



SISTEMA GEOTÉRMICO HIDROTERMAL DE PAIPA

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

Claudia María Alfaro Valero
Jesús Bernardo Rueda
Camilo Matiz León

Corrección de estilo

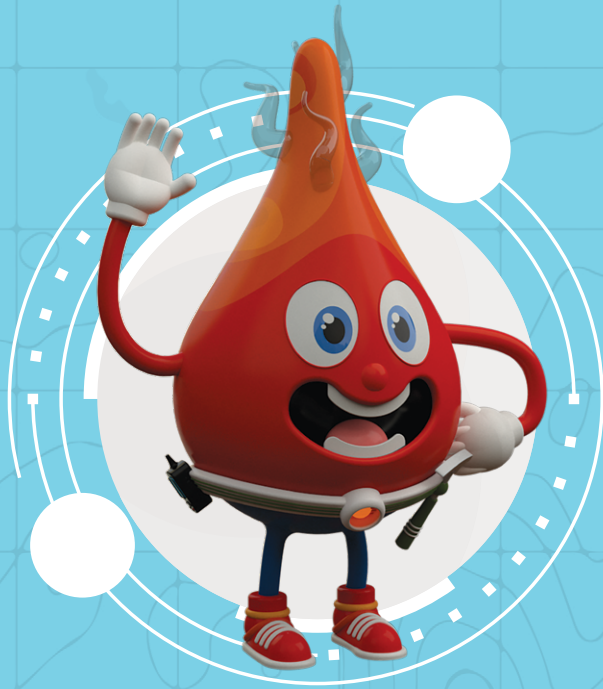
Ricardo Hurtado

Diseño y diagramación

Andrés Romero

Impresión

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

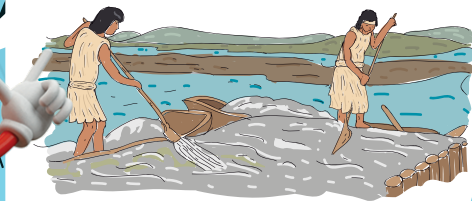
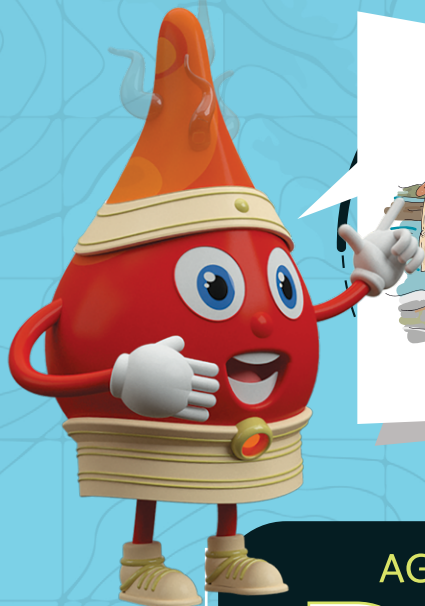


HOLA AMIGOS, SOY UNA GOTTA DE AGUA Y ME LLAMO

CHITU

QUE SIGNIFICA CALIENTE, EN LENGUA MUISCA

Tengo mucha energía porque vivo bajo la superficie de la Tierra en donde me caliento y puedo circular a través de las rocas. En mis recorridos veo cosas impresionantes y hermosas que quiero compartir contigo. En tres cartillas te contaré sobre mi hogar, los espacios y componentes que lo conforman, los estudios que hacen las personas interesadas en conocerlo, las posibilidades de utilizarme como amigo de la sociedad para mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo, los lugares en donde estoy en Colombia. En esta oportunidad quiero darte a conocer cómo vivo en Paipa.



AGUAS TERMALES DE **PAIPA**

En Paipa, departamento de Boyacá, existen aguas termales conocidas por las comunidades que han habitado la zona, desde tiempos muy remotos. Uno de los primeros documentos en donde se hizo referencia a estos manantiales fue escrito en 1829 por un investigador francés de apellido Boussingault quien describió la gran cantidad de sales y gases que observó en las aguas termales de una hacienda llamada El Salitre y cómo los indios recuperaban del suelo la sal después del tiempo seco, con el fin de dársela al ganado para engorde. Este investigador escribió

“...No creo que se haya encontrado todavía en la naturaleza una agua mineral tan cargada de sales...”

Esta sal se llama sulfato de sodio. Hoy sabemos que sí existen en la naturaleza aguas con mayor contenido de esta sal.



Sector ITP-Lanceros

Los manantiales termales de Paipa son uno de los mayores atractivos de la ciudad para recreación, deporte y beneficios para la salud, ya que la sabiduría popular le ha atribuido propiedades curativas a sus aguas. Su importancia terapéutica también fue reconocida por el Dr. Pablo García Medina en 1929, para el tratamiento de múltiples enfermedades, con base en la información de composición de las aguas, publicada en el mismo documento por los científicos Padre Alfonso Navia y Antonio Barriga Villalba.

Pero estas aguas además de minerales, también son termales. Será que bajo la superficie hay más agua caliente y que este recurso puede ser una oportunidad de desarrollo para la región y el país? La respuesta es que sí es posible, según se concluye de las observaciones que han hecho los investigadores desde hace muchos años.



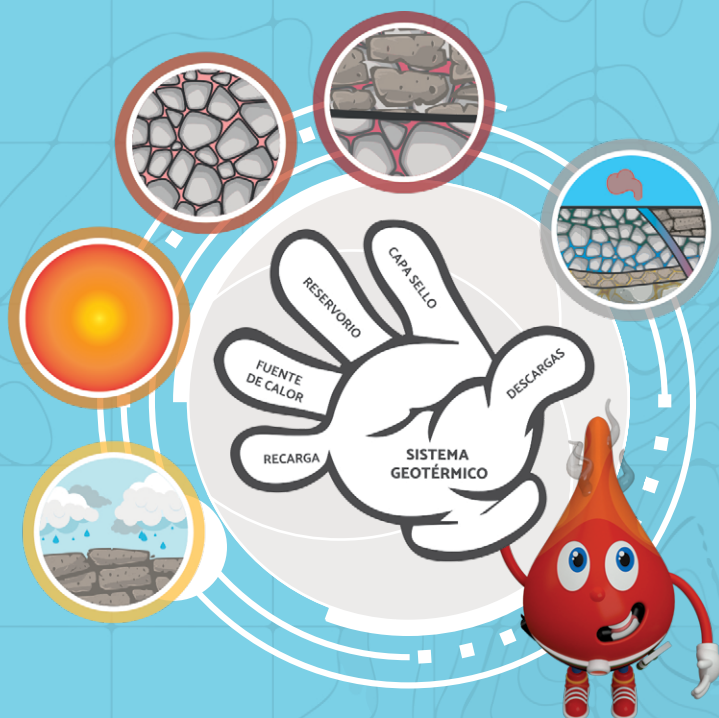
¿QUÉ ENTIDAD GUBERNAMENTAL ESTUDIA LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS?

La entidad gubernamental encargada de investigar los recursos geotérmicos es el Servicio Geológico Colombiano (SGC). Esta es una institución de investigación, forma parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y tiene a su cargo el estudio de los recursos geotérmicos, que son fluidos calientes (agua, vapor y gases) que se originan a partir de la energía térmica almacenada en el interior del planeta.

Dicha institución ha hecho numerosos estudios para conocer el sistema geotérmico de agua caliente en Paipa: mapa geológico, mapa de las rocas volcánicas, estudio de composición de las aguas y gases de los manantiales termales, estudios geofísicos basados en mediciones de propiedades físicas que se hacen desde la superficie para deducir condiciones de las rocas y fluidos calientes, que están bajo la superficie, y elaboración de un modelo geológico en 3 dimensiones a partir de integración de información geológica y geofísica. Adicionalmente, sobre la base del modelo tridimensional, el SGC también ha actualizado la interpretación que tiene del sistema, integrando los resultados de todos los demás estudios realizados. Esta interpretación es llamada modelo conceptual.

Y QUÉ INFORMACIÓN APORTA UN MODELO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA GEOTÉRMICO?

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 y 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

LO QUE SABEMOS DEL SISTEMA GEOTÉRMICO DE PAIPA ES QUE:



Complejo de domos Alto Los Vocanes

Hay un volcán que aunque hoy es inactivo, probablemente tiene rocas calientes bajo la superficie que sirven como fuente de calor del sistema geotérmico.



Cantera de El Durazno también conocida como El Manzano, en donde se han medido las concentraciones más altas de elementos radiactivos en la zona

Hay rocas volcánicas con mayor contenido en elementos radiactivos que el promedio de las rocas de la corteza terrestre (capa más externa de la Tierra). Estos elementos son inestables y se desintegran; lo que quiere decir que se fragmentan dando lugar a la formación de otros elementos más estables y livianos y en el proceso, producen calor.



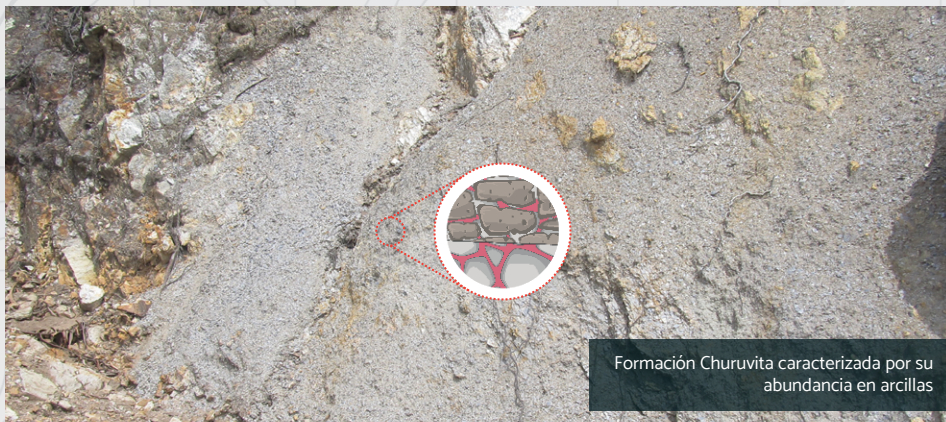
Fotografía de la formación geológica Une, conformada principalmente por areniscas permeables

El tipo de rocas que domina el área son sedimentarias (son rocas formadas por acumulación de sedimentos o fragmentos de otras rocas) con capas permeables (o penetrables) por el agua, como son las areniscas. Estos niveles tienen la posibilidad de almacenar y permitir la circulación de agua. Es decir pueden servir como un reservorio de agua.



Falla geológica

En la zona, hay fallas geológicas; lo que quiere decir que hay fracturas en las rocas a lo largo de las cuales hay movimiento de los bloques de roca que se forman a lado y lado de la ruptura, en dirección opuesta. Este movimiento en direcciones opuestas, facilita circulación del agua.



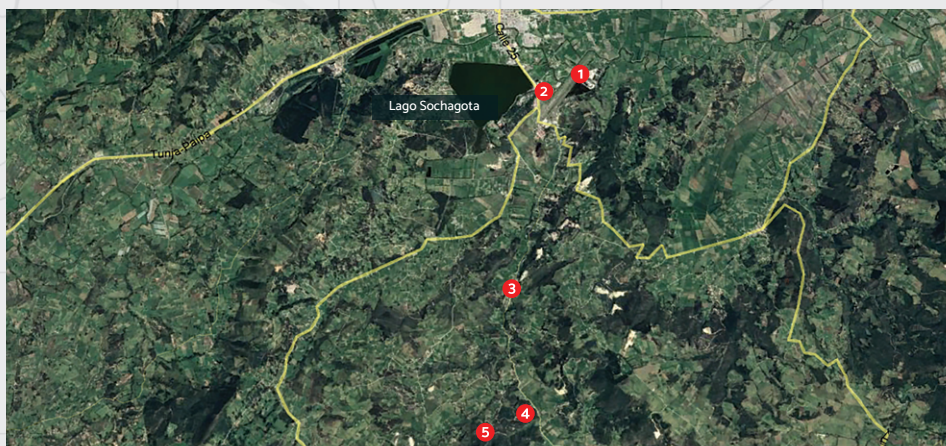
Formación Churuvita caracterizada por su abundancia en arcillas

Las rocas sedimentarias del área también tienen capas impermeables (o impenetrables por el agua), debido a su alto contenido de material arcilloso. Este tipo de rocas posiblemente forman la capa sello que además de permitir la acumulación del agua, evita su pérdida de calor.



Alto Tibasosa - Toledo en el que aparecen areniscas en la superficie

En el alto de Tibasosa-Toledo, hay rocas en la superficie con capas permeables inclinadas hacia el valle en donde está el sistema geotérmico, las que permiten que el agua de la lluvia penetre a profundidad; es decir que es la zona de recarga.



1 SALPA

2 ITP-LANCEROS

3 LA PLAYA

4 EL HERVIDERO

5 OLITAS

Hay dos grupos principales de manantiales en el sector ITP-Lanceros y en el sector de La Playa. Estas son las zonas de descarga. Adicionalmente existen otros manantiales tibios aislados en los sitios conocidos como SALPA, El Hervidero y Olitas.



Sulfato de sodio concentrado cerca de la superficie

Hay una circulación de agua salada (rica en sulfato de sodio) al occidente y noroccidente del área que se mezcla con el agua termal y le cambia completamente su composición (concentración de minerales disueltos). Por evaporación del agua, la sal se acumula en la superficie dejando un depósito blanco.



¿PERO CÓMO FUNCIONA

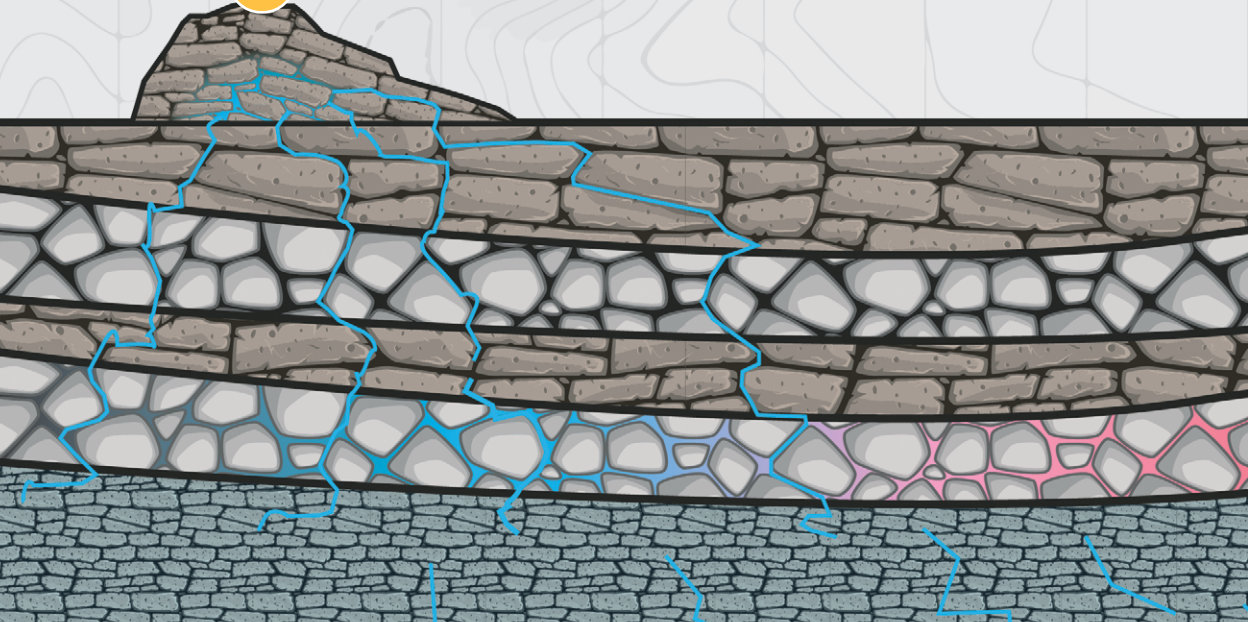
Tomando como base los resultados de todos los estudios realizados y su integración, el SGC ha planteado la siguiente hipótesis sobre cómo funciona el sistema:

1 En el lado occidental del alto Tibasosa - Toledo, un área de gran extensión de rocas permeables, recibe el agua de la lluvia y la conduce a niveles profundos hacia el occidente del alto, en donde se localiza el sistema geotérmico de Paipa. **Esta es la zona de recarga.**

2 El área está inclinada de sur a norte hacia el río Chicamocha. La circulación profunda del agua sigue la inclinación del terreno. En su recorrido el agua encuentra zonas permeables verticales (como fracturas en la roca, zonas de contacto entre rocas volcánicas y las rocas de los alrededores) que le permiten circular a mayor profundidad. Como resultado de la interacción del agua con rocas calientes relacionadas con el volcán, el agua se calienta. **Estas rocas son la fuente de calor.**

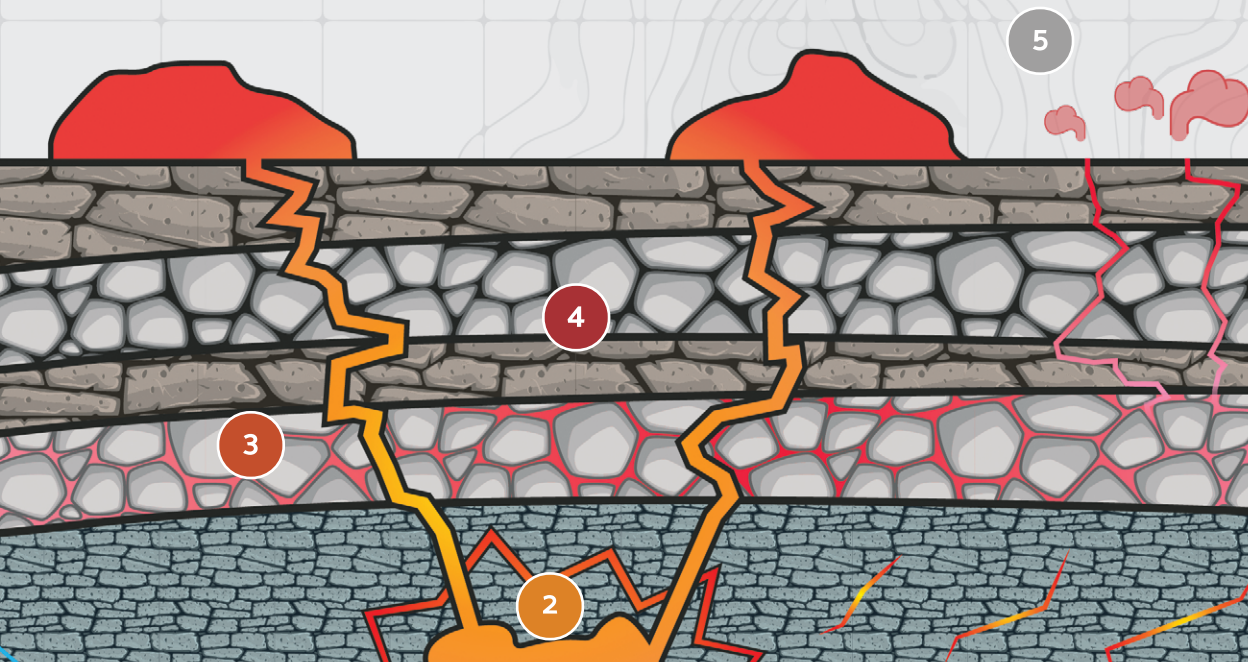


1



¿CIRCULA EL SISTEMA?

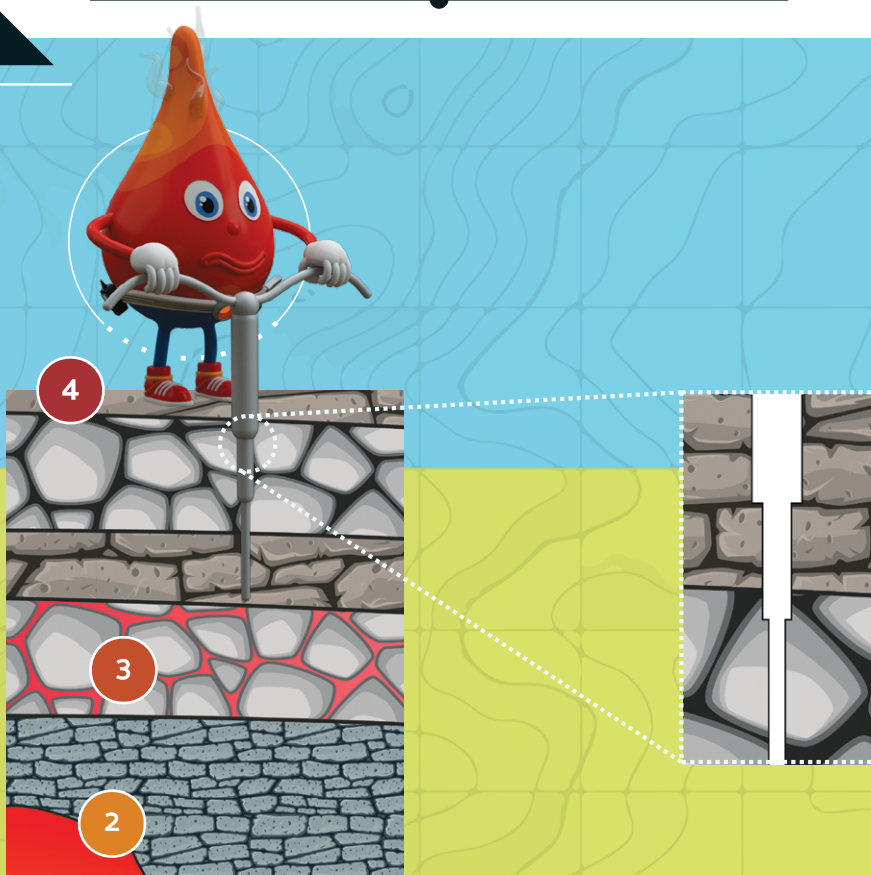
- 3 Como el agua caliente pesa menos que el agua fría, ésta asciende por flotación y se acumula en la formación Une, **el reservorio**, entre los Altos Los Volcanes y Los Godos que son grupos o complejos de domos (elevaciones que se formaron por enfriamiento de magma cuando éste alcanzó la superficie). El agua se mantiene caliente porque queda atrapada bajo rocas de baja permeabilidad que dificultan su circulación. Estas son niveles de arcilla que conforman la **capa sello**. Más al norte, sin embargo, el agua encuentra una gran fractura que promueve la circulación del agua hacia el norte siguiendo capas de roca permeables. A partir de este punto, el agua caliente se encuentra y se mezcla con agua salada que viene circulando desde el lado occidental siguiendo también la dirección norte hasta la depresión del Río Chicamocha.
- 4
- 5 La circulación del agua caliente sigue siendo profunda porque no encuentra por donde escaparse hacia la superficie, hasta que encuentra conductos (zonas permeables entre las rocas) a través de los que asciende. Esto ocurre en el sector de La Playa y en mayor proporción, en la zona ITP-Lanceros. Así se forman lo que llamamos **zonas de descarga**.

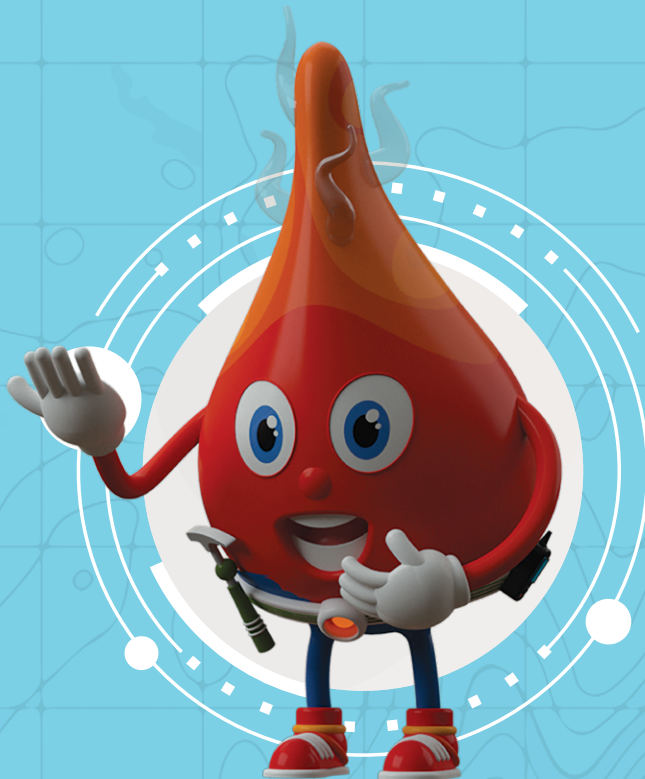


¿Y PODEMOS ESTAR SEGUROS DE QUE ESA

INTERPRETACIÓN ES CORRECTA?

Si. Hay una forma de hacerlo y para esto debemos excavar agujeros verticales con el fin de observar y hacer mediciones directas en rocas que están por debajo de la superficie. Si encontramos lo esperado, podemos decir que el modelo es correcto. Si no, se deben hacer ajustes a partir de las observaciones y mediciones. Estos modelos conceptuales o interpretaciones, son cambiantes y dependen de la cantidad y calidad de la información obtenida a través de la investigación geotérmica.





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.

Para terminar quiero invitarte a disfrutar algunas fotografías del área geotérmica de Paipa y animarte a buscar información sobre todos los manantiales termales de Colombia. ¿En dónde?

hidrotermales.sgc.gov.co

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.

MANANTIALES TE



RMMALES DE PAIPA

Panorámica del Lago Sochagota desde el oriente



Salpa

En la planta de beneficio de Sales de Paipa (SALPA), se localizan dos manantiales tibios (21°C) que registran la máxima concentración de sales, principalmente sulfato de sodio, y abundante descarga de gases. Estos gases desplazan el oxígeno del aire por lo cual es común encontrar insectos o aves muertas.





ITP-Lanceros

Esta es considerada la zona de descarga principal, teniendo en cuenta el caudal y número de manantiales termales. Entre estos manantiales están el Pozo Azul (54°C), que es el más representativo de este sistema geotérmico y el Ojo del Diablo, cuya temperatura es la máxima en el sector (70°C). Estos manantiales son del tipo sulfatado sódico, de pH neutro y se caracterizan por una alta salinidad y abundante descarga de gases.

Pozo Azul



Ojo del Diablo





La Playa

En el sector de La Playa, se encuentra otra zona de descarga de menor magnitud caracterizada por pocos manantiales de muy bajo caudal, a partir de lo cual se concluye una menor permeabilidad. Estos manantiales también son del tipo sulfatado sódico de pH neutro y se caracterizan por una baja descarga de gases. Entre estos se encuentran el manantial de El Batán que es el mayor temperatura (76°C) y más baja concentración de sales, entre los manantiales con temperatura superior a 50°C en este sistema geotérmico y el manantial de El Delfín, cuya temperatura es de 54°C.

El Batán



El Delfín





El Hervidero

El manantial tibio de El Hervidero (22°C) es un manantial dulce del tipo sulfatado sódico y pH ligeramente ácido. Este manantial se caracteriza por una descarga de gases permanente y abundante.



Olitas

El manantial de Olitas, localizado al sur del Alto de Los Volcanes, es un manantial tibio (23°C) de agua dulce del tipo bicarbonatado sódico y pH neutro, sin descarga de gases.

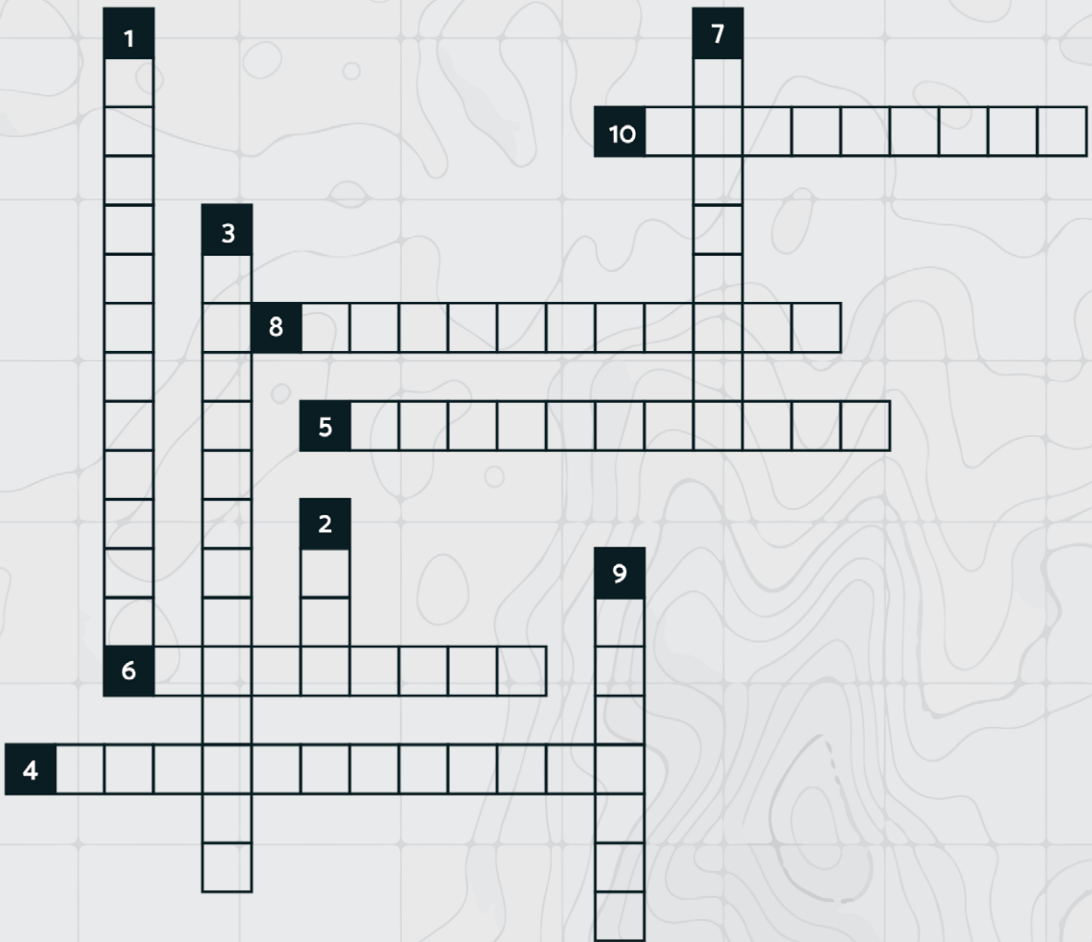
SOPA DE LETRAS

A	Y	M	U	E	R	F	K	U	W	A	A	S	E	Q	T	U	I	O	P
X	R	Z	E	N	E	R	G	I	A	G	E	O	T	E	R	M	I	C	A
O	P	U	T	P	C	P	E	Z	V	Y	S	A	A	M	G	A	M	A	K
I	N	A	T	R	A	I	S	Q	L	D	U	S	I	U	B	L	Y	A	L
G	L	R	A	A	R	I	V	O	L	C	A	N	G	L	U	A	O	U	A
O	E	L	E	N	R	T	O	A	L	M	L	U	N	D	L	F	O	R	R
N	I	O	T	C	A	E	L	D	L	B	F	U	M	A	R	O	L	A	T
N	N	D	L	E	A	M	P	I	I	O	S	J	R	L	D	L	E	I	N
S	V	U	C	O	O	R	Y	M	L	U	S	M	R	O	E	L	O	L	E
F	E	U	I	D	G	U	G	G	E	I	L	T	A	S	P	A	N	E	C
O	S	E	E	F	H	I	R	A	W	T	F	F	I	D	M	A	T	E	A
R	T	O	Z	T	O	Y	A	L	G	U	K	C	R	R	A	L	V	E	R
M	I	O	L	R	E	G	I	O	N	A	N	D	I	N	A	L	N	K	E
A	G	D	C	S	A	C	S	I	N	E	R	A	C	F	R	O	U	O	L
C	A	M	A	L	G	T	O	H	O	K	I	J	Z	L	I	A	F	N	L
I	C	E	S	L	O	T	U	B	N	H	E	U	O	D	H	P	K	R	I
O	I	A	Z	E	T	H	I	D	R	O	T	E	R	M	A	L	I	A	D
N	O	F	D	E	S	C	A	R	G	A	A	Y	J	U	R	A	L	M	R
E	N	M	S	U	L	F	A	T	O	S	J	U	R	Y	I	O	O	D	O
S	L	G	R	A	D	I	E	N	T	E	T	E	R	M	I	C	O	N	C

1. TEMPERATURA
2. ENERGÍA GEOTÉRMICA
3. DESCARGA
4. MAGMA
5. FLUIDO
6. HIDROTHERMAL
7. FORMACIONES
8. RECARGA
9. INVESTIGACIÓN

10. SULFATOS
11. VAPOR
12. FUMAROLA
13. ARENISCAS
14. GEOLOGÍA
15. CORDILLERA CENTRAL
16. REGIÓN ANDINA
17. GRADIENTE TÉRMICO
18. VOLCÁN

CRUCIGRAMA



1. INVESTIGADOR FRANCÉS
2. ENTIDAD ENCARGADA DE INVESTIGAR LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS
3. ES UN ESTUDIO PARA CONOCER EL SISTEMA GEOTÉRMICO
4. CUÁL ES LA ROCA DOMINANTE EN LA ZONA DEL SISTEMA
5. ES UNA CARACTERÍSTICA DE LA CAPA SELLO
6. ALTO DE LOS...
7. LA PLAYA ES UNA ZONA DE...
8. PRINCIPAL ZONA DE DESCARGA DEL SISTEMA GEOTÉRMICO DE PAIPA
9. ES EL MANANTIAL CON MAYOR TEMPERATURA EN EL MUNICIPIO DE PAIPA
10. LA ZONA DE RECARGA SE CONFORMA DE ROCAS....

**SERVICIO
GEOLOGICO
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