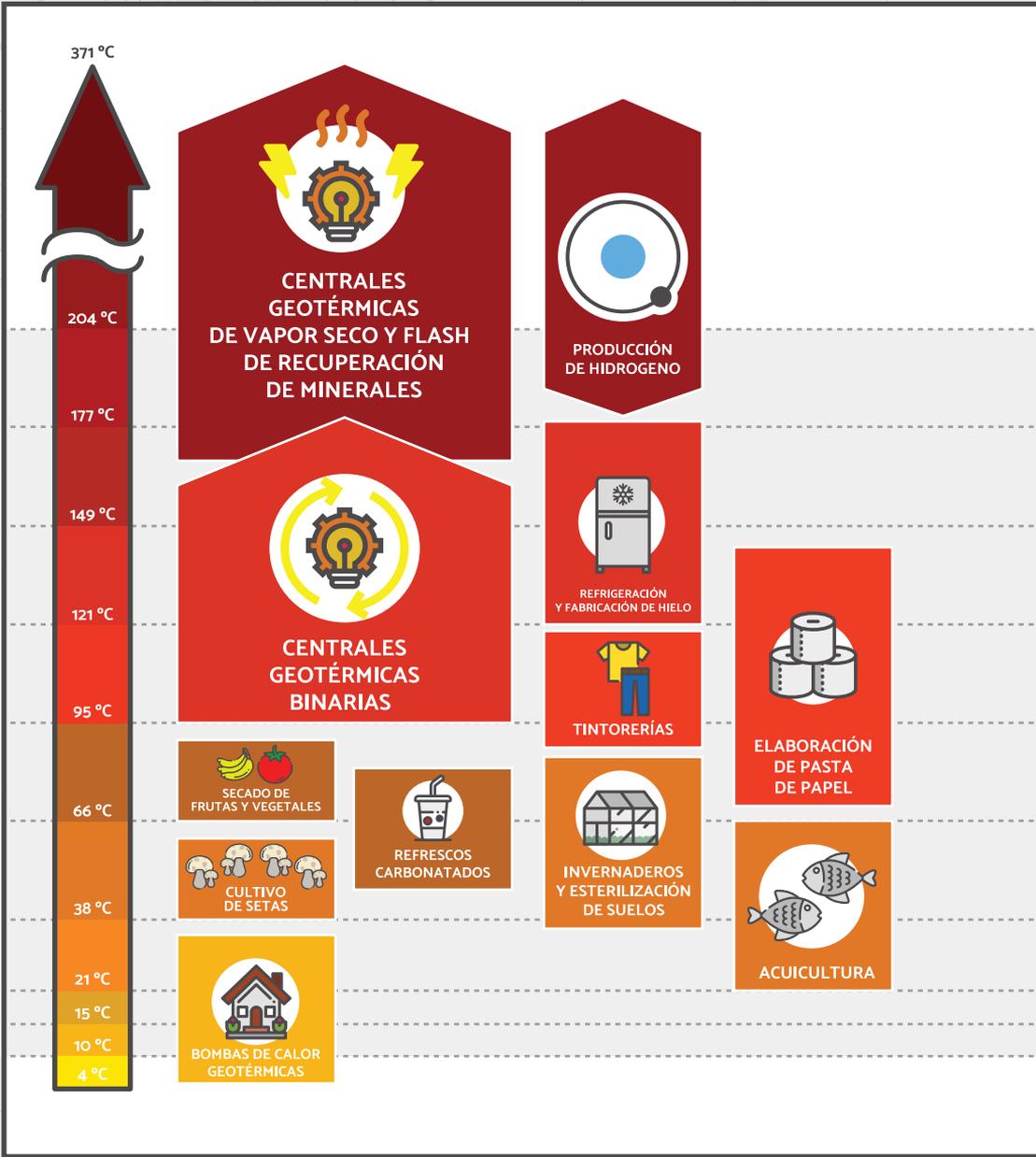
El aprovechamiento de las fuentes termales para la recreación y usos terapéuticos es tal vez el uso directo más común de los recursos geotérmicos. En Colombia reconocemos fácilmente los Balnearios de Paipa e Iza en Boyacá, Santa Rosa de Cabal en Risaralda, Termales del Otoño y Ruiz en Caldas, Rivera en el Huila, Puracé en Cauca, Cumbal en Nariño, Tabio en Cundinamarca, El Rancho y Murillo en Tolima, entre otros; históricamente estos han sido utilizados para la recreación, cosmética y usos terapéuticos basados en los conocimientos tradicionales. En otros países como España y Cuba, este uso está reglamentado, depende de la composición química y la temperatura de utilización agua, se utiliza con respaldo científico y forma parte de programas de salud obligatorios.



ENERGÍA ELÉCTRICA

Para la producción de energía eléctrica por medio del calor de la tierra se requieren recursos con el máximo contenido energético; es decir, de mayor temperatura. La generación eléctrica en plantas geotérmicas convencionales, en general requiere de una temperatura mínima del vapor de 180°C , para mover las turbinas. Sin embargo, el límite mínimo de temperatura del fluido ha venido descendiendo con el mejoramiento en la tecnología de utilización. Hoy en día se utiliza agua geotérmica con temperatura del orden de 75°C en plantas geotérmicas binarias (no convencionales, en donde el fluido que mueve la turbina no es vapor de agua sino el vapor de un fluido de menor punto de ebullición que el agua). En Colombia aún no se genera energía eléctrica por medio de la geotermia. Sin embargo, en países como Estados Unidos, Filipinas, Indonesia, México, Nueva Zelandia, Italia, Islandia, Kenia, El Salvador, Nicaragua, Chile, entre muchos otros, se ha realizado este tipo de aprovechamiento.





USOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

USOS TÍPICOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA A DIFERENTES TEMPERATURAS

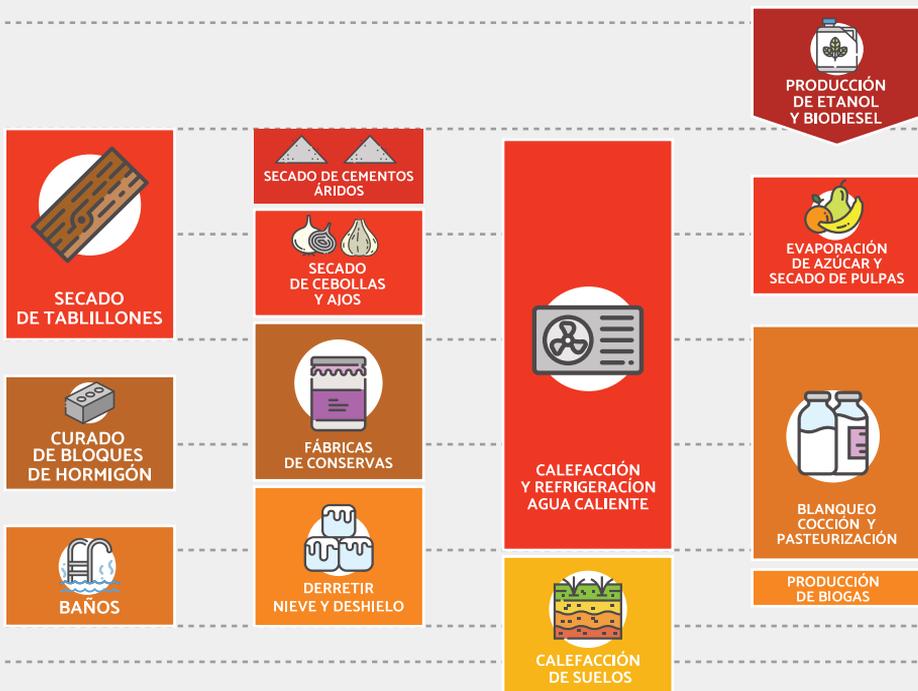
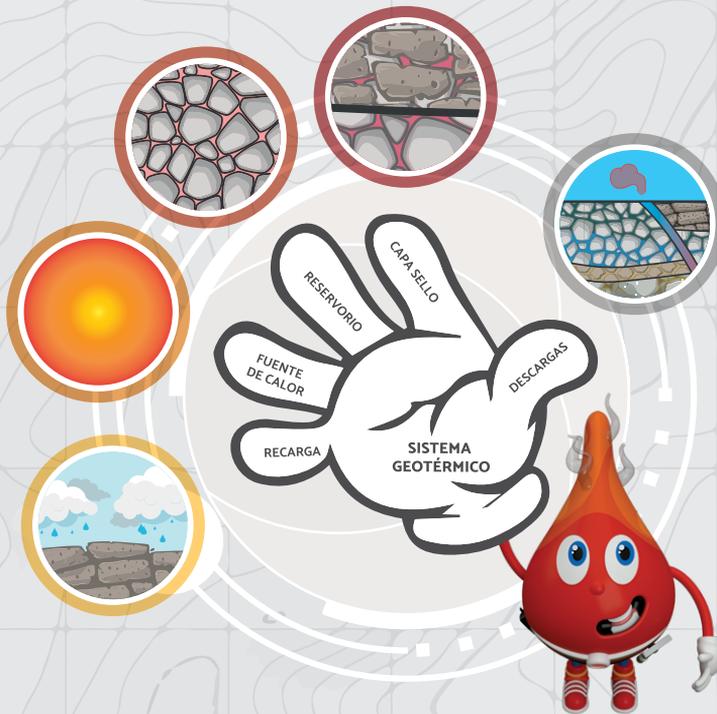


Diagrama de utilización de los recursos geotérmicos en el mundo a partir de la temperatura del fluido termal (agua, vapor y gases). Diagrama Lindal (1973). Modificado por Geothermal Education Office, 2005.

¿QUÉ ELEMENTOS DEFINEN UN SISTEMA GEOTÉRMICO CONVENCIONAL?

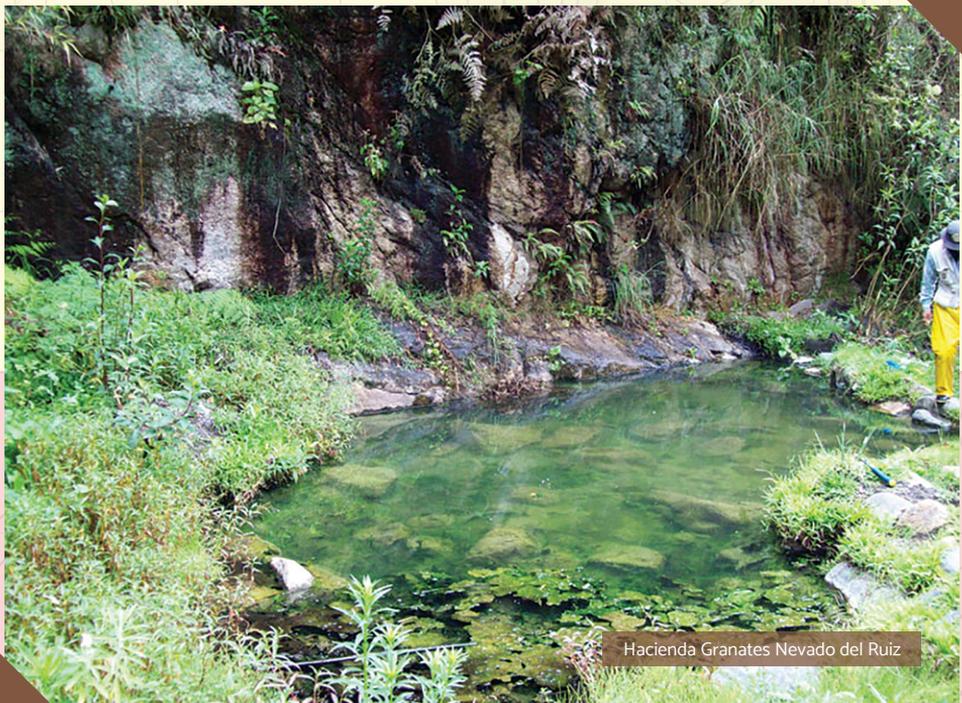
En general, un sistema geotérmico hidrotermal, es decir con agua caliente (porque hay otros sistemas que no la tienen), está conformado por 5 elementos fundamentales:



1	RECARGA	Zona de recarga conformada por rocas permeables que permiten la circulación y penetración profunda del agua de la lluvia
2	FUENTE DE CALOR	Fuente de calor, originada en las rocas calientes del subsuelo desde donde el calor se transfiere al agua circulante
3	RESERVORIO	Reservorio o zona permeable de almacenamiento de aguas y gases, en circulación lenta
4	CAPA SELLO	Capa sello o zona impermeable que aísla el reservorio y permite conservar la masa y el calor del agua caliente y finalmente
5	DESCARGA	La zona de descarga o área permeable de la superficie en donde el agua caliente que escapa del reservorio regresa a la superficie en fase líquida o vapor



Manatíal Botero Londoño, Nevado del Ruiz



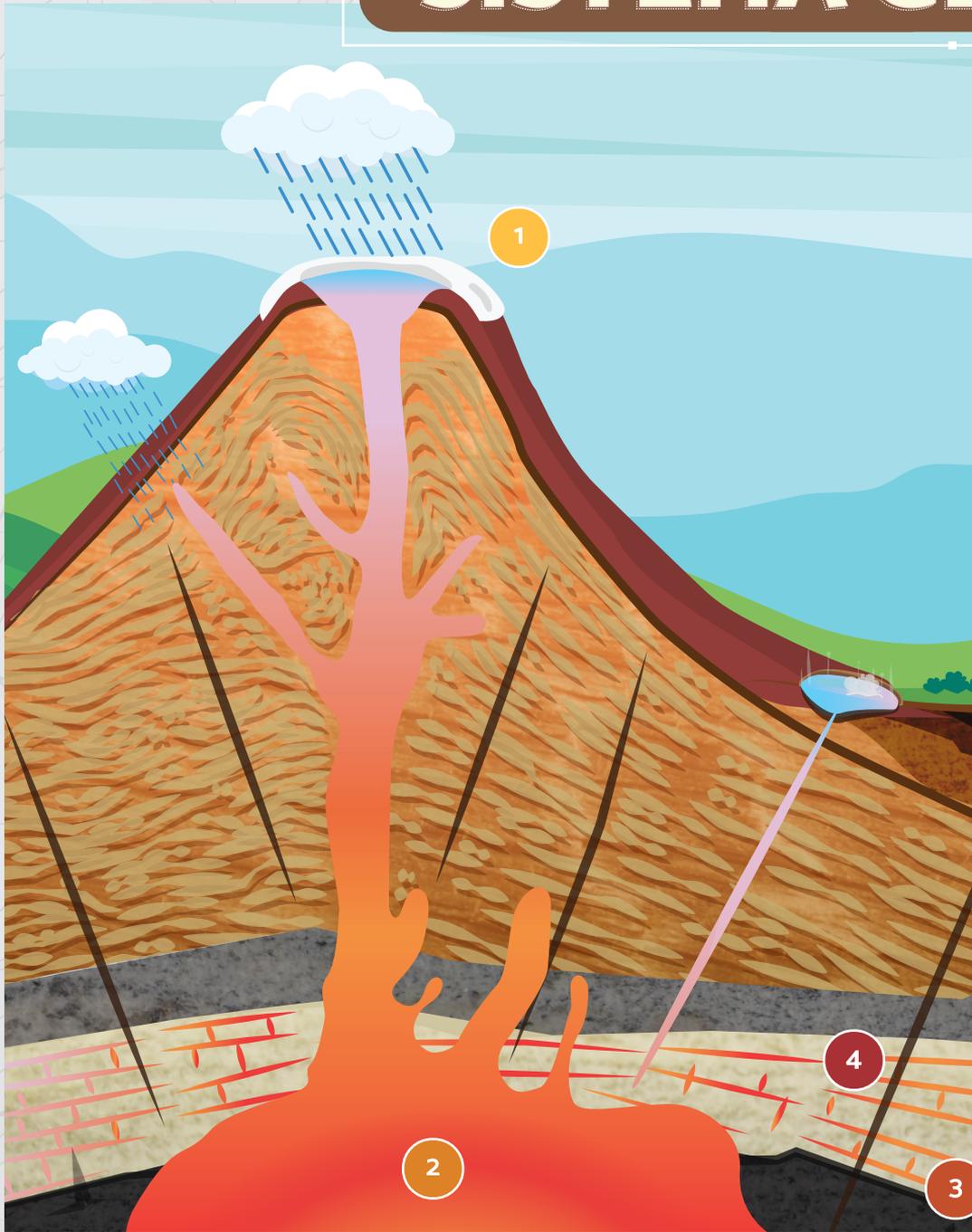
Hacienda Granates Nevado del Ruiz





Quebrada Corralito, Nevado del Ruiz

SISTEMA GE



1

ZONA DE RECARGA

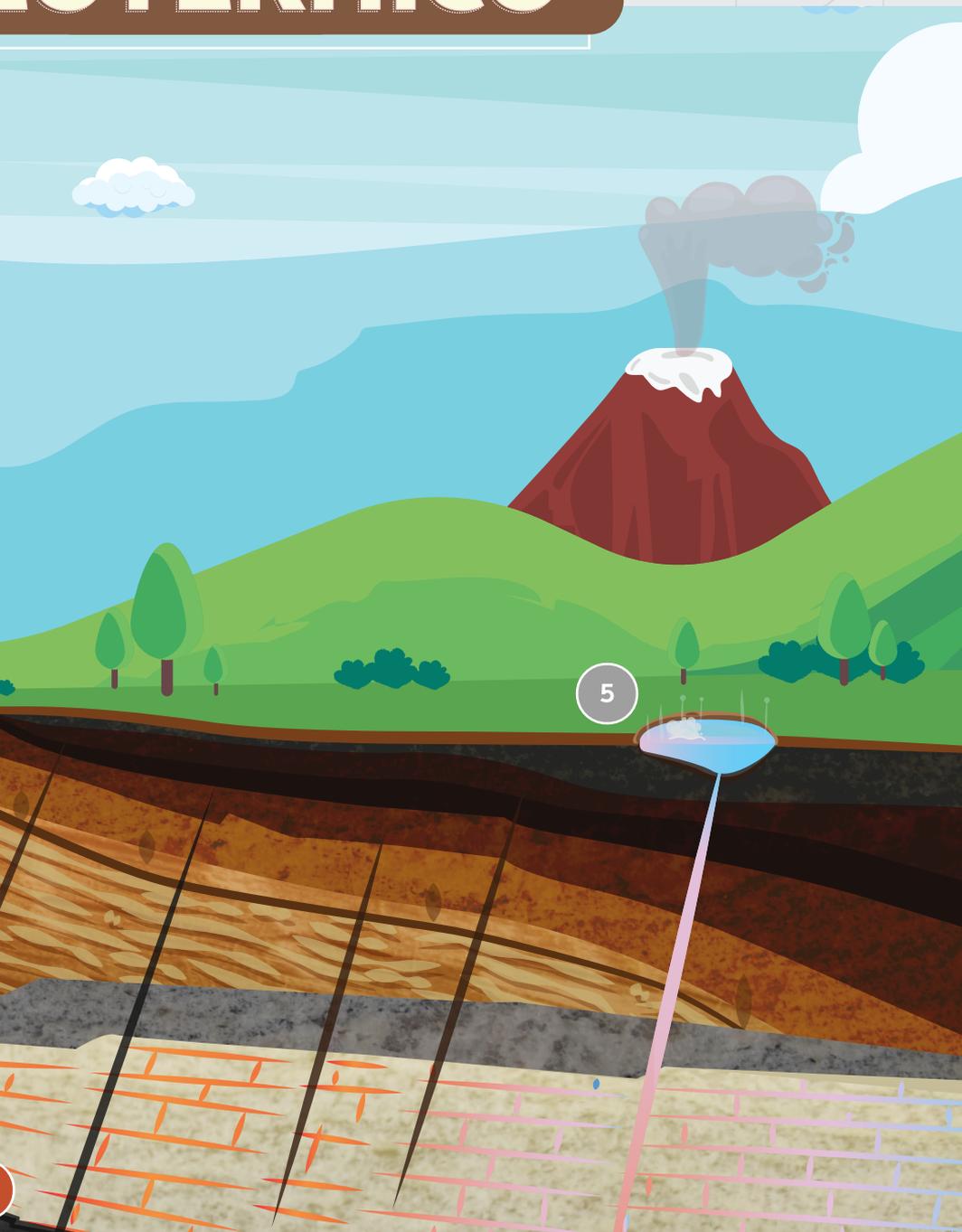
2

FUENTE DE CALOR

3

RES

GEOTÉRMICO



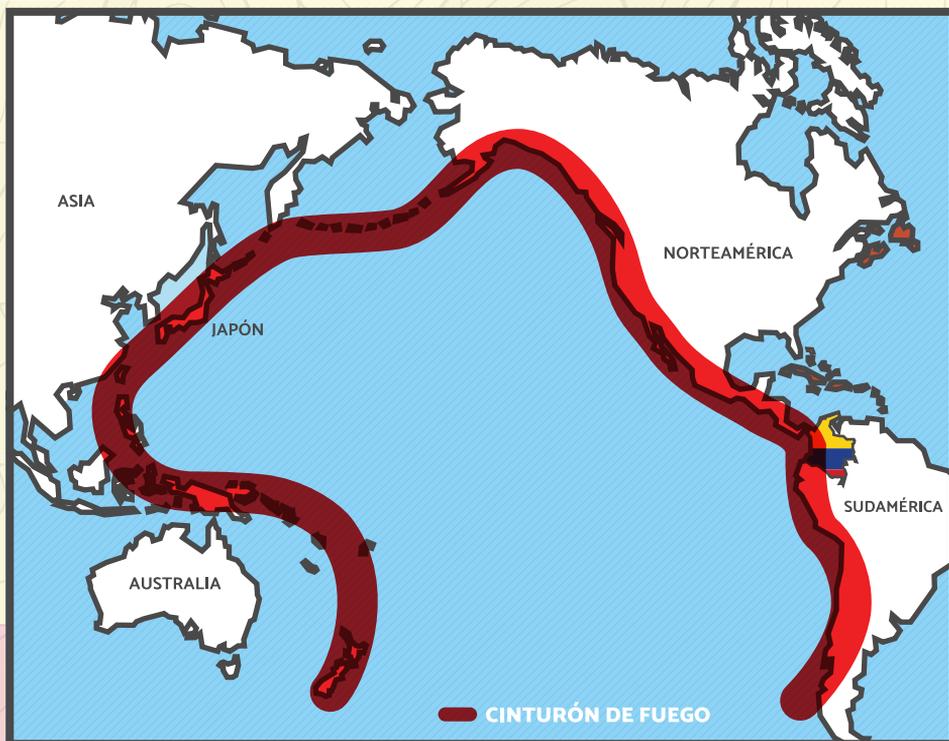
ERVORIO

4 | CAPA SELLO

5 | ZONA DE DESCARGA

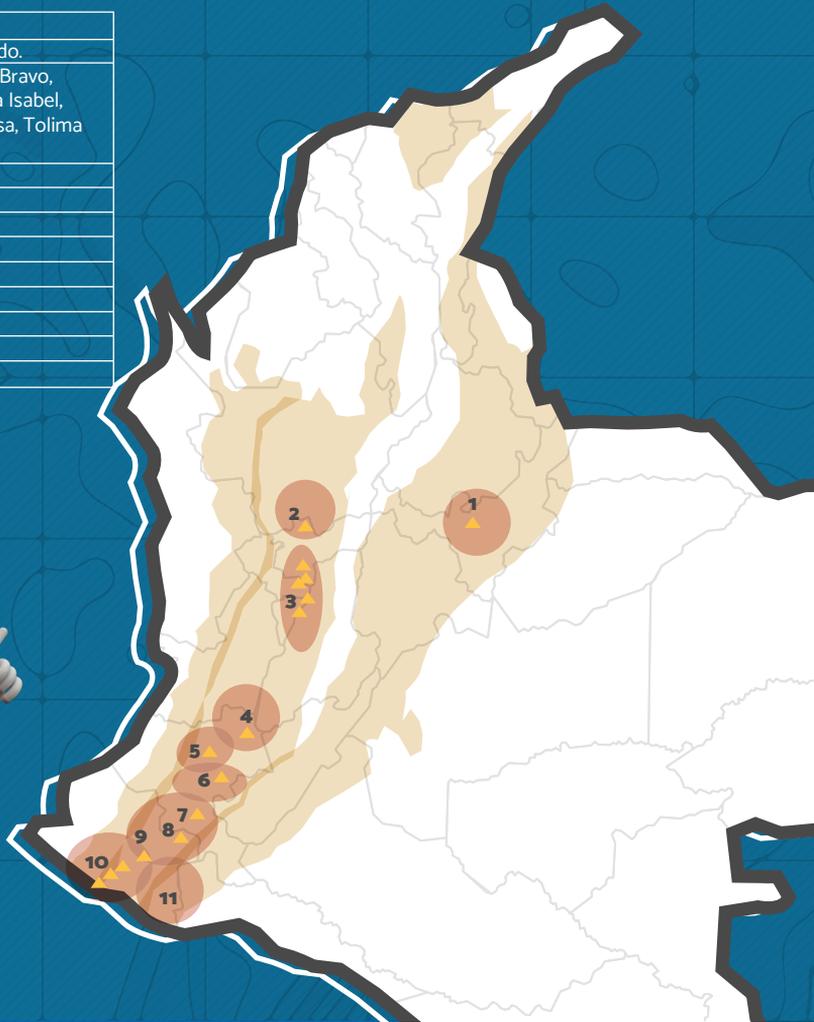
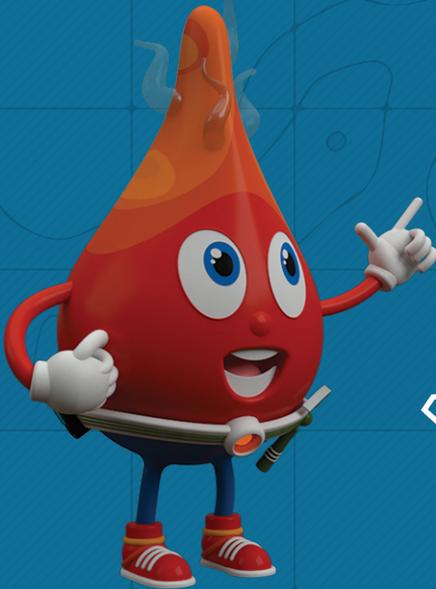
¿EN COLOMBIA HAY RECURSOS GEOTÉRMICOS?

¡Sí! Como se ha dicho, en toda la superficie del planeta existen estos recursos. En Colombia además, por su localización en el Cinturón de fuego del Pacífico (zona de muy alta actividad volcánica y sísmica, localizada en la periferia del Océano Pacífico), existen volcanes de actividad reciente o actual. El magma que alimenta a los volcanes, a pocos kilómetros de la superficie, define zonas con anomalía positiva de calor. Estas son zonas en donde la temperatura es mayor a la de otros lugares del planeta, a la misma profundidad.



Alrededor del océano Pacífico existe una zona en donde ocurren muchos sismos, volcanes y sistemas geotérmicos con agua caliente. Este fragmento de la corteza de la Tierra es llamado Cinturón de Fuego del Pacífico y sobre éste se encuentra el territorio Colombiano.

1)	Paipa.
2)	San Diego - El Escondido.
3)	Macizo del Ruiz: Cerro Bravo, Nevado del Ruiz, Santa Isabel, Paramillo de Santa Rosa, Tolima y Machín.
4)	Nevado del Huila.
5)	Puracé (Coconucos).
6)	Sotará.
7)	Doña Juana.
8)	Galeras.
9)	Azufral.
10)	Cumbal.
11)	Chiles - Cerro Negro
12)	Sibundoy.



En las cordilleras Colombianas se han identificado sistemas geotérmicos con agua caliente relacionados con volcanes en:

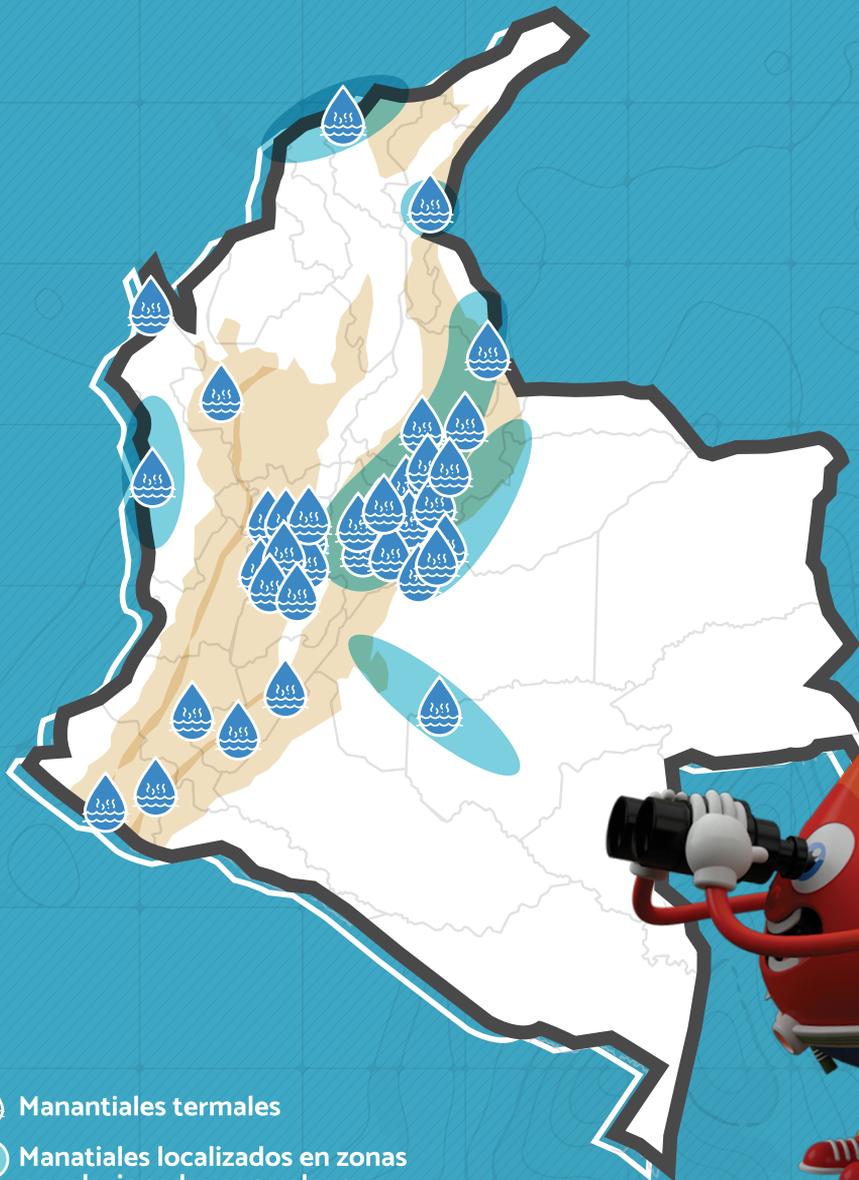
Paipa, departamento de Boyacá; **maar de San Diego, El Escondido de Florencia y Cerro Bravo**, en el departamento de Caldas; **Nevado del Ruiz**, entre los departamentos de Caldas y Tolima; **Paramillo de Santa Rosa**, departamento de Risaralda; **Nevado de Santa Isabel, Nevado del Tolima y Cerro Machín**, departamento del Tolima; **Nevado del Huila**, entre los departamentos de Huila, Tolima y Cauca; **Puracé** (Cadena de volcanes de los Coconucos) y **Sotará**, departamento del Cauca; **Doña Juana, Galeras, Azufral, Cumbal y Chiles - Cerro Negro**, departamento de Nariño y **Sibundoy**, departamento de Putumayo.

SISTEMAS GEOTÉRMICOS CON AGUA CALIENTE
RELACIONADOS CON VOLCANES,
IDENTIFICADOS EN EL TERRITORIO COLOMBIANO

El agua en los sistemas mencionados es de composición química muy diversa y podría alcanzar en el reservorio, a profundidad, temperaturas entre 100°C y 280°C. Se ha deducido que los sistemas que posiblemente tienen una mayor temperatura en el reservorio son aquellos relacionados con los volcanes Azufral, Paramillo de Santa Rosa, Nevado del Ruiz, Puracé y Chiles – Cerro Negro.

¿EN COLOMBIA TODOS LOS MANANTIALES TERMALES Y
SISTEMAS GEOTÉRMICOS CON AGUA CALIENTE
ESTÁN RELACIONADOS CON VOLCANES?

No; no todos. Debido a la actividad de los fragmentos en que se subdivide la corteza de la Tierra (llamadas placas tectónicas), se presentan fallas (o fracturas de la corteza a lo largo de las que se mueven las rocas que son separadas por la ruptura), que en ocasiones son profundas y permiten penetración (o infiltración) del agua de lluvia a varios cientos de metros, lo cual permite el aumento de su temperatura. Es decir que la fuente de calor en este caso, es el incremento natural de la temperatura con la profundidad, lo que se conoce como gradiente geotérmico. Este es el caso de manantiales termales localizados en la zona Caribe, Llanos Orientales y en los departamentos de Chocó, Cundinamarca, Boyacá (diferentes a los de Paipa e Iza), Santander y Norte de Santander. En los reservorios de agua caliente que alimentan estos manantiales, la temperatura podría ser muy cercana a la medida en el agua descargada por estos, desde unos 20°C hasta 74°C. Esta última temperatura se encuentra en el manantial de Paratebueno, Cundinamarca, zona del piedemonte llanero.



Manantiales termales



Manantiales localizados en zonas no relacionadas con volcanes

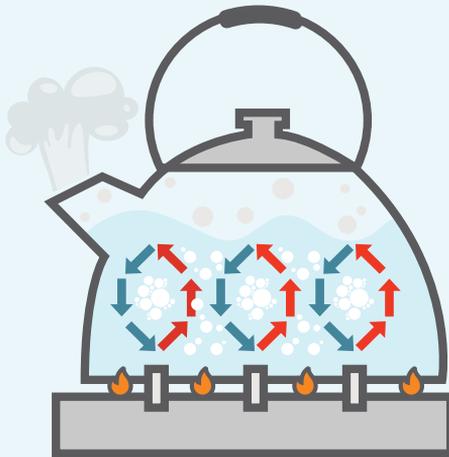
hidrotermales.sgc.gov.co

La localización de la gran mayoría de manantiales termales indica su relación con los sistemas geotérmicos de agua caliente, asociados a volcanes. Otros manantiales como los encontrados en la zona Caribe, Pacífico, Piedemonte Llanero - Llanos Orientales y departamentos de Cundinamarca, Boyacá (con excepción de los de Paipa e Iza), Santander y Norte de Santander, estarían relacionados con infiltración profunda.

¿Y CÓMO SE TRANSMITE EL CALOR?

En los sistemas geotérmicos el calor se puede transmitir de dos maneras: 1) por circulación de agua caliente, proceso llamado convección y 2) a través del medio sólido desde una zona más caliente a una más fría, lo que se conoce como conducción.

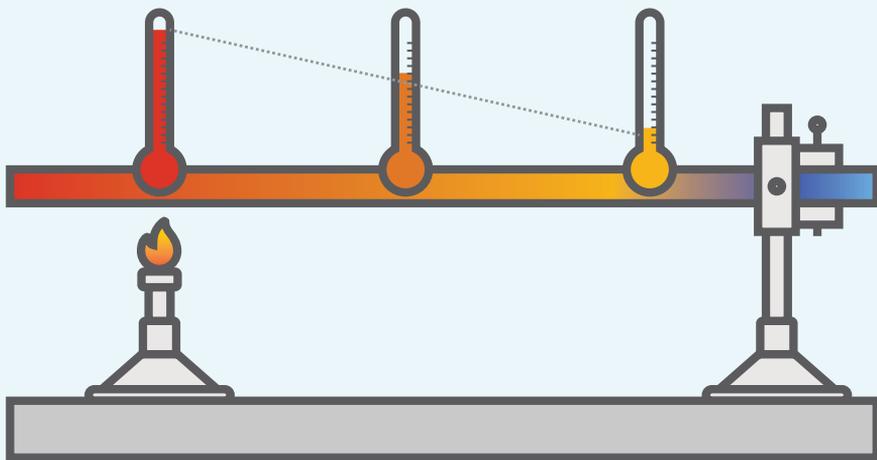
PRINCIPALES FORMAS DE TRANS



1. CONVECCIÓN

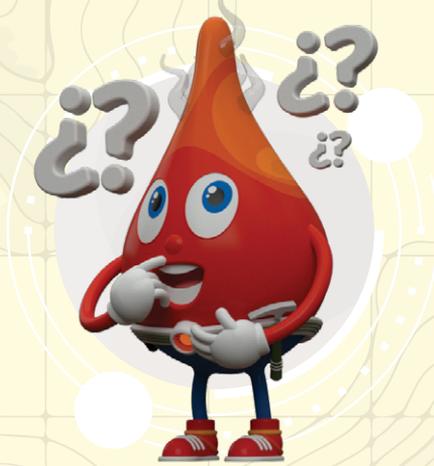
Por movimiento de fluidos: aguas o gases como ocurre en sistemas geotérmicos de agua caliente, de los que generalmente se producen aguas termales y fumarolas.

MISIÓN DE CALOR EN LA TIERRA:



2. CONDUCCIÓN

Sin movimiento del medio sólido, en este caso una barra metálica como ocurre en aguas enterradas y estancadas en la profundidad en cuencas sedimentarias.

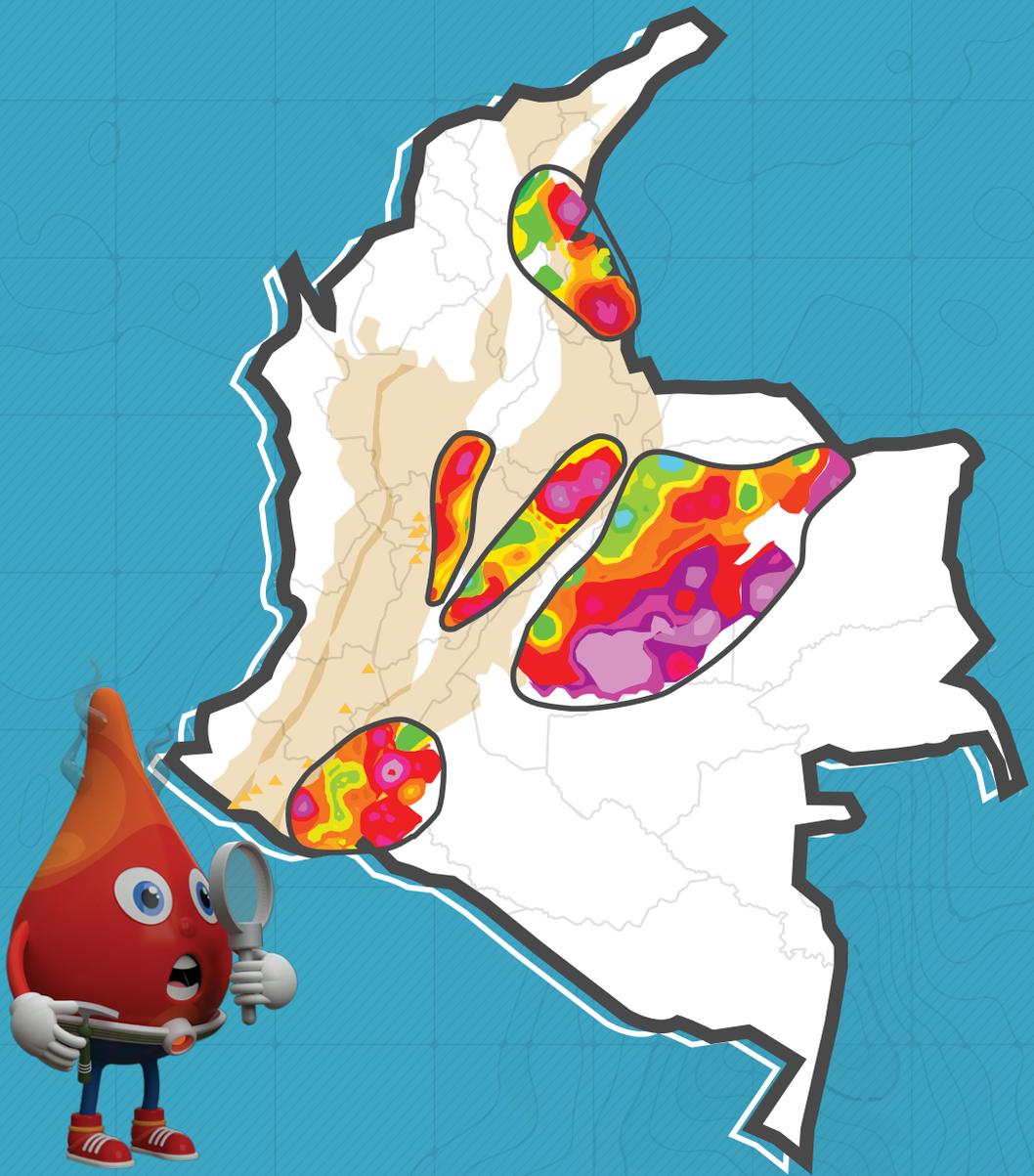


¿EN QUÉ OTRAS ÁREAS SE PUEDEN ENCONTRAR **RECURSOS GEOTÉRMICOS EN COLOMBIA?**

En las cuencas sedimentarias, que son zonas de acumulación de sedimentos en depresiones o hundimientos del terreno, el agua que se infiltra a grandes profundidades queda atrapada a una profundidad tal que puede incrementar su temperatura. Con el fluido estancado el mecanismo de transmisión de calor es conducción. En este caso no hay manantiales termales que indiquen en la superficie la existencia de agua caliente y su observación directa solamente es posible a través de perforaciones profundas (hasta 7-8 km). En dichas perforaciones es posible medir la temperatura a diferentes profundidades, establecer si el aumento de la temperatura con la profundidad (gradiente térmico) es normal o anómalo y aún, establecer si hay agua caliente de alta temperatura.

En el caso de las cuencas sedimentarias también es posible encontrar zonas de calor anómalas producidas por la influencia de rocas duras del basamento (sobre las que se depositan los sedimentos) con contenidos altos de elementos radiactivos como uranio, torio y potasio, los cuales emiten calor permanentemente a partir de su reacción de desintegración. Este es el caso de intrusiones ígneas (rocas formadas a partir del enfriamiento y solidificación de magma) enterradas a profundidad.

A partir de las medidas de temperatura en perforaciones profundas se ha podido identificar zonas con gradiente térmico anómalo en algunas cuencas sedimentarias como, Llanos Orientales, Caguan-Putumayo y Cordillera Oriental.



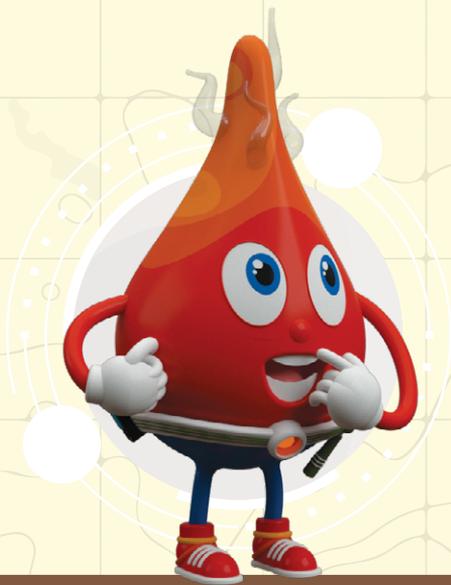
En las cuencas sedimentarias es posible encontrar agua termal enterrada a grandes profundidades. Con las mediciones de la variación de la temperatura con la profundidad, es posible señalar las zonas con mayor posibilidad de contener agua caliente.

¿EN COLOMBIA, HAY ALGUNA ENTIDAD PÚBLICA
ENCARGADA DE ESTUDIAR Y CONOCER
LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS?

Si. En la actualidad es el Servicio Geológico Colombiano (SGC), que es un instituto científico y técnico del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, tiene entre sus funciones las de adelantar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo, de acuerdo con las políticas definidas por el Ministerio de Minas o el Gobierno Nacional y realizar la identificación, el inventario y la caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo, tales como los recursos geotérmicos.

El grupo de trabajo a cargo de la investigación geotérmica, elaboró el mapa preliminar de gradientes geotérmicos, el aplicativo web para difusión de manantiales termales <hidrotermales.sgc.gov.co> y ha participado a la fecha en la investigación de los sistemas geotérmicos de Paipa, volcán Azufral, área geotérmica de San Diego y Nevado del Ruiz.





EN GENERAL

- La geotermia es el calor al interior de la tierra y ha sido usada por el hombre desde su inicio, principalmente en usos domésticos, como calefacción y balneología.
- El desarrollo de la geotermia aporta grandes ventajas ambientales comparadas con otras fuentes energéticas. Además su uso no depende de factores climáticos.
- La geotermia puede ser aprovechada por esta generación sin comprometer el abastecimiento energético de las generaciones futuras.
- El uso de los recursos geotérmicos depende de su temperatura, ya sean directos o para la generación de electricidad. Este último necesita la aplicación de tecnologías que puedan convertir la energía calorífica en energía eléctrica.
- Los usos de los recursos geotérmicos como fuente de energía térmica o eléctrica, dependen de su temperatura. La generación de electricidad necesita la aplicación de tecnologías que puedan convertir la energía calorífica en energía eléctrica.

PARA MÁS INFORMACIÓN

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec_5.htm

http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40079/S1600390_

http://www.imsero.es/imsero_01/envejecimiento_activo/termalismo/index.htm

<https://erenovable.com/energia-geotermica/>

<http://geotermiaonline.com/ventajas-de-la-geotermia/>

<http://www.piensageotermia.com/geotermia/>

<http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?cat=4> Revista científica

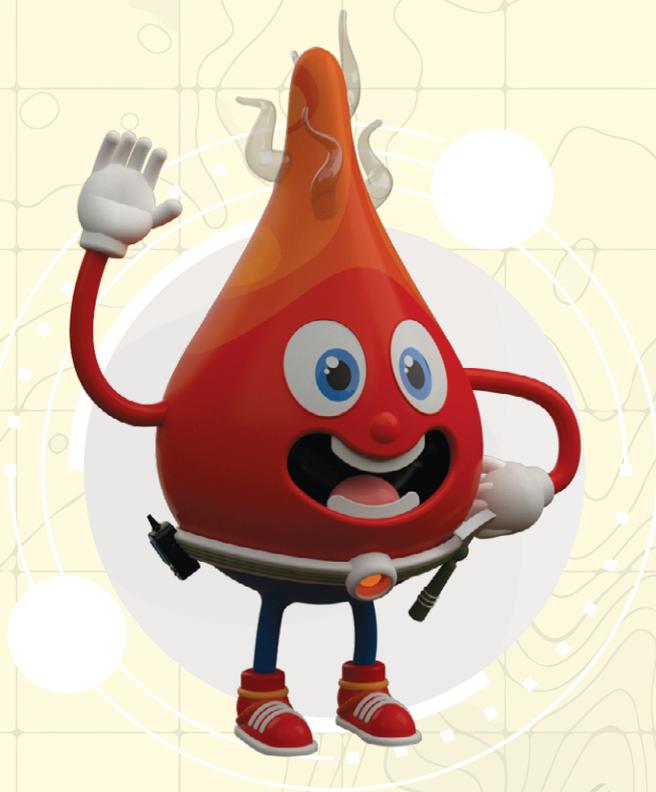
<http://geotermiaonline.com/>

<http://hidrotermales.sgc.gov.co/>

<http://geothermaleducation.org/>

https://www.geothermal-energy.org/que_es_la_energia_geotermica.html





...Pero... sabes quien soy yo??? Mi nombre es **Chitu**. Tengo mucha energía porque vivo bajo la superficie de la Tierra en donde me calienta y puedo circular a través de las rocas. En mis recorridos veo cosas impresionantes y hermosas que compartí contigo.

Gracias por haberme acompañado en este viaje. Espero que lo hayas disfrutado tanto como yo y que sigas interesado en aumentar tus conocimientos sobre los recursos geotérmicos.

Quedaste con dudas? Quieres hacer alguna pregunta? Quieres aportar información o sugerencias?

Escríbenos o llámanos. Correo electrónico: geotermia@sgc.gov.co;
Tel. 1-2200200 ó 2200153

**SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO**



Diagonal 53 N. ° 34-53 Bogotá D.C., Colombia
(571) 2200100, 2200200 y 2221811 - Fax: (571) 2220797
cliente@sgc.gov.co

Lunes a viernes 8:00 a.m. a 5:00 p.m. para todas nuestras sedes

www.sgc.gov.co