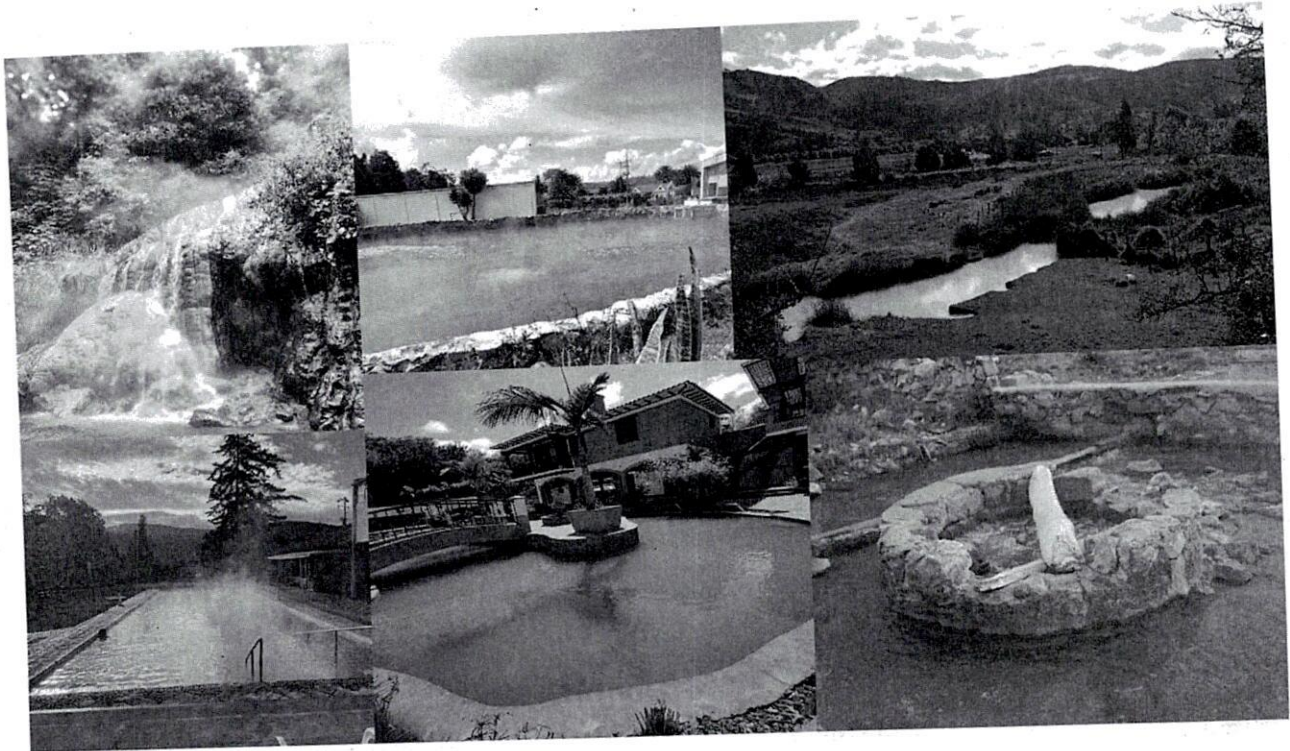


**Caracterización de las Manifestaciones Hidrotermales en Jurisdicción de  
CORPOBOYACA.**



**Realizó: Lina Tatiana Cardenas Diaz  
Susan Julieth Hurtado Ojeda  
Revisó: Jhon Michel Fonseca Rodríguez  
VoBo: Amílcar Iván Piña Montañez**

**Tabla de Contenido**

|                                                                                                                            | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. INFORMACION GENERAL.....                                                                                                | 5           |
| 2. MARCO GENERAL DE HERRAMIENTAS DE GESTION.....                                                                           | 5           |
| 2.1. Marco normativo y legal.....                                                                                          | 5           |
| 2.2. Actores involucrados.....                                                                                             | 8           |
| 2.3. Instrumentos de planificación.....                                                                                    | 9           |
| 3. LOCALIZACION.....                                                                                                       | 10          |
| 4. ESTADO DEL ARTE DE LAS AGUAS TERMOMINERALES.....                                                                        | 12          |
| 5. ORIGEN DEL SISTEMA DE AGUAS TERMOMINERALES.....                                                                         | 13          |
| 5.1. Geología.....                                                                                                         | 13          |
| 5.2. Modelo estructural.....                                                                                               | 13          |
| 5.3. Hidrogeología.....                                                                                                    | 14          |
| 6. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES TERMALES.....                                                                                | 14          |
| 6.1. Fuentes Termales en el Municipio del Espino.....                                                                      | 14          |
| 6.2. Fuentes Termales en el Municipio del Güicán.....                                                                      | 16          |
| 6.3. Fuentes Termales en el Municipio de Moniquirá.....                                                                    | 17          |
| 6.4. Fuentes Termales en el Municipio de Pesca.....                                                                        | 18          |
| 6.5. Fuentes Termales en el Municipio de Motavita.....                                                                     | 19          |
| 6.6. Fuentes Termales en el Municipio de Tuta.....                                                                         | 20          |
| 7. Fuentes Termales en el Municipio de Zetaquirá.....                                                                      | 22          |
| 8. Fuentes Termales en el Municipio de Sáchica.....                                                                        | 29          |
| 9. Fuentes Termales en el Municipio de Iza.....                                                                            | 32          |
| 10. Fuentes Termales en el Municipio de Cuítiva.....                                                                       | 36          |
| 11. Fuentes Termales en el Municipio de Paipa.....                                                                         | 39          |
| 12. OFERTA, DEMANDA Y CALIDAD DE LAS FUENTES HÍDRICAS INVOLUCRADAS AL<br>SISTEMA DE AGUAS TERMOMINERALES DE ZETAQUIRA..... | 45          |
| 13. PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA.....                                                                                         | 34          |
| 14. PROYECTOS PROPUESTOS.....                                                                                              | 56          |
| 15. CONCLUSIONES.....                                                                                                      | 57          |



**Lista de figuras**

|                                                                                                             | <b>Pág.</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Figura 1.</b> Marco Institucional .....                                                                  | 10          |
| <b>Figura 2.</b> El Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales en el Departamento de Boyacá ..... | 11          |
| <b>Figura 3.</b> Distribución de Cuencas en el Departamento de Boyacá.....                                  | 14          |
| <b>Figura 4.</b> Fuente Termal en el Municipio del Espino.....                                              | 15          |
| <b>Figura 5.</b> Localización de la fuente termal del municipio El Espino.....                              | 16          |
| <b>Figura 6.</b> Fuentes Termales en el Municipio del Güicán .....                                          | 16          |
| <b>Figura 7.</b> Geología y ubicación de la fuente termal del municipio Güicán .....                        | 17          |
| <b>Figura 8.</b> Fuentes Termales en el Municipio de Moniquirá .....                                        | 18          |
| <b>Figura 9.</b> Geología y ubicación de la fuente termal del municipio Moniquirá.....                      | 18          |
| <b>Figura 10.</b> Fuentes Termales en el Municipio de Pesca .....                                           | 19          |
| <b>Figura 11.</b> Geología y ubicación de la fuente termal del municipio Pesca.....                         | 19          |
| <b>Figura 12.</b> Fuentes Termales en el Municipio de Motavita .....                                        | 20          |
| <b>Figura 13.</b> Geología y ubicación de la fuente termal del municipio Motavita.....                      | 20          |
| <b>Figura 14.</b> Fuentes Termales en el Municipio de Tuta .....                                            | 21          |
| <b>Figura 15.</b> Geología y ubicación de la fuente termal del municipio Tuta.....                          | 21          |
| <b>Figura 16.</b> Localización de la fuente termal del municipio Zetaquirá.....                             | 22          |
| <b>Figura 17.</b> Geología y ubicación de las fuentes termales del municipio de Zetaquirá.....              | 23          |
| <b>Figura 18.</b> Análisis fisicoquímicos sobre las aguas termales en el municipio de Zetaquirá.....        | 24          |
| <b>Figura 19.</b> Geología y ubicación de las fuentes termales en el municipio de Sáchica.....              | 29          |
| <b>Figura 20.</b> Geología y ubicación de las fuentes Termales en el Municipio de Iza.....                  | 32          |
| <b>Figura 21.</b> Geología y ubicación de las fuentes Termales en el Municipio de Cuitiva.....              | 36          |
| <b>Figura 22.</b> Localización Sistema de aguas termominerales de Paipa.....                                | 39          |
| <b>Figura 23.</b> Geología del área Geotérmica de Paipa.....                                                | 40          |
| <b>Figura 24.</b> Representación gráfica del sistema geotérmico de Paipa.....                               | 41          |

**Lista de tablas**

|                                                                                                                      | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tabla 1.</b> Marco Normativo Sistema de aguas Termominerales.....                                                 | 5           |
| <b>Tabla 2.</b> Actores involucrados en el proceso de gestión del Sistema integrado de Termominerales de Boyacá..... | 8           |
| <b>Tabla 3.</b> Instrumentos de planificación, política nacional para la gestión del recurso hídrico.....            | 9           |
| <b>Tabla 4.</b> Localización de las fuentes termales en Jurisdicción de CORPOBOYACA.....                             | 11          |
| <b>Tabla 5.</b> Clasificación Hidrogeológica, de las Formaciones en el área de Zetaquirá.....                        | 24          |
| <b>Tabla 6.</b> Inventario de fuentes termales Municipio de Zetaquirá.....                                           | 25          |
| <b>Tabla 7.</b> Inventario de fuentes termales Municipio de Sáchica.....                                             | 29          |
| <b>Tabla 8.</b> Inventario de fuentes termales Municipio de Iza.....                                                 | 33          |
| <b>Tabla 9.</b> Análisis Físicoquímico de Manantial de Termales El Batán, en Cuítiva.....                            | 37          |
| <b>Tabla 10.</b> Puntos de agua termomineral, sector de Paipa.....                                                   | 43          |
| <b>Tabla 11.</b> Inventario de Manifestaciones Hidrotermales en Jurisdicción de CORPOBOYACA.....                     | 45          |
| <b>Tabla 12.</b> Matriz de Impactos en torno al sistema de aguas termominerales.....                                 | 49          |
| <b>Tabla 14.</b> Proyectos formulados Corpoboyacá, 2011.....                                                         | 56          |



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

|                |                                                                                      |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Título Informe | Caracterización de las Manifestaciones Hidrotermales en Jurisdicción de CORPOBOYACA. |
| Interesado     | CORPOBOYACA                                                                          |
| Fecha          |                                                                                      |

## 2. MARCO GENERAL DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

A continuación, se presenta una descripción del marco normativo, los actores involucrados en la planificación, gestión y los instrumentos de planificación que hacen parte de la política nacional del recurso hídrico en marco de la gestión del recurso termomineral del Departamento de Boyacá.

### 2.1 Marco Normativo y legal

**Tabla 1. Marco Normativo Sistema de aguas Termominerales.**

| Normativa                                | Determinaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Constitución Política de Colombia</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Artículo 8                               | Obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Artículo 79                              | Elevo a rango constitucional la obligación que tiene el Estado de proteger el ambiente y el derecho que tienen todos los ciudadanos a gozar de un ambiente sano. Así mismo establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.                                                                                    |
| Artículo 58                              | Establece una función ecológica inherente a la propiedad privada e incluso incluye el respeto por el derecho a un ambiente sano y la protección del ambiente enmarcados en los tratados internacionales que en materia ecológica se han reconocido (artículos 9, 94 y 226 C.N.).                                                                                                                                                                              |
| Artículo 80                              | Deber del Estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución y tomar las medidas necesarias de prevención y control de los factores de deterioro ambiental.                                                                                                                                                                                        |
| Artículo 333                             | Prevé la posibilidad de limitar la actividad económica cuando así lo exija el interés social, el ambiente y patrimonio cultural de la Nación; otorgándole al Estado, por intermedio de la ley, la potestad de intervenir en el aprovechamiento de los recursos naturales y en los usos del suelo, con el fin de lograr la preservación del ambiente y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, en concordancia a lo enunciado en el 334 Ibidem. |
| <b>Decreto-Ley 2811 de 1974</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Artículo 79                              | Son aguas minerales y medicinales las que contienen en disolución sustancias útiles para la industria o la medicina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Cap. II<br>Artículo 85                   | Salvos los derechos adquiridos, la nación se reserva la propiedad de aguas minerales y termales y su aprovechamiento se hará según lo establezca el reglamento.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Artículo 134                             | Corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Para dichos fines deberá: a). Realizar la clasificación de las aguas y fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas. A esta clasificación se someterá toda utilización de aguas. (...)                        |
| <b>Decreto 1541 de 1978 Capítulo III</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Artículo 179                             | EL Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -INDERENA-, tendrá a su cargo el estudio, exploración y control de la explotación de las aguas minero - medicinales, para lo cual coordinará sus labores con el Ministerio de Salud Pública y la Corporación Nacional de Turismo, con el objeto de inventariar, clasificar y evaluar su utilidad terapéutica, industrial y turística.                                               |
| Artículo 180                             | Las aguas minero - medicinales se aprovecharán preferentemente para destinarlas a centros de recuperación, balnearios y plantas de envase por el Estado o por particulares mediante concesión.                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Artículo 181                             | En toda concesión de aprovechamiento de aguas minero - medicinales deberá, además, establecerse como condición que, al término de esta, las construcciones e instalaciones y demás servicios revertirán al dominio del Estado en buenas condiciones de higiene, conservación y mantenimiento, sin indemnización alguna.                                                                                                                                       |
| <b>Ley 99 de 1993</b>                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Artículo 1                               | Dentro de los principios generales que debe seguir la política ambiental colombiana, definidos en su artículo 1ro, que la biodiversidad por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad debe ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.                                                                                                                                                                                       |
|                                          | Establece la naturaleza jurídica de las autoridades ambientales, con cuyo amparo CORPOBOYACA, ejerce la administración, conservación, fomento y reglamentación de las aguas superficiales y subterráneas, así como el estudio, seguimiento y monitoreo, control manejo y conservación de las cuencas hidrográficas, con el fin de procurar la sostenibilidad del recurso y el mejor servicio del                                                              |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | mismo, en sus diferentes usos al sostenimiento de las actividades domésticas y económicas en su jurisdicción.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Artículo 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | (...)<br>En cuanto las actividades reguladas por el Ministerio del Medio Ambiente puedan afectar la salud humana, esta función será ejercida en consulta con el Ministerio de Salud; y con el Ministerio de Agricultura, cuando pueda afectarse la sanidad animal o vegetal;<br>(...)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Artículo 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Se entiende por ordenamiento ambiental del Territorio para los efectos previstos en la presente ley, le función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación del uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Artículo 27, literal g.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Es función del Consejo Directivo de las Corporaciones Autónomas Regionales, aprobar la incorporación de las áreas de qué trata el numeral 16 del artículo 31 de esta ley.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Artículo 30.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Las Corporaciones Autónomas Regionales tendrán por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Artículo 31.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | funciones asigno a las Corporaciones Autónomas Regionales, las siguientes:<br><i>Ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente.</i><br>(...)<br>10) <i>Fijar en el área de su jurisdicción, los límites permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que puedan afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables y prohibir restringir o regular la fabricación, distribución, uso disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental. Estos límites, restricciones y regulaciones en ningún caso podrán ser menos estrictos que los definidos por el Ministerio del Medio Ambiente.</i><br>(...)<br>12) <i>Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos, estas funciones comprenden expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos concesiones, autorizaciones y salvoconductos;</i><br>16) <i>reservar, alinear, administrar en los términos y condiciones que fijen la ley y los reglamentos, los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional, y la de reglamentar respectivo uso y funcionamiento.</i><br>(...)<br>18) <i>Ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción, conforme a las disposiciones superiores y a las políticas nacionales."</i> |
| Artículo 42.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Prevé que la utilización directa o indirecta de la atmosfera, del agua y del suelo, para introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen, humos, vapores y sustancias nocivas que sean resultado de actividades antrópicas o propiciadas por el hombre, o actividades económicas o de servicio, sean o no lucrativas, se sujetara al pago de tasas retributivas por las consecuencias nocivas de las actividades expresadas. (...)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Resolución 1433 del 13 de diciembre de 2004, Ministerio de Ambiente y Desarrollo</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Estableciendo que el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos debe estar articulado con los objetivos y las metas de calidad y el uso que defina la Autoridad Ambiental para cada corriente, tramo o cuerpo de agua.                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Resolución 2145 del 23 de diciembre de 2005 Ministerio de Ambiente y Desarrollo</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Se hace necesario expedir un acto administrativo en el cual la Autoridad Ambiental defina los objetivos de calidad de la corriente, tramo o cuerpo receptor de vertimientos, como insumo para que las entidades prestadoras de servicio de alcantarillado formulen los respectivos Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del área de influencia a la corriente, tramo o cuerpo receptor. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Ley 1450 de 2011</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Artículo 211                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Establece que las tasas retributivas y compensatorias se aplicaran incluso a la contaminación causada por encima de los límites permisibles sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar. El cobro de esta tasa no implica en ninguna circunstancia la legalización del respectivo vertimiento.<br>Los recursos provenientes del recaudo de las tasas retributivas se destinarán a proyectos de inversión en descontaminación y monitoreo de la calidad del recurso respectivo. Para cubrir los gastos de implementación y seguimiento de la tasa, la autoridad ambiental competente podrá utilizar hasta el 10% de los recursos recaudados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



| <b>Decreto 1076 de 2015</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artículo 2.2.2.1.2.1                              | las áreas protegidas que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, que define así:<br>“(…) Áreas protegidas públicas:<br>a) Las del Sistema de Parques Nacionales Naturales;<br>b) Las Reserves Forestales Protectoras;<br>c) Los Parques Nacionales Regionales;<br>d) Los Distritos de Manejo Integrado;<br>e) Los Distritos de Conservación de Suelos;<br>f) Las Áreas de Recreación.<br>Áreas Protegidas Privadas:<br>g) Las Reserves Nacionales de la Sociedad Civil (…)”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Artículo 2.2.2.1.3.2                              | Establece que las áreas protegidas existentes deberán ajustar su denominación homologándose con las categorías allí definidas, para integrarse como áreas protegidas del Sinap, señalando: <i>‘Homologación de denominaciones. Las figuras de protección existentes para integrarse como áreas protegidas del SINAP, en caso de ser necesario deberán; Cambiar su denominación con el fin de homologarse con las categorías definidas en el presente decreto, para lo cual deberán enmarcarse y cumplir con los objetivos de conservación, los atributos, la modalidad de uso y demás condiciones previstas para cada categoría del SINAP’</i> , agregando que este procedimiento deberá adelantarse para las áreas existentes a la entrada de vigencia del decreto referido.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Artículo 2.2.2.1.2.5                              | Establece la categoría de Distritos de Manejo Integrado y las describe como: <i>“(…) Espacio geográfico. En el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute (…)</i> indicando además que: <i>“(…) La reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción de los Distritos de Manejo Integrado que alberguen paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional, corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales, a través de sus Consejos Directivos, en cuyo caso se denominarán Distritos Regionales de Manejo Integrado (…)”</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Artículo 2.2.3.2.17.1 4.                          | Aguas minerales y termales La Autoridad Ambiental competente, tendrá a su cargo la expedición de las autorizaciones para el aprovechamiento de las aguas minero – medicinales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Artículo 2.2.3.2.17.1 5                           | Preferencias de destino de las aguas mineromedicinales. Las aguas mineromedicinales se aprovecharán preferiblemente para destinarlas a centros de recuperación, balnearios y plantas de envase por el Estado o por particulares mediante concesión.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Artículo 2.2.3.2.17.1 6                           | Condición en la reversión. En toda concesión de aprovechamiento de aguas minero - medicinales deberá, además, establecerse como condición que, al término de la misma, las construcciones e instalaciones y demás servicios revertirá al dominio del Estado en buenas condiciones de higiene, conservación y mantenimiento, indemnización alguna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Artículo 2.2.3.3.1.3                              | se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:<br>Objetivo de calidad. <Definición modificada por el artículo 2 del Decreto 50 de 2018. El nuevo texto es el siguiente:> Conjunto de criterios de calidad definidos para alcanzar los usos del agua asignados en un horizonte de tiempo determinado, en un sector o tramo específico de un cuerpo de agua. (…)”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Artículo 2.2.3.3.1.4                              | El ordenamiento del recurso hídrico es un proceso de planificación mediante el cual se fija la destinación y usos de los cuerpos de agua continentales superficiales y marinos, se establecen las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales y conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies. Para el ordenamiento la autoridad ambiental competente deberá:<br>1. Establecer la clasificación de las aguas.<br>2. Fijar su destinación y sus posibilidades de uso, con fundamento en la priorización definida por el artículo 2.2.3.2.7.6.<br>3. Definir los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo.<br>4. Establecer las normas de preservación de la calidad del recurso para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.<br>5. Determinar los casos en que deba prohibirse el desarrollo de actividades como la pesca, el deporte y otras similares, en toda la fuente o en sectores de ella, de manera temporal o definitiva.<br>6. Fijar las zonas en las que se prohibirá o condicionare la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseosos, provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales y marinas.<br>7. Establecer el programa de seguimiento al recurso hídrico, con el fin de verificar la eficiencia y efectividad del ordenamiento del recurso. |
| <b>Decreto 554 de 2015, Normatividad de Salud</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Artículo 6                                        | El Ministerio de Salud y Protección Social definirá los parámetros de calidad físico-químicos y microbiológicos del agua contenida en estanque de piscinas (…)<br>Parágrafo. Los parámetros generales físicoquímicos y microbiológicos del agua no serán exigibles a los estanques que almacenen aguas termales y de usos terapéuticos. El Ministerio de Salud y Protección Social definirá dichos parámetros. (…)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



| <b>Resolución número 5757 de 2015 del Ministerio de Salud y Protección Social</b>                                                                                                                                             |                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artículo 16                                                                                                                                                                                                                   | establecen los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua utilizada en el estanque de piscinas |
| <b>Resolución 631 del 17 de Marzo de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</b>                                                                                                                                  |                                                                                                             |
| Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. |                                                                                                             |
| <b>Resolución 3382 del 01 de Octubre de 2016, CORPOBOYACÁ</b>                                                                                                                                                                 |                                                                                                             |
| Por medio de la cual se adoptan los criterios de calidad del recurso hídrico dentro de la jurisdicción de CORPOBOYACÁ.                                                                                                        |                                                                                                             |
| <b>Resolución 1315 del 12 de Agosto de 2020, CORPOBOYACÁ</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                                             |
| Por medio de la cual se modifica parcialmente la resolución 3382 del 01 de octubre del 2015, y se dictan otras disposiciones                                                                                                  |                                                                                                             |
| <b>Resolución 1724 del 20 de Octubre de 2020, CORPOBOYACÁ</b>                                                                                                                                                                 |                                                                                                             |
| Se establecen los Objetivos de Calidad de agua en la corriente principal de la Cuenca Alta y Media del Río Chicamocha.                                                                                                        |                                                                                                             |

**2.2 Actores Involucrados**

Los actores involucrados y las competencias de cada uno de ellos entorno a la participación de toma de decisiones de las aguas termominerales, se presentan en la tabla 2 y figura 1.

**Tabla 2.** Actores involucrados en el proceso de gestión Aguas Termominerales en el departamento de Boyacá.

| Institución                                                                                       | Competencias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible                                                    | Encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible, orientar el proceso de formulación de políticas para regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente; fijar las pautas para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas; establecer los límites máximos permisibles de vertimientos; fijar el monto mínimo de las tasas ambientales; y regular el manejo del recurso en zonas marinas y costeras, entre otros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM                              | Establecimiento público de carácter nacional adscrito al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, encargado del levantamiento y manejo de la información científica y técnica relacionada, entre otros temas, con hidrología, hidrogeología, meteorología y ecosistemas, realiza estudios e investigaciones y emite conceptos en dichas materias, así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de la planificación y el ordenamiento del territorio. apoya el trabajo de las autoridades ambientales regionales para el desarrollo de las funciones relativas al ordenamiento, manejo y uso del agua; también coordina el Sistema de Información Ambiental.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Servicio Geológico Colombiano – SGC                                                               | Instituto científico y técnico, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, que hace parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación-SNCTI y tiene por objeto realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo; adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico; administrar la información del subsuelo; garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país; coordinar proyectos de investigación nuclear y el manejo y la utilización del reactor nuclear de la Nación. Generar e integrar conocimientos y levantar, compilar, validar, almacenar y suministrar, en forma automatizada y estandarizada, información sobre geología, recursos del subsuelo y amenazas geológicas, de conformidad con las políticas del Gobierno Nacional. [...] Realizar la identificación, el inventario y la caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo, tales como minerales, hidrocarburos, aguas subterráneas y recursos geotérmicos, entre otros. |
| Corporaciones Autónomas Regionales                                                                | Son la máxima autoridad en el área de su jurisdicción y tienen por objeto la ejecución de políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Entidades Territoriales                                                                           | Los departamentos, municipios y territorios indígenas, tienen a su cargo funciones de promoción y ejecución de programas y políticas ambientales, la expedición de disposiciones necesarias para el control, la preservación y la defensa del patrimonio ecológico de sus territorios, la dirección y coordinación de las actividades de control y vigilancias ambientales, y la promoción, cofinanciación y ejecución de obras y proyectos relacionados con el adecuado manejo y aprovechamiento de las cuencas hidrográficas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Autoridades Sanitarias y Prestadoras del Servicio y/o involucrados que dependan del uso del agua. | Secretaría de salud del departamento de Boyacá, seguimiento los centros recreativos que usan agua termomineral.<br>Centros recreativos, quienes deben dar cumplimiento a las obligaciones dadas en la resolución de concesión.<br>ADR, Dar cumplimiento al plan de Manejo ambiental de la licencia ambiental otorgada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

FUENTE: Modificado de la guía para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos, 2014 y del plan nacional de gestión integral de recurso hídrico, 2010.



### 2.3 Instrumentos de planificación

Como parte de la planificación de cuencas y acuíferos dentro del territorio nacional, en el decreto 1640 de 2012 (compilado en el decreto 1076 de 2015), se reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos que son (Ver tabla 3 y figura 1):

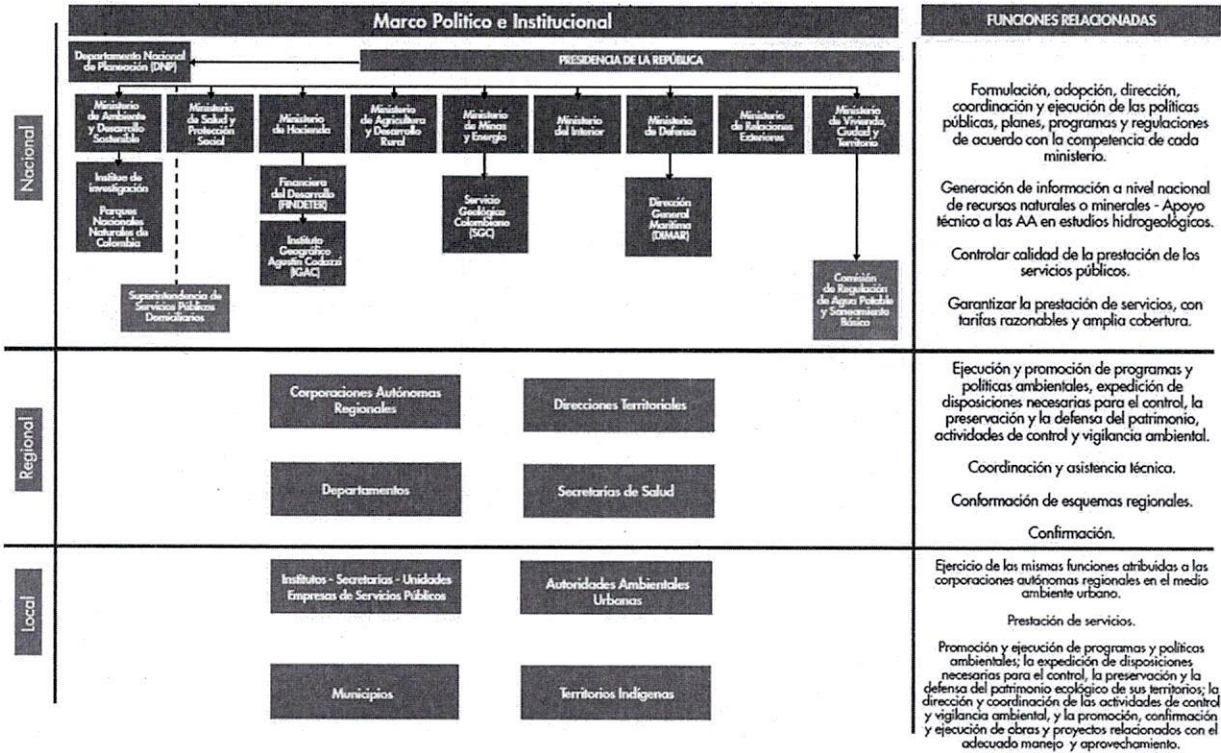
- Los planes estratégicos en las cinco macrocuencas o áreas hidrográficas
- El programa nacional de monitoreo del recurso hídrico en las zonas hidrográficas
- Los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA) en subzonas hidrográficas o de nivel subsiguiente.
- Los planes de manejo ambiental de microcuencas en el nivel inferior al subsiguiente
- Los planes de manejo ambiental de acuíferos.

**Tabla 3.** Instrumentos de planificación, política nacional para la gestión del recurso hídrico.

| Instrumento de planificación                   | Objeto                                                                                                   | Participantes                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planes estratégicos                            | Establecer lineamientos concertados de planificación a nivel de macrocuenca.                             | Ministerios, Institutos de investigación, Autoridades Ambientales Competentes, Gobernaciones, gremios y organizaciones no gubernamentales (ONG) nacionales, cormagdalena. |
| Programa Nacional de Monitoreo                 | Red Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (cantidad y calidad)                                       | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, institutos de Investigación (IDEAM, INVEMAR), Autoridades Ambientales Competentes.                                        |
| Planes de ordenación y manejo de cuencas POMCA | Ordenación y manejo del recurso hídrico y de los recursos naturales que hay en la cuenca objeto de plan. | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Autoridades Ambientales Competentes, Gobernaciones, Alcaldías, gremios y ONG regionales                                   |
| Plan de manejo ambiental de Acuíferos          | Medidas de manejo y protección ambiental de los acuíferos priorizados                                    | Autoridades Ambientales Competentes, Alcaldías, gremios, asociaciones de usuarios locales                                                                                 |
| Planes de Manejo Ambiental de microcuencas     | Medidas de manejo y protección de las microcuencas prioritarias                                          | Autoridades Ambientales Competentes, Alcaldías, gremios, asociaciones de usuarios locales                                                                                 |

**Fuente.** Modificado de Política nacional para la gestión del recurso hídrico, 2010.

**Figura 1.** Marco Institucional



**Fuente:** Programa Nacional de Aguas Subterráneas. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2014

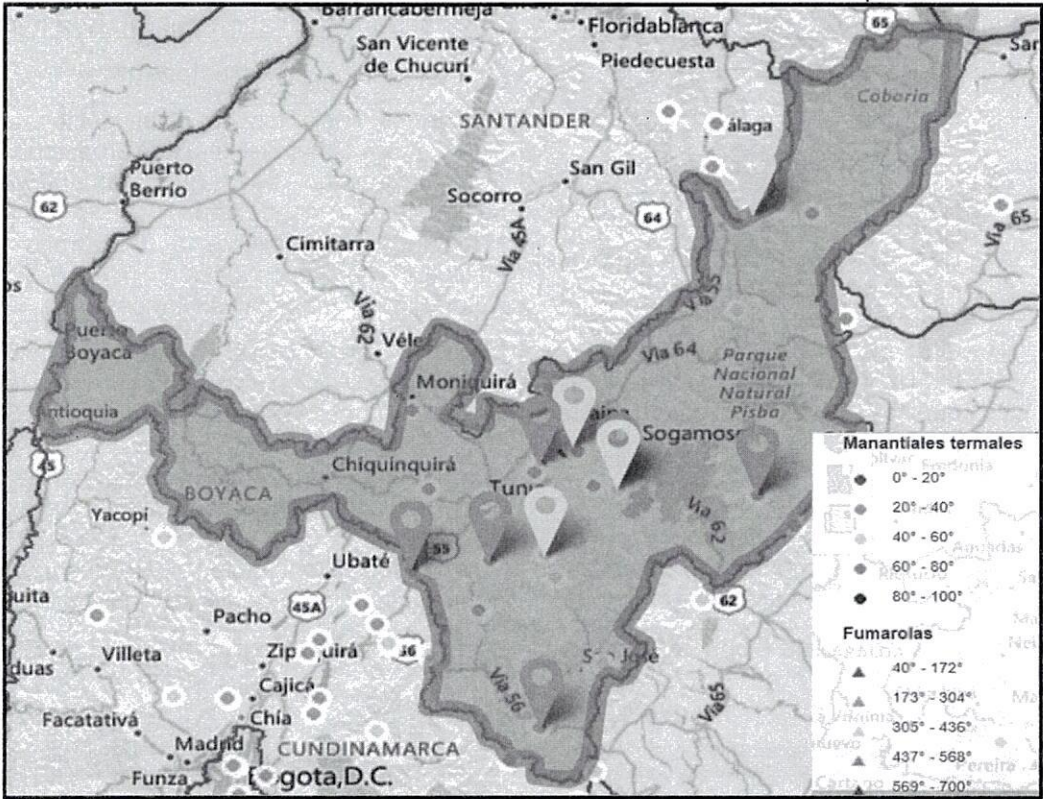


3. LOCALIZACIÓN

Las fuentes termominerales objeto del presente informe corresponde a las inventariadas por el Servicio Geológico Colombiano y la Corporación Autónoma Regional de Boyacá.

De acuerdo con lo anterior el Servicio Geológico Colombiano, en cumplimiento de sus funciones misionales y mediante la actividad de Exploración de Recursos Geotérmicos, cuenta con el “Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales”. En el cual se han reportado las fuentes termales en veintiuno (21) de los municipios del Departamento de Boyacá. La mayoría de estos manantiales se encuentran en zona rural y no presentan desarrollo de infraestructura para su aprovechamiento; otros, están en zona urbana y son utilizados como sitios de turismo y recreación. (Smith & Capera, 2003 en Puerto & Daza, 2009). Ver figura 2.

Figura 2. El Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales en el Departamento de Boyacá.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

A continuación, se presenta la localización de las fuentes termominerales inventariadas por el SGC en Jurisdicción de CORPOBOYACA.

Tabla 4. Localización de las fuentes termales en Jurisdicción de CORPOBOYACA.

| PROVINCIA | MUNICIPIO | VEREDA         | FUENTE TERMAL  | LATITUD     | LONGITUD     | ALTURA | PLANCHA 1:25000 | CUENCA HIDROGRAFICA |
|-----------|-----------|----------------|----------------|-------------|--------------|--------|-----------------|---------------------|
| GUTIERREZ | El Espino | La Burrera     | Las Salinitas  | 6°48'32.26" | 72°52'35.73" | 1795   | 137-III-D       | Rio Nevado          |
|           | Güicán    | San Luis       | El Chorro      | 6°27'43.00" | 72°25'45"    | 2525   | 137-IV-C        | Rio Mosco           |
| NORTE     | San Mateo | Chapetón       | Salinitas      | 6°27'35.86" | 72°35'56.22" | 1348   | 136-IV-C        | Rio Nevado          |
| RICAURTE  | Moniquirá | Coralito       | El Salitre     | 5°83'60.19" | 73°58'03.47" | 1675   | 170-IV-B        | Rio Moniquirá       |
|           | Sáchica   | Ritoque        | El pozo        | 5°58'85.13" | 73°52'90.33" | 2181   | 191-I-C         | Rio Sáchica         |
| LENGUPA   | Zetaquirá | Patanoa        | Agua caliente  | 5°30'43.41" | 73°16'41.21" | 1497   | 210-II-A        | Rio Mueche          |
|           | Zetaquirá | Centro Rural   | El Ocho        | 5°17'58.15" | 73°10'5.65"  | 1386   | 210-II-A        | Rio Mueche          |
| SUGAMUXI  | Iza       | Aguascalientes | Erika          | 5°36'42.43" | 72°59'22.95" | 2600   | 192-I-A         | Rio Tota            |
|           | Cuitiva   | La Vega        | El Batán       | 5°35'14.0"  | 72°59'03.6"  | 2440   | 191-I-C         | Rio Tota            |
|           | Pesca     | Nocuata        | Las Moyas      | 5°59'62.25" | 73°05'63.14" | 2745   | 191             | Rio Pesca           |
|           | Paipa     | La Esperanza   | Ojo del Diablo | 5°45'22.7"  | 73° 6'37.5"  | 2442   | 171-IV-D        | Q. Honda            |
|           | Paipa     | La Esperanza   | Pozo Azul      | 5°45'25.7"  | 73° 6'33.7"  | 2412   | 171-IV-D        | Q. Honda            |
|           | Paipa     | La Esperanza   | Pozo Inundado  |             |              | 2495   | 171-IV-D        | -----               |



|         |          |                |                   |             |              |       |          |                |
|---------|----------|----------------|-------------------|-------------|--------------|-------|----------|----------------|
| TUNDAMA | Paipa    | La Esperanza   | Pozo Escondido    | 5°45'22,0"  | 73° 6'38,4"  | ----- | 171-IV-D | -----          |
|         | Paipa    | La Playa       | El Delfín         | 5°43'45,41" | 73° 6'49,47" | 2418  | 171-IV-D | Q. Honda       |
|         | Paipa    | La Playa       | El Delfín II      | 5°43'42,47" | 73°6'48,94"  | 2545  | 171-IV-D |                |
|         | Paipa    | La Playa       | La Playa          | 5°43'26,85" | 73°6'56,61"  | 2420  | 171-IV-D | Q. Honda       |
|         | Paipa    | Quebrada Honda | Olitas            | 5°41'41,69" | 73°6'42,39"  | 2540  | 171-IV-D | Q. Salitre     |
|         | Paipa    | Quebrada Honda | M-125             | 5°42'25,61" | 73°05'57,9"  | ----- | 171-IV-D | -----          |
| CENTRO  | Motavita | Centro Rural   | Colegio Salesiano | 5°55'93.59" | 73°37'01.15" | 2702  | 191-I-D  | Q. El infierno |
|         | Tuta     | El Alcaparro   | Tuta              | 5°63'48.25" | 73°22'94.67" | 2650  | 191-II-A | Rio Chicamocha |

**Fuente: CORPOBOYACA 2022**

Por lo tanto, Corpoboyacá en pro de caracterizar las fuentes termominerales de su jurisdicción ha realizado inspecciones técnicas a las fuentes termales de los siguientes municipios: Zetaquirá, Iza, Cuitiva, Sáchica y Paipa. (El municipio de paipa cuenta con el informe titulado "Análisis de la información existente como instrumento para la gestión y planificación en el sistema integrado de aguas termominerales de paipa, 2021", el cual puede ser consultado en el siguiente link <https://drive.google.com/drive/folders/1Oc54LniFZCcU30yP03UZIEHyfKGI4mW?usp=sharing> )

#### 4. ESTADO DEL ARTE DE LAS AGUAS TERMOMINERALES

La descripción del estado del arte se realizó de acuerdo con las actividades de los entes involucrados en el proceso de gestión del sistema de aguas termominerales en Jurisdicción de CORPOBOYACA.

##### 4.1 Información secundaria disponible

###### 4.1.1 Ministerio de ambiente y desarrollo Sostenible

Como ente encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, en torno a la gestión de las aguas termominerales ha realizado los siguientes aportes:

- Definición de la política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) que establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, 2010.
- Documento "lineamientos para el aprovechamiento de aguas minero medicinales", 2018.
- Documento "lineamientos de buenas prácticas relacionadas con el monitoreo de aguas subterráneas, orientados a las autoridades ambientales", 2018.
- Presentación el 30 de abril del 2021 sobre Ejercicio desarrollado por Min ambiente en el año 2018, en relación con el aprovechamiento de las aguas mineromedicinales.

###### 4.1.2 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

Como parte de la política de gestión integral del recurso hídrico, el IDEAM lidera el Programa Nacional de Aguas Subterráneas (PNASUB), el cual se ha permitido diseñar y promover la implementación de líneas de acción del nivel nacional y regional, para hacer posible la evaluación, administración, manejo y aprovechamiento sostenible del agua subterránea en Colombia. Para esto se cuenta con los siguientes aportes a la gestión de las aguas termominerales:

- Documento información general de la red básica nacional de monitoreo de aguas subterráneas – RBASUB,
- Documento "Estado actual de la Red Básica Nacional de Aguas Subterráneas y la Red Nacional de Isotopía", 2020.
- Documento "información general de la red básica nacional de aguas subterráneas (RNASUB) IDEAM – autoridades regionales ambientales".



#### **4.1.3 Servicio Geológico Colombiano – SGC**

El Servicio Geológico Colombiano – SGC, ha realizado estudios entorno a las aguas subterráneas del área de estudio.

ACOSTA, J., SOLANO, O. & RODRÍGUEZ, A. 1999. Geología del departamento de Boyacá. Compilación. Mapa. INGEOMINAS.

ALFARO, C.M. 2002a. Geoquímica del Sistema Geotérmico de Paipa. Informe Técnico. 37 págs. INGEOMINAS. Bogotá.

FORERO, H. 1958. Fuentes Termales en Colombia. Informe No. 1295. Investigación de geología económica. Servicio Geológico Nacional. Bogotá.

Inventario Nacional de Manantiales Termales fase 2010, Departamento de Boyacá, Santander y Norte de Santander. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras.

MONTOYA A. 1979. Aguas termales de Zetaquirá. Informe. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. Sogamoso.

RENZONI, G. & ROSAS, H. 1967. Geología de la Plancha 171 – Duitama. INGEOMINAS. Bogotá.

RENZONI, G., ROSAS, H. & ETAYO, F. 1998. Geología de la Plancha 191 – Tunja. INGEOMINAS. Bogotá.

#### **4.1.4 Corporación Autónoma Regional de Boyacá-CORPPOBOYACA.**

- Actualización del POMCA, Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Alto Chicamocha – NSS (2403-01), fases de Formulación, Aprestamiento, Diagnostico, Prospectiva y Zonificación.

### **5. ORIGEN DEL SISTEMA DE AGUAS TERMOMINERALES EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA.**

De acuerdo con el informe del Servicio Geológico Colombiano “Inventario Nacional de Manantiales Termales fase 2010, Departamento de Boyacá.” se presenta una descripción del sistema de aguas termominerales desde el contexto geológico-científico, con el cual se busca contextualizar acerca del origen del sistema de aguas termominerales de Boyacá.

En el departamento de Boyacá las aguas termominerales tienen el uso principalmente recreativo y medicinal.

#### **5.1. Geología**

De acuerdo con el INGEOMINAS (2000), *“el Departamento de Boyacá está localizado en la parte central de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, en el área se han reconocido lito-unidades metamórficas, ígneas y sedimentarias con edades que oscilan entre el Precámbrico y el Reciente”.*

Así mismo el SGC menciona; *“Los sistemas geotérmicos de Boyacá constan fundamentalmente de una anomalía térmica o fuente de calor localizada en profundidad, un reservorio propiciado por litologías permeables o estructuras geológicas favorables al flujo y acumulación de agua, proveniente mayoritariamente de agua meteórica”*

Por lo tanto, las aguas termominerales adquieren su composición química mediante un proceso complejo, donde intervienen factores de tipo químico-físico, geológico, hidrogeológico, geomorfológico (Fagundo, 1990 en Sánchez, 2000). Estos sistemas constituyen una de las principales fuentes naturales de metales para el ambiente.



## 5.2. Modelo Estructural

Según Ítalo Reyes esta zona presenta *“una tectónica compleja representada por pliegues Sinclinales y Anticlinales dislocados por fallas de tipo inverso, generadas como respuesta a los esfuerzos compresivos regionales a las que estuvo sometido el sector en la orogenia andina, ocurrida durante el Mioceno, las que siguen una dirección paralela a los ejes de las principales estructuras y fallas normales que cortan las anteriores, desarrolladas en una fase posterior de distensión de esfuerzos. Las fallas y pliegues presentan una orientación predominante NE-SW correspondiente a la directriz tectónica de la cordillera oriental en el departamento de Boyacá”*.

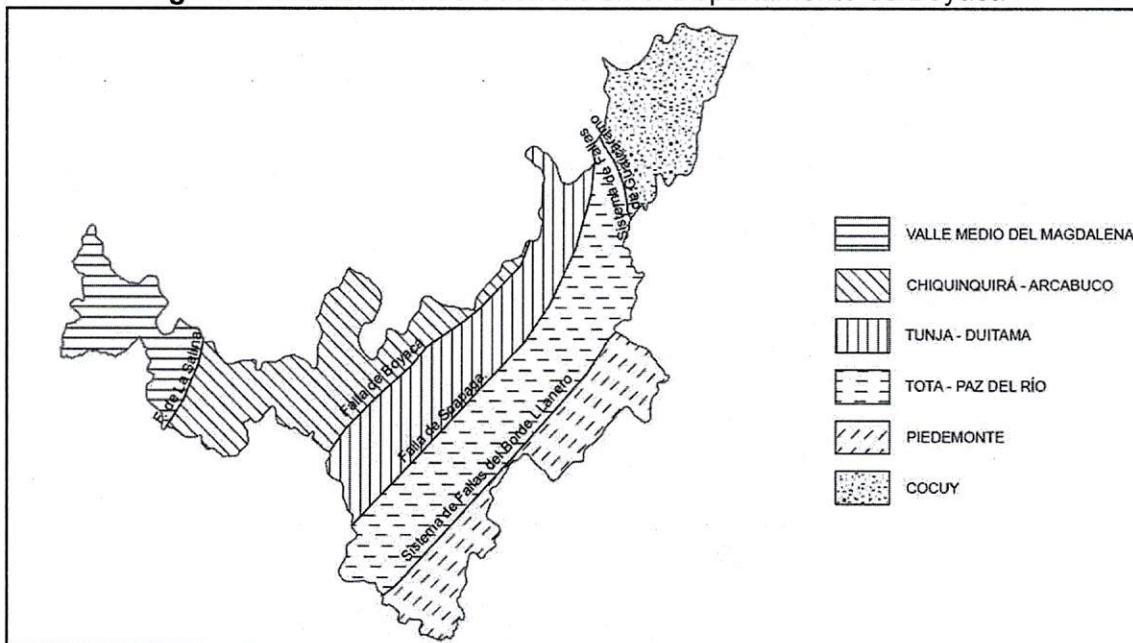
Como consecuencia de alto grado de tectonismo se presenta intenso fracturamiento de las formaciones competentes y desordenes estratigráficos como la disminución aparente del espesor de las formaciones involucradas y perdida de la secuencia normal a lo largo del Río Chicamocha.

El Bloque Chiquinquirá – Arcabuco se encuentra limitado al occidente por la Falla de La Salina y al oriente por la Falla de Boyacá. Enmarcados en estas estructuras fueron inventariadas dos fuentes termales, de occidente a oriente, en el Municipio de Moniquirá y en el Municipio de Sáchica.

El Bloque Tunja – Duitama se encuentra limitado por las fallas de Boyacá al occidente y la Falla de Soápara al oriente. En total fueron inventariados 13 manantiales termales, dentro de los cuales están los termales salados de Paipa.

El Bloque Tota – Paz de Río se encuentra limitado por la Falla de Soápara al occidente y las fallas de Santa María, Lengupá y Guaicáramo al oriente. En este bloque fueron inventariados nueve manantiales termales.

**Figura 3.** Distribución de Cuencas en el Departamento de Boyacá



**Fuente:** (Tomado Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, año 1999 INGEOMINAS escala 1:250.000)

## 5.3. Hidrogeología

A nivel hidrogeológico, el departamento de Boyacá se encuentra en la provincia hidrogeológica de la cordillera Oriental.

A su vez hidrológicamente el departamento se divide en subzonas hidrográficas, que llevan sus aguas a ríos importantes como el río Magdalena, Suárez, Chicamocha, Arauca, Meta y además por las subcuencas de los ríos Guavio, Cravo Sur, Lengupá, Upía, Cusiana y Pauto.



## 6. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES TERMOMINERALES DEL DEPARTAMENTO DE BOYACA EN JURISDICCIÓN DE CORPOBOYACA.

Se consideran aguas termominerales a las que emanan del suelo con más de 5°C que la temperatura superficial, las cuales circulan a través de estratos subterráneos de la corteza terrestre que se encuentran a mayor temperatura producto del gradiente geotérmico de la tierra, y/o por otra fuente de calor disponible, luego ascienden y afloran en superficie.

*Estas aguas son ricas en diferentes componentes energéticos, mineralización, radiactividad, gases y variaciones de PH que permiten su utilización entre ellos balneología, cultivo de peces, calefacción, agricultura, procesos industriales, aplicaciones medicinales, generación de energía etc. Así mismo podemos clasificarlas según su temperatura, origen geológico, composición química y composición en minerales.*

Con el fin de avanzar en la caracterización en su jurisdicción Corpoboyacá en el año 2022 realizó inspección técnica de las fuentes termominerales que hacen parte de los siguientes municipios: Zetaquirá, Iza, Cuitiva y Sáchica.

así mismo como parte del contrato de servicios No. CDS 2020-426, celebrado entre Corpoboyacá y unión temporal Proalquim, realizó el monitoreo y caracterización de las fuentes termominerales en la jurisdicción de Corpoboyacá.

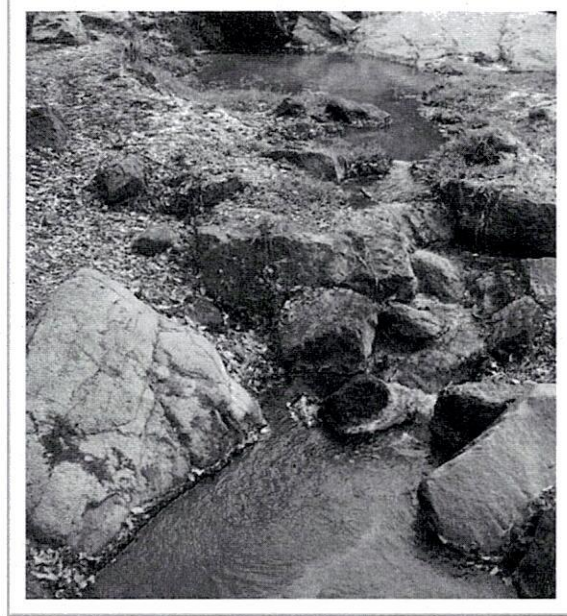
A continuación, se presentan las principales características de las fuentes termominerales de acuerdo con información secundaria recopilada del Inventario Nacional de Manantiales hidrotermales presentado por el SGC e información primaria obtenida de las fuentes inspeccionadas por Corpoboyacá en el año 2022.

### 6.1. Fuentes Termales en el Municipio de El Espino

El Espino es un municipio que hace parte de la provincia de Gutiérrez, ubicado en la parte nororiental del departamento de Boyacá, presenta una fuente termal en la vereda La Burrera, en el sector conocido como La Salinita (Figura 4).

El acceso a esta fuente termal es desde la cabecera municipal del Espino vía Capitanejo, aproximadamente 3 Km, hasta la finca del Sr. Caicedo, para luego descender a pie hasta el cauce del río Nevado, donde se encuentran varios nacimientos de agua termal.

**Figura 4.** Fuente Termal en el Municipio de El Espino



**Fuente:** Servicio Geológico Colombiano – SGC

*El manantial termal del municipio del Espino tiene ocurrencia en la ribera del río Nevado, sobre depósitos glaciares cuaternarios. Estos sedimentos se encuentran supra yaciendo las lodolitas de la Formación Chipaque o Capacho, según cartografía de Fabre et al (1985), en detalle en la Figura 5.*



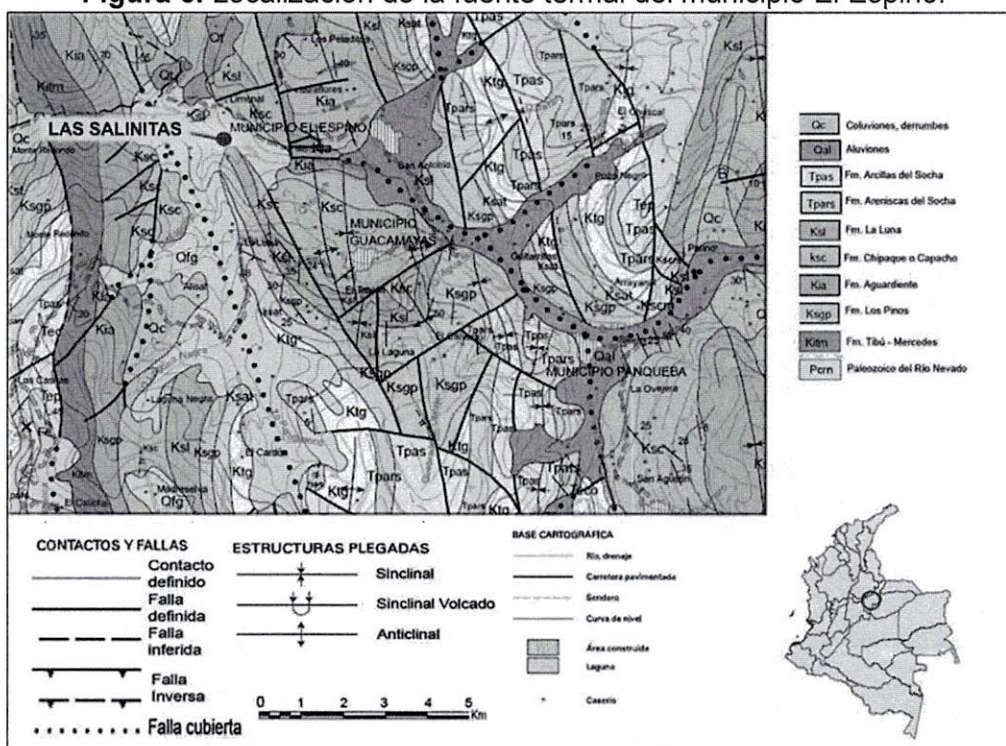
De acuerdo con el informe del SGC la zona se encuentra intensamente fallada y plegada. En el sitio de la ocurrencia del manantial se encuentra una falla con dirección predominante SE – NW. Esta atraviesa los sedimentos de la Formación Chipaque. Del mismo modo convergen otras fallas cubiertas en las zonas del manantial.

Regionalmente se observa un lineamiento preferencial asociado a la Falla de Bucaramanga, la cual afecta profusamente este sector, en los departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander.

Las aguas del municipio del Espino son del tipo sódico – clorurado, con significativas concentraciones de estroncio (6 mg/L) y de litio (3,6 mg/L).

La química de estas aguas asociado a los marcados trazos estructurales en la zona indica que el paso de fluidos profundos sucede con mayor facilidad en este sector que en los sectores al sur de la Falla de Boyacá. Esto es probablemente asociado a la principal estructura de la región: la Falla de Bucaramanga, que en esta zona de convergencia o amortiguamiento (Boinet et al., 1989 en Velandia, 2005), se podrían generar zonas de debilidad que facilitan el paso de fluidos.

**Figura 5. Localización de la fuente termal del municipio El Espino.**



**Fuente:** Geología de la Plancha 137-III-D. INGEOMINAS

## 6.2. Fuentes Termales en el Municipio de Güicán

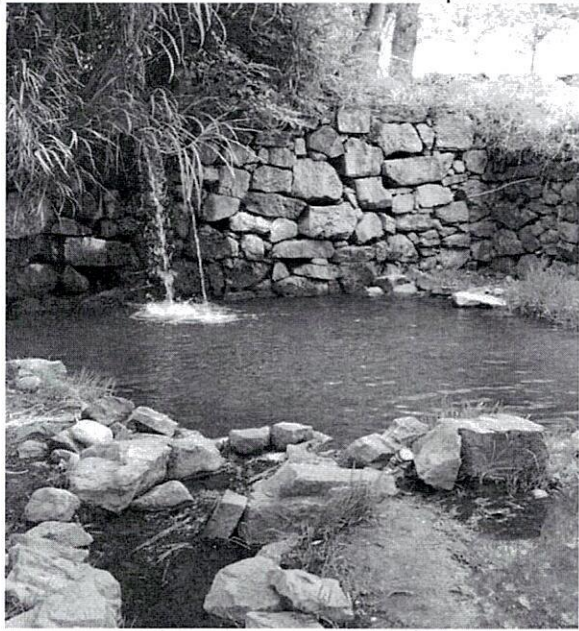
El municipio de Güicán se localiza en la parte nororiental del departamento de Boyacá, Dista 250 Kilómetros de Tunja, la capital del departamento.

La fuente termal que se encuentra en este municipio es reconocida desde épocas precoloniales por los indígenas que habitaban la región, los U 'Wa, este manantial representaba el nacimiento de la deidad principal de la fertilidad, denominada Kókora, (Osborn, 1985). En la actualidad las aguas termales se encuentran en el sitio conocido como El Chorro (Figura 6), al cual se accede por la vía pavimentada que de Güicán conduce a Panqueba, hacia el Km 3, en inmediaciones del río Moscoso, 500 m por carretera destapada se accede al lugar.

Las aguas termales del municipio de Güicán son del tipo sódico – clorurado por lo que pueden asociarse un aporte significativo de fluidos geotérmicos profundos.



**Figura 6. Fuente Termal en el Municipio de Güicán**



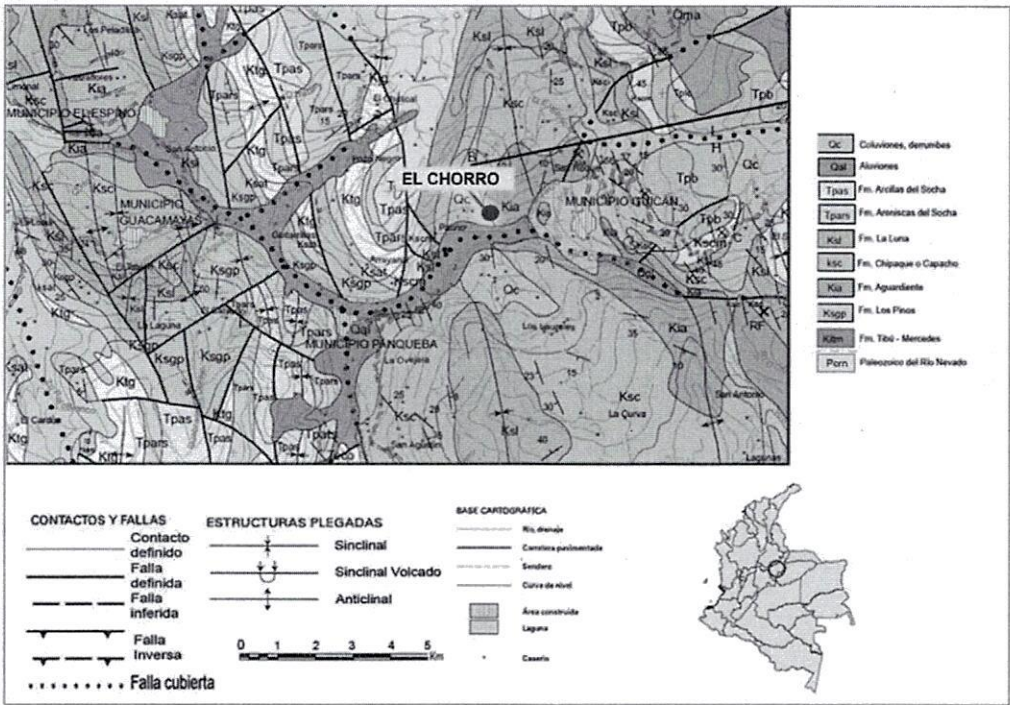
**Fuente:** Servicio Geológico Colombiano – SGC

La infraestructura disponible en estos termales está compuesta por una canalización desde el nacimiento, el cual, según moradores de la zona, tiene ocurrencia en algún sitio de la parte de la ladera del cerro adyacente. De este nacimiento se surten una caída de agua provista por una manguera, el cual es de uso abierto al público que desee un baño con aguas a ~27 C° de temperatura. 50 m ladera arriba se encuentra un balneario rústico, compuesto por tejados y una piscina que recibe el agua a alrededor de 30°C.

Geológicamente la fuente termal de Güicán se localiza sobre los aluviones y coluviones cuaternarios, que están supra yaciendo discordantemente las lodolitas de la Formación Capacho o Chipaque. Las fracturas en la zona tienen una dirección N-S y NE – SW sobre la cobertera cretácica y terciaria (Figura 7).

En conjunto a las estructuras que controlarían el paso de fluidos y su ocurrencia en superficie, la litología propia de la Formación Capacho o Chipaque: lodolitas calcáreas, que en general presenta media a buena permeabilidad, que podría asociarse al paso de fluidos desde fisuras profundas.

**Figura 7. Localización de la fuente termal del Municipio del Güicán.**



**Fuente:** Geología de la Plancha 137-IV-C. INGEOMINAS



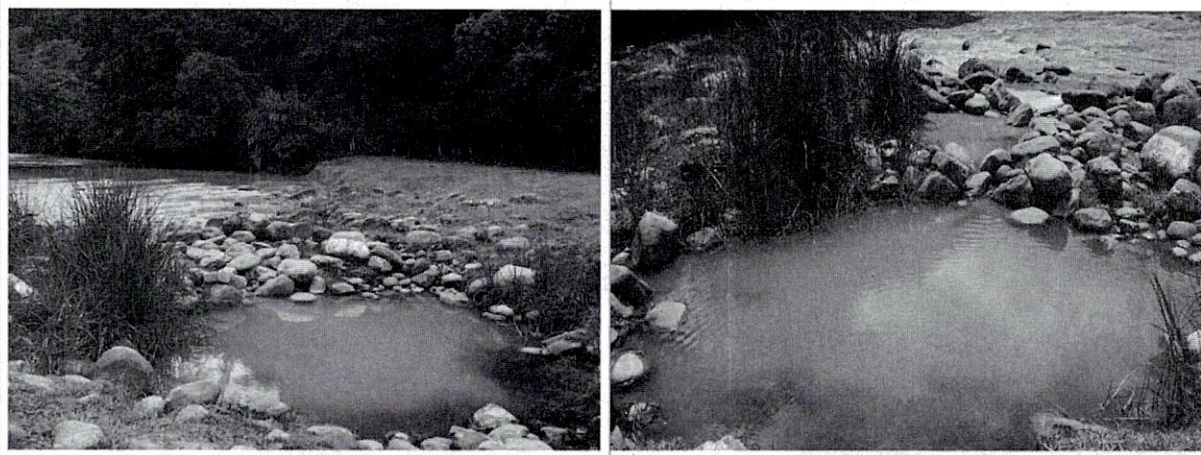
### 6.3. Fuentes Termales en el Municipio de Moniquirá

Ubicado en la provincia de Ricaurte, en el departamento de Boyacá, su territorio pertenece a la cordillera Oriental, está bañado por los ríos Moniquirá, Pómea y Suárez.

*El municipio de Moniquirá cuenta con las fuentes termales de El Salitre (Figura 8). El acceso a los termales del Salitre comienza desde la cabecera del municipio de Moniquirá, se toma la vía pavimentada al SW que comunica con el municipio de Santa Sofía. Alrededor de 4 km adelante se toma a la izquierda (oriente) una desviación por camino sin pavimentar en la vereda Capilla, al sector denominado Coralina. El camino toma 1 km aproximadamente y atraviesa la Quebrada Negra; aproximadamente 400 m adelante se accede a una propiedad privada, sin aviso, sobre la ribera del río Moniquirá, donde se encuentran los nacimientos y apozamientos del agua termal. Las termales presentan como infraestructura unas piscinas artesanales.*

*Las aguas del manantial termal del Salitre son del tipo sódico – clorurado. Como rasgos significativos, los manantiales del Salitre presentan una concentración iónica relativamente elevada (7000  $\mu\text{S/cm}$ ). Los iones de litio y estroncio superan 1 mg/L.*

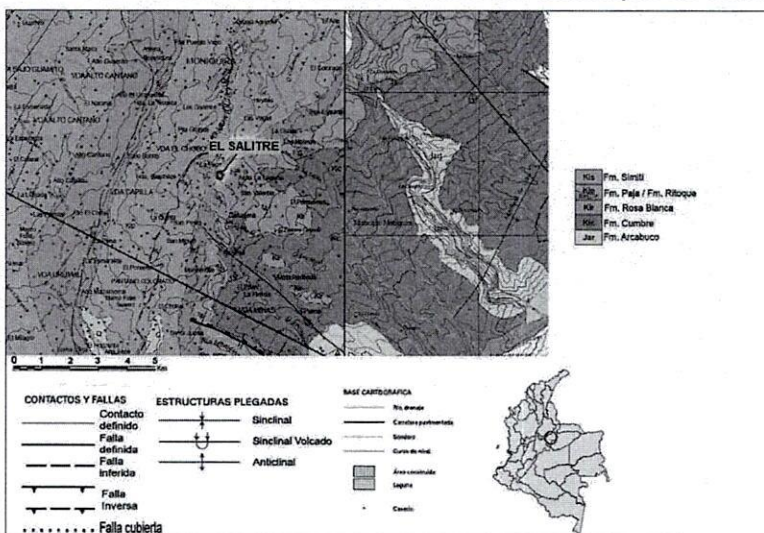
**Figura 8.** Fuente Termal en el Municipio de Moniquirá



**Fuente:** Servicio Geológico Colombiano – SGC

La fuente termal denominada El Salitre emerge en la llanura de inundación del río Moniquirá. Geológicamente se localiza sobre la Formación Paja en cercanías al contacto con la Formación Rosa Blanca, de tipo neto con buzamiento al occidente. La falla más cercana se registra a dos kilómetros al sur, en cartografía de Ulloa et al (1984) (Figura 9). Esta es una falla de rumbo dextral con dirección NW–SE, la cual atraviesa la secuencia cretácica y hasta la jurásica en la Formación Arcabuco, un control asociado a esta estructura es propuesto para la emergencia del manantial.

**Figura 9.** Localización de la fuente termal del municipio de Moniquirá.



**Fuente:** Geología de la Plancha. INGEOMINAS

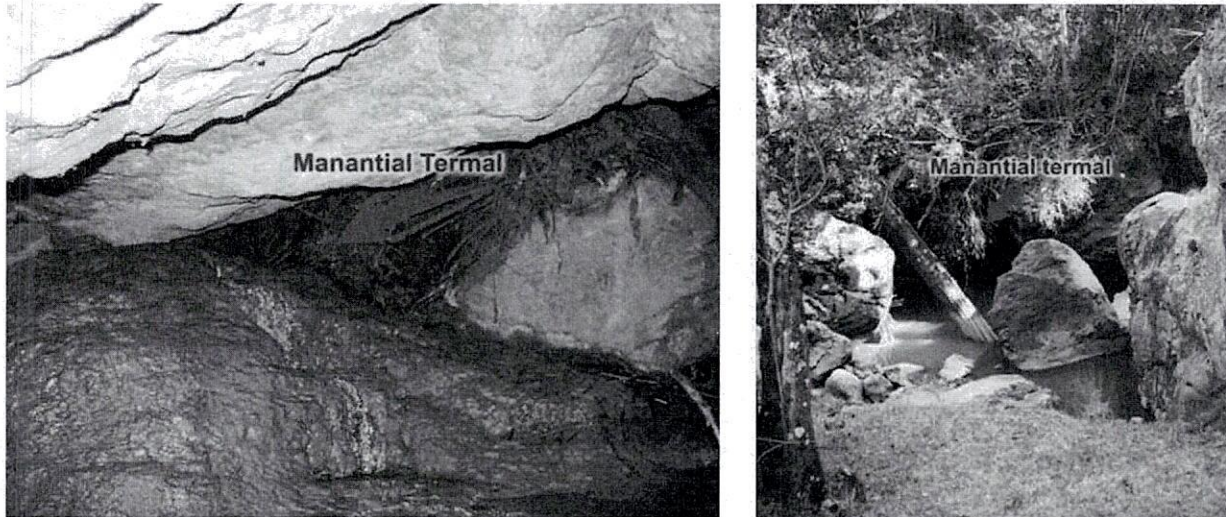


#### 6.4. Fuentes Termales en el Municipio de Pesca

Dista de Tunja 46 km por vía sin pavimentar pasando por Chivata y Toca; o 90 km por carretera pavimentada vía Sogamoso.

El municipio de Pesca cuenta con un manantial termal en la vereda de Nocuatá, en el sector denominado Las Moyas (Figura 10). Son usadas sin ningún costo y no presentan infraestructura alguna. A este manantial se accede desde la cabecera municipal de Pesca al noroccidente por vía semi-pavimentada 3 km a la vereda Nocuatá, y 200 m abajo al cauce de la quebrada Dobaquira.

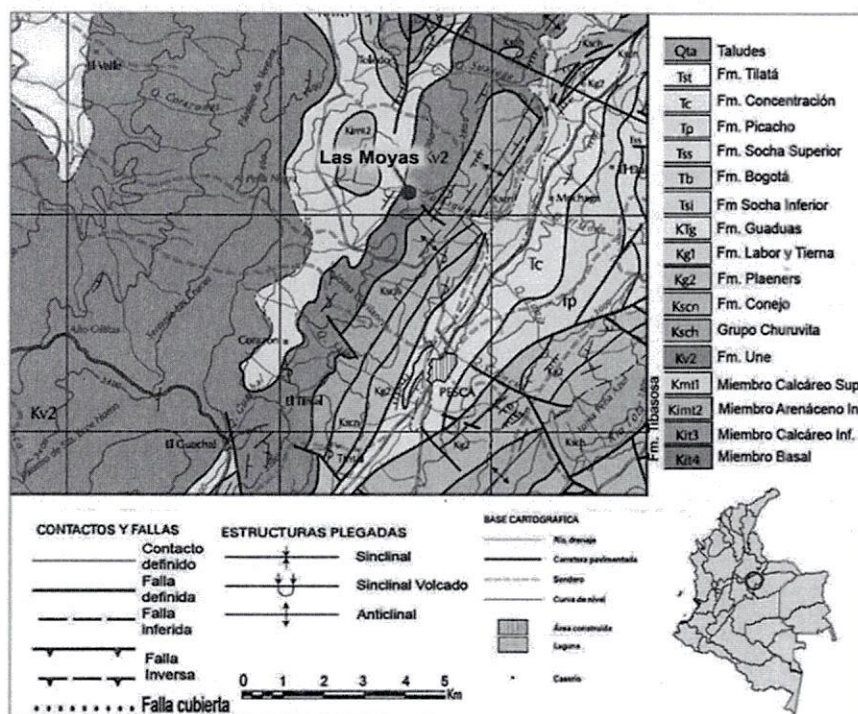
Figura 10. Fuentes termales de Pesca



Fuente: Servicio Geológico Colombiano – SGC

La ocurrencia de este manantial se localiza en las areniscas cuarzosas de la Formación Une, en cercanías al miembro calcáreo de la Formación Tibasosa. Del mismo modo este manantial se localiza a menos de dos kilómetros de la Falla de Soápage como es cartografiada por Renzoni et al, 1998 (Figura 11). El manantial termal de Pesca es del tipo cálcico – bicarbonatado con una baja mineralización. La presencia de hidróxidos de hierro es característica en este manantial.

Figura 11. Localización de la fuente termal del municipio de Pesca



Fuente: Geología de la Plancha. INGEOMINAS.



## 6.5. Manantiales Termales en el Municipio de Motavita

El municipio de Motavita cuenta con la ocurrencia de un manantial termal (Figura 24), al cual se accede desde Tunja, al norte, por la Diagonal 38, a la vía que lleva al municipio de Arcabuco, en la desviación a Motavita se encuentra la entrada del Colegio Salesiano de Tunja. El manantial se encuentra en predios del colegio, unos 2 km al NW.

Figura 12. Fuente Termal en el Municipio de Motavita.

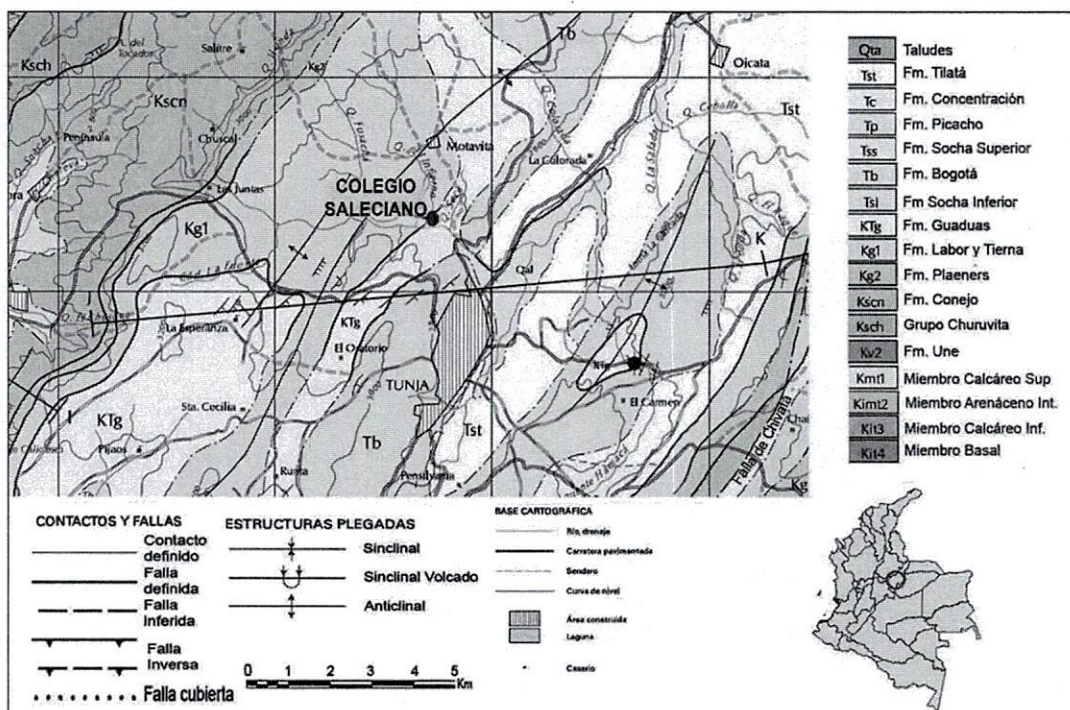


Fuente: Servicio Geológico Colombiano – SGC

La fuente termal del municipio de Motavita ocurre en las arenitas cuarzosas con intercalaciones de lodolitas de la Formación Bogotá, en el contacto concordante con la Formación Guaduas de acuerdo con cartografía hecha por Renzoni et al (1998) (Figura 25). El manantial se encuentra a cuatro kilómetros al oriente de la prolongación de la Falla de Boyacá, identificada por Velandia (2005), por medio de imágenes satelitales.

Este manantial es del tipo cálcico – bicarbonatado y su ocurrencia es caracterizada por la presencia de hidróxidos de hierro.

Figura 13. Localización y geología de las fuentes termales del municipio de Motavita



Fuente: Geología de la Plancha. INGEOMINAS.



## 6.6. Manantiales Termales en el Municipio de Tuta

Los manantiales termales de este municipio se localizan en las veredas de Aguablanca y Aposentos, sobre el cauce del río Chicamocha.

*En la vereda Agua Blanca existen las termales conocidas como Agua caliente. El uso de estas termales es público y gratuito. No presenta ninguna otra infraestructura. Se accede desde la cabecera municipal al sur por la vía sin pavimentar que conduce a Chivatá, en dirección a la vereda Aguablanca por dos kilómetros, una desviación a la izquierda (E), a la vereda Leonera 500 m lleva a un predio privado que limita con el río Chicamocha. 300 m dentro de este predio se encuentra el manantial termal.*

*La otra ocurrencia de agua termal en el municipio de Tuta se presenta en la misma vereda de Agua Blanca, en el sector denominado Aposentos. A este manantial termal se accede desde la cabecera del municipio de Tuta, al sur por la vía a Chivatá 1 km, y luego por caminos veredales hasta la finca de la Flia. Monroy, al punto sobre el cauce del río Chicamocha.*

*Las aguas de los manantiales termales de Tuta son del tipo bicarbonatado sódico con una baja mineralización (< 100 mg/L).*

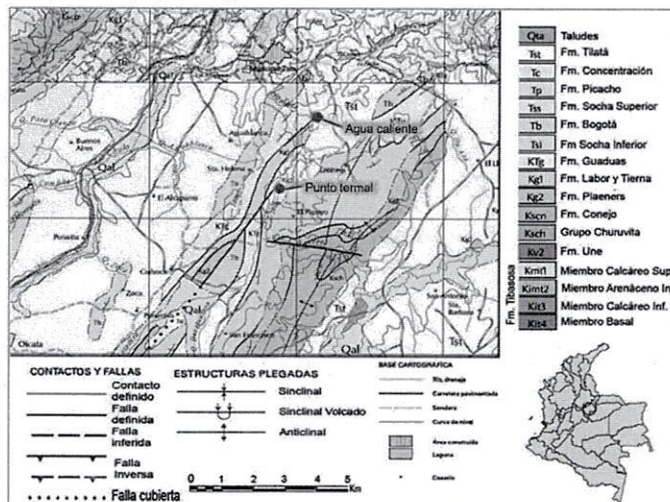
**Figura 14.** Fuente Termal en el Municipio de Tuta.



**Fuente:** Servicio Geológico Colombiano – SGC

*Estas fuentes termales se localizan en la ribera del río Chicamocha, sobre las formaciones geológicas del Grupo Guadalupe y la Formación Tilatá. Su ocurrencia se encuentra alineada por la prolongación norte de la Falla de Chivatá, que junto a la falla de Tunja son estructuras asociadas a la Falla de Boyacá. (Reyes, 2001; Renzoni & Rosas, 1983)*

**Figura 15.** Localización y geología de las fuentes termales del municipio de Tuta.



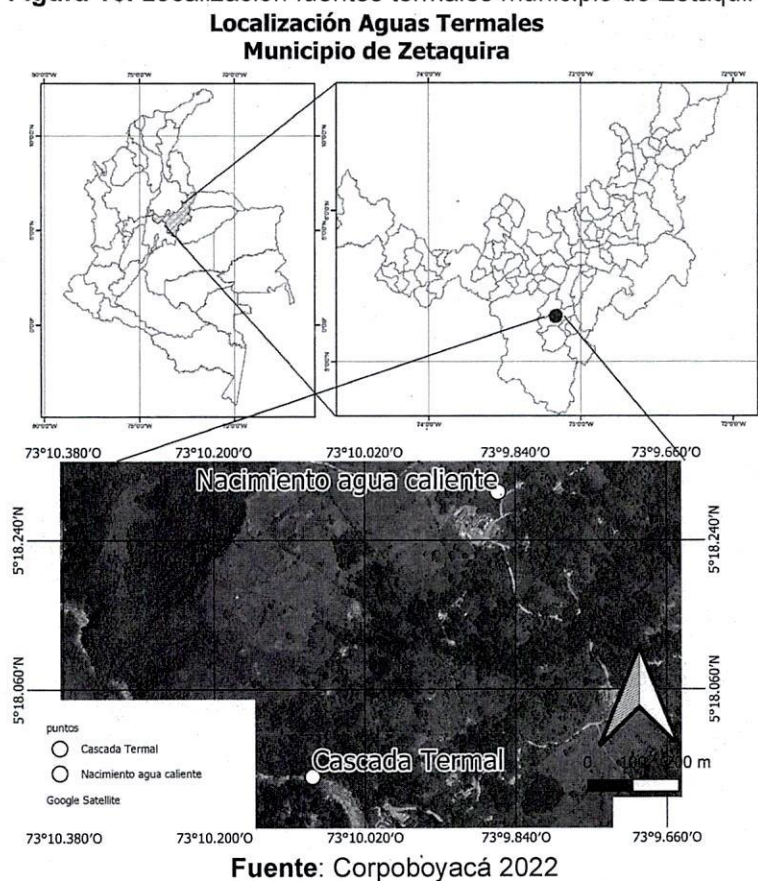
**Fuente:** Geología de la Plancha. INGEOMINAS.



## 7. FUENTES TERMALES EN EL MUNICIPIO DE ZETAQUIRA

En este municipio se encuentran las aguas termales de Arcoíris y El Ocho, en veredas Patanoa y Centro Rural. A los termales del Arcoíris se accede desde la cabecera municipal en dirección norte por la carretera principal que conduce a Rondón, a 1,5 km de camino se toma una desviación a la izquierda (noreste) por vía parcialmente pavimentada, aproximadamente dos kilómetros adelante se llegan a los termales del Arcoíris y hacia el cauce del río Mueche se accede a los termales del Ocho (Figura 16). Los termales del Arcoíris y el Ocho presentan como infraestructura un centro turístico y piscinas.

**Figura 16.** Localización fuentes termales municipio de Zetaquirá.



### 7.1. ORIGEN DEL SISTEMA DE AGUAS TERMOMINERALES DE ZETAQUIRA

En el informe Titulado “*Aguas Termales de Zetaquirá*”, INGEOMINAS, 1979, se presenta la siguiente descripción geológica del área de los nacimientos termales del municipio de Zetaquirá y caracterización fisicoquímica de los mismos.

#### 7.1.1. Geología

Las fuentes termales se localizan en rocas de la formación Une, “constituidas por areniscas grises oscuras, con intercalaciones limolíticas del mismo color. Las areniscas se presentan en capas de 10 a 30 cm de espesor, de color negro, grano fino, con venas de calcita de pocos milímetros de espesor, las limolitas se presentan en estratos de varios centímetros a 1.20 m de espesor, de colores grises oscuros a negros”.

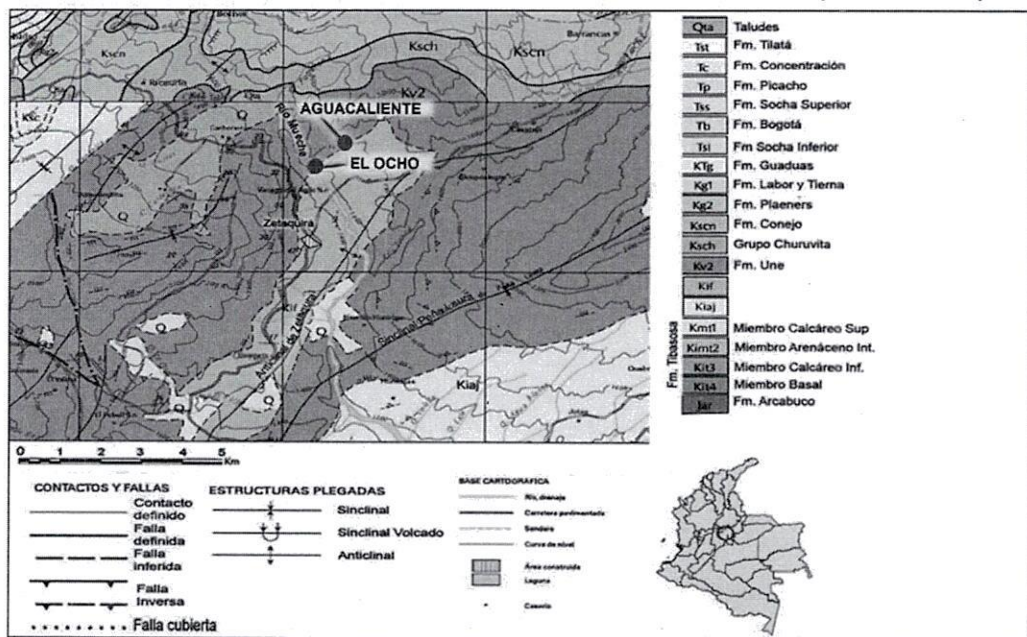
Respecto al afloramiento de las aguas termales en dicho informe se menciona lo siguiente:

“El área presenta una serie de bloques dislocados con un rumbo general N35°E, siendo esto evidenciado por los cambios bruscos de buzamiento que varían de horizontal a vertical, además de la presencia de los planos de fractura. Estos últimos alcanzan grandes profundidades, siendo los conductos que permiten la penetración de las aguas meteóricas, las que al ir descendiendo en profundidades van adquiriendo mayores temperaturas para posteriormente salir a la superficie a lo largo de diaclasas y en algunos casos a lo largo de los planos de estratificación.



Sin embargo, los manaderos individuales no siempre indican comunicación directa con el subsuelo, ya que lo accidentado del terreno y el estado removido de la zona incide en los diferentes conductos tomados por el agua, de allí la cantidad de pequeños manaderos. En cuanto a los situados en el norte del área, estos podrían obedecer a una comunicación directa con grietas secundarias”.

Figura 17. Localización y geología de las fuentes termales del municipio de Zetaquirá.



Fuente: Geología de la Plancha 210-II-A. INGEOMINAS.

### 7.1.2. Modelo Estructural

Estructuralmente el área esta indirectamente relacionada con una zona tectónicamente activa; pertenece a la cuenca de sedimentación del sinclinorio de la Sabana de Bogotá; influenciada por el sistema de fallas del borde llanero y regionalmente por las fallas inversas importantes ubicadas al sureste de la zona de estudio; la falla de Santa María y la falla de Lengupá.

En el área de los nacimientos termales el INGEOMINAS menciona que, estos se encuentran entre dos fallas locales con dirección NE; falla de la Quebrada Potrerana al norte y la falla del Río Fuche al Sur, propiciando la inestabilidad de la zona, caracterizada por el diaclasamiento y fisuras profundas de las areniscas de la formación UNE.

### 7.2. Hidrogeología

Teniendo en cuenta el origen meteórico de las fuentes termales del municipio de Zetaquirá se tiene que la circulación del agua subterránea tendría una dirección dominante hacia el norte-noreste, el agua fluye a través de niveles de porosidad primaria y secundaria (grietas o fracturas) relativamente alta, de la misma formación Une.

Así mismo en el EOT del año 2000 del municipio de Zetaquirá, se menciona que “las aguas subterráneas tienen origen en aguas meteóricas que llegan a la superficie de la tierra y encuentran condiciones de permeabilidad en el suelo y subsuelo permitiendo infiltrarse; la infiltración puede ocurrir además por los planos de estratificación, fisuras y diaclasas características de las rocas sedimentarias. La penetración del agua en el subsuelo se ve influenciada por la estructura geológica que permite confinarla o almacenarla según sea el caso para formar los acuíferos”.

En la siguiente tabla se presenta las características principales de las formaciones geológicas del área:



**Tabla 5. Clasificación Hidrogeológica, de las Formaciones en el área de Zetaquirá.**

| Formación | Tipo de acuífero de acuerdo con el Grupo de Aguas Subterráneas- EOT (2000)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fomeque   | Presenta una alternancia de capas impermeables (lutitas y arcillolitas) con capas permeables (areniscas cuarzosas), que permite que el agua que en superficie se infiltre a través de las areniscas siga únicamente la dirección del buzamiento sin presentar infiltración hacia abajo                                                                                                                                                                |
| Une       | Está constituida principalmente por areniscas cuarzosas estratificadas, de grano fino a grueso, algunas veces conglomeráticas, estas características litológicas hacen que las areniscas de la formación sean altamente permeables; además presentan intercalaciones de lutitas o niveles impermeables que permite confinar el agua almacenada en cada estrato permeable.                                                                             |
| Chipaqué  | Está compuesta a la base principalmente por capas impermeables (lutitas) y a la parte superior por areniscas cuarzosas, de grano fino, intercaladas con niveles impermeables que dan características de permeabilidad y almacenamiento y permiten tener la parte superior de esta formación en cuenta para sondeos geo eléctricos y además en los sitios donde las areniscas están en contacto directo con la cuenca se ve favorecida la infiltración |

**Fuente:** Esquema de Ordenamiento Territorial Zetaquirá Boyacá 2000.

En el EOT del año 2000 del municipio de Zetaquirá se describen las siguientes 3 zonas principales de descarga de acuerdo con el análisis geoquímico de fluidos realizado por el SGC:

- *Sinclinal de Mamá Pacha. Ubicado en la vereda de Guanatá, su eje tiene una dirección NE, sus flancos están compuestos por rocas de la formación Une y en su seno secuencialmente encima se encuentran rocas de la formación Chipaqué; esta estructura se enmarca en el ecosistema de Mamá Pacha, donde abundan los suelos característicos de páramo, los musgos, líquenes que favorecen los nacimientos de agua y la escorrentía.*
- *Sinclinal de Doña Laura. Ubicado al oriente del municipio, en las veredas Hormigas y De La Esperanza, su eje tiene una dirección NE, sus flancos están compuestos por areniscas de la formación Une; en su seno se encuentran rocas de la formación Chipaqué; es una estructura relativamente angosta con flancos empinados y que cierra al SW.*
- *Sinclinal en la Vereda de Juracambita. Estructuras de orden menor es secuencial al anticlinal de Zetaquirá, tiene una dirección NE, sus flancos están compuestos por areniscas de la formación Une, en su seno se encuentra la formación Chipaqué y está atravesado por la falla de la quebrada Potrerana que tiene una dirección paralela al eje de la estructura. Otros repliegues locales, cóncavos hacia abajo se identifican al norte, en la vereda Gacal, estos pliegues están afectados y son producto del fallamiento muy común en este sitio por eso fueron descartados.*

### 7.2.1. Zonas de recarga

De acuerdo con el INGEOMINAS 1979 y al EOT del municipio de Zetaquirá la zona de recarga están compuestas principalmente por las areniscas de la formación Une.

### 7.2.2. Aguas termales.

La ausencia de rocas ígneas conlleva a suponer el origen meteórico de estas aguas.

El termalismo presente en la zona, de acuerdo con el INGEOMINAS 1979, es producto de la infiltración del agua en el área de recarga (formación Une), la cual desciende hasta una profundidad cercana a los 1500 m (esto de acuerdo con la temperatura que aflora en superficie), para posterior realizar su ascenso a la superficie y fluir a través de los niveles porosos de las rocas aflorantes.

La temperatura promedio de estas aguas es de 66 °C, debido al bajo contenido de minerales y/o a una escasa recirculación asociada a la permeabilidad del conducto se descarta su origen ígneo.



**Análisis físico químico** en el estudio realizados por el instituto de investigaciones Geológico – Mineras (INGEOMINAS) y publicados en el libro “Estudios Sociales de Zetaquirá” se tiene los siguientes resultados de análisis fisicoquímicos:

**Figura 18.** Análisis fisicoquímicos sobre las aguas termales en el municipio de Zetaquirá.

|                                                          |                    |
|----------------------------------------------------------|--------------------|
| Turbiedad en SiO <sub>2</sub>                            | 5.00mg/l           |
| PH potenciómetro a 20°C                                  | 8.30               |
| Conductividad Específica a 25°C                          | 534.29micromhos/cm |
| Dureza total E:D:T:A: en CaCO <sub>3</sub>               | 135.00mg/l         |
| Alcalinidad a la Fenolftaleína                           | 20.00mg/l          |
| Alcalinidad al anaranjado de metilo en CaCO <sub>3</sub> | 262.000 mg/l       |
| Carbonatos                                               | 12.00 mg/l         |
| Cloruros en Cl                                           | 53.25 mg/l         |
| Sulfato en SO <sub>4</sub>                               | 0.00 mg/l          |
| Nitratos en NO <sub>3</sub>                              | 0.00 mg/l          |
| Hierro total en Fe                                       | 0.40 mg/l          |
| Hierro en solución en Fe                                 | 0.18 mg/l          |
| Hierro en suspensión en Fe                               | 0.22 mg/l          |
| Calcio en Ca                                             | 27.47 mg/l         |
| Magnesio en Mg                                           | 15.92 mg/l         |
| Manganeso en Mn                                          | 0.05 mg/l          |
| Sodio en Na                                              | 99.00 mg/l         |
| Potasio en K                                             | 7.00 mg/l          |
| Sólidos totales (evaporación a 105°C)                    | 442.00 mg/l        |
| Sólidos en solución (evaporación a 105°C)                | 360.00 mg/l        |
| Sólidos en suspensión (por diferencia)                   | 82.00 mg/l         |

**Fuente:** INGEOMINAS

**7.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES HIROTERMALES DEL MUNICIPIO DE ZETAQUIRÁ EN JURISDICCIÓN DE CORPOBOYACA.**

Como parte de la caracterización de las fuentes hidrotermales del municipio de Zetaquirá, se realizó reconocimiento a las siguientes fuentes ubicadas en la vereda Patanoa:

**Tabla 6.** Inventario de fuentes termales Municipio de Zetaquirá.

| Nombre de la Fuente Thermal |                                 | Latitud N   | Longitud W   | Altura (m.s.n.m) | Usuario              | Temperatura de Salida del agua (°C) * | PH (Unidades de pH) * | Conductividad eléctrica (µS/cm) * | Oferta Caudal (l/s) * |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------|--------------|------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Cascada Thermal             |                                 | 5°17'57.08" | 73°10'5.14"  | 1396             | Termales el ocho     | 65+,6°                                | 8,14                  | 565                               | 0,1                   |
|                             |                                 |             |              |                  | Las Heliconias       | 67°                                   | 8,21                  | 568                               | 0,12                  |
| Sector agua cliente         | Nacimiento agua caliente 1      | 5°18'17.77" | 73°09'51.65" | 1487             |                      |                                       |                       |                                   |                       |
|                             | Nacimiento agua caliente 2      | 5°18'17.66" | 73°09'51.93" |                  | Termales El Arcoiris | 50,3°                                 | 6,6                   | 422                               | 0,09                  |
|                             | Nacimiento camino agua caliente | 5°18'17.79" | 73°09'51.73" | 1417             | Pacuabibe            | 53.7°                                 | 6,7                   | 425                               | 0,14                  |

\*información proporcionada por el SGC

**7.4. Monitoreo de las Fuentes Termales**

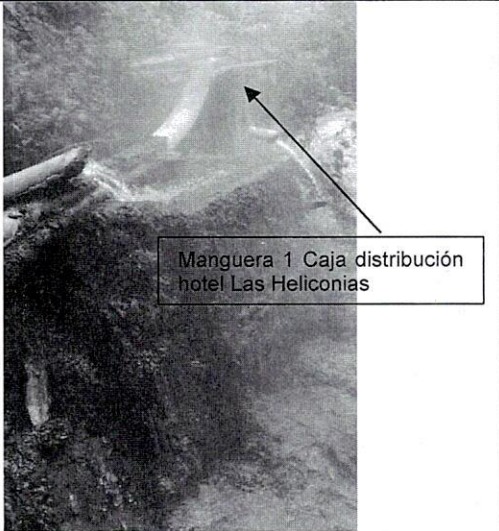
Durante la visita de inspección acular el día 13 de octubre se realizó el monitoreo de la fuente identificadas obteniéndose lo siguiente:



- Fuente Cascada termal: se determinó un caudal total de 39.96 l/s. el cual teniendo en cuenta la distribución difusa del nacimiento mediante diferentes grietas de la roca, se monitoreo como se presenta a continuación:
- Manguera 1 a caja 1 de distribución y toma del Hotel Las heliconias

**Coordenadas:**  
**Latitud:**05°17'57.08" N  
**Longitud:** 73°10'5.14" O  
**Altura:** 1396 m.s.n.m  
**Temperatura agua:**65°C

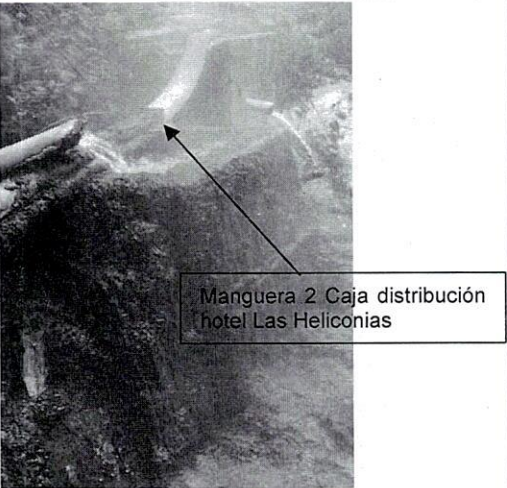
| No AFORO           | VOLUMEN ( L ) | TIEMPO (s) | CAUDAL (L/s) |
|--------------------|---------------|------------|--------------|
| 1                  | 5             | 1.91       | 2.62         |
| 2                  | 5             | 2.28       | 2.19         |
| 3                  | 6             | 2.47       | 2.43         |
| 4                  | 6             | 2.33       | 2.58         |
| 5                  | 5             | 2.19       | 2.28         |
| TOTAL CAUDAL (L/s) |               |            | 2.42         |



- Manguera 2 a caja 2 de distribución Hotel Las Heliconias

**Coordenadas:**  
**Latitud:**05°17'57.08" N  
**Longitud:** 73°10'5.14" O  
**Altura:** 1396 m.s.n.m  
**Temperatura agua:**65°C

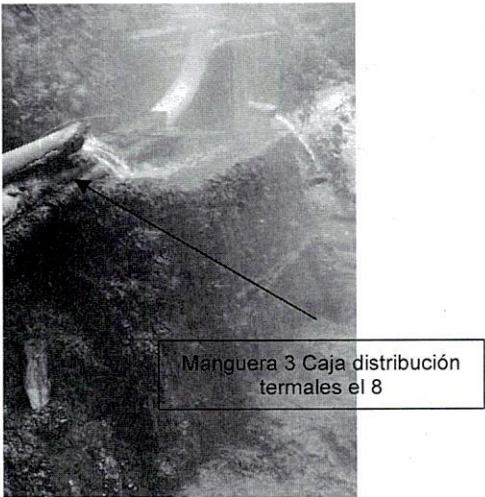
| CORRIENTE          |               |            |              |
|--------------------|---------------|------------|--------------|
| No AFORO           | VOLUMEN ( L ) | TIEMPO (s) | CAUDAL (L/s) |
| 1                  | 5             | 3.31       | 1.510574018  |
| 2                  | 4.5           | 3.2        | 1.40625      |
| 3                  | 5             | 3.6        | 1.388888889  |
| 4                  | 4.5           | 3.16       | 1.424050633  |
| 5                  | 5             | 3.13       | 1.597444089  |
| TOTAL CAUDAL (L/s) |               |            | 1.465441526  |



- Manguera 3 a caja de distribución y toma a termales el 8.

**Coordenadas:**  
**Latitud:**05°17'57.08" N  
**Longitud:** 73°10'5.14" O  
**Altura:**1396 m.s.n.m  
**Temperatura agua:**65°C

| CORRIENTE          |               |            |              |
|--------------------|---------------|------------|--------------|
| No AFORO           | VOLUMEN ( L ) | TIEMPO (s) | CAUDAL (L/s) |
| 1                  | 6             | 2.6        | 2.307692308  |
| 2                  | 7             | 3.31       | 2.114803625  |
| 3                  | 6             | 3.33       | 1.801801802  |
| 4                  | 6             | 3.02       | 1.986754967  |
| 5                  | 6             | 2.95       | 2.033898305  |
| TOTAL CAUDAL (L/s) |               |            | 2.048990201  |





- Caudal de escurrimiento difuso cascada termal.

Coordenadas:  
Latitud: 05°17'57.08" N  
Longitud: 73°10'5.14" O  
Altura: 1396 m.s.n.m  
Temperatura agua: 65°C

| No DE AFORO                 | ANCHO DE LA SECCION (m) |               |                | LARGO DE LA SECCION (L) |
|-----------------------------|-------------------------|---------------|----------------|-------------------------|
|                             | 0.86                    | 0.67          | 0.86           | 1.5                     |
|                             | PROFUNDIDAD (m)         |               |                | TIEMPO (s)              |
|                             | Tramo 1                 | Tramo 2       | Tramo 3        |                         |
| h1                          | 0.05                    | 0.06          | 0.1            | 1.81                    |
| h2                          | 0.07                    | 0.135         | 0.11           | 2.07                    |
| h3                          | 0.06                    | 0.1           | 0.09           | 1.86                    |
| h4                          |                         |               |                | 2.13                    |
| h5                          |                         |               |                | 1.98                    |
| Promedio (h1)               |                         | Promedio (h2) | Promedio (h3)  | Promedio (Tiempos)      |
| 0.060                       |                         | 0.118         | 0.100          | 1.97                    |
| TOTAL PROM PROFUNDIDAD (m): |                         | 0.093         | CAUDAL (m³/s): | 0.03404                 |
| VELOCIDAD (m/s):            |                         | 0.761         | CAUDAL (L/s):  | 34.041                  |
| AREA TRANSVERSAL (m²):      |                         | 0.072         |                |                         |



- **Fuente Sector Agua caliente:** en el sitio de capación de la piscina Termales El Arcoíris punto en donde se recolecta la mayoría de flujo termal de este sector, se determinó un caudal total de 2.36 l/s. adicional se identificó 3 flujos puntales de agua termal los cuales se monitorearon como se presenta a continuación:
- Afloramiento agua caliente 1

Coordenadas:  
Latitud: 05°18'17.77" N  
Longitud: 73°09'51.65" O  
Altura: 1503 m.s.n.m.  
Temperatura agua: 55°C

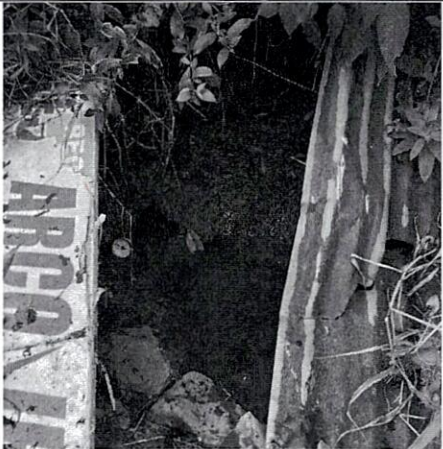
| CORRIENTE          |               |            |              |
|--------------------|---------------|------------|--------------|
| No AFORO           | VOLUMEN ( L ) | TIEMPO (s) | CAUDAL (L/s) |
| 1                  | 2             | 17.29      | 0.12         |
| 2                  | 2             | 21.57      | 0.09         |
| 3                  | 2             | 21.57      | 0.09         |
| 4                  | 2             | 19.69      | 0.10         |
| 5                  |               |            |              |
| TOTAL CAUDAL (L/s) |               |            | 0.10         |



- Afloramiento agua caliente 2

Coordenadas:  
Latitud: 05°18'17.66" N  
Longitud: 73°09'51.93" O  
Altura: 1505 m.s.n.m.  
Temperatura agua: 47°C

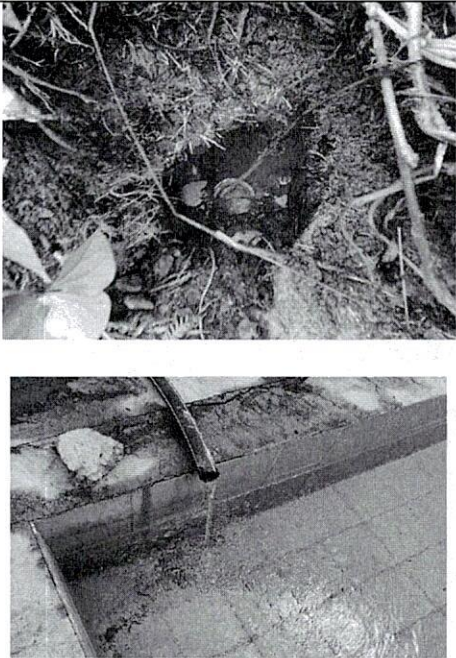
| CORRIENTE          |               |            |              |
|--------------------|---------------|------------|--------------|
| No AFORO           | VOLUMEN ( L ) | TIEMPO (s) | CAUDAL (L/s) |
| 1                  | 1.2           | 16.92      | 0.070921986  |
| 2                  | 1             | 19.97      | 0.050075113  |
| 3                  | 1.5           | 15.38      | 0.097529259  |
| 4                  |               |            |              |
| 5                  |               |            |              |
| TOTAL CAUDAL (L/s) |               |            | 0.072842119  |





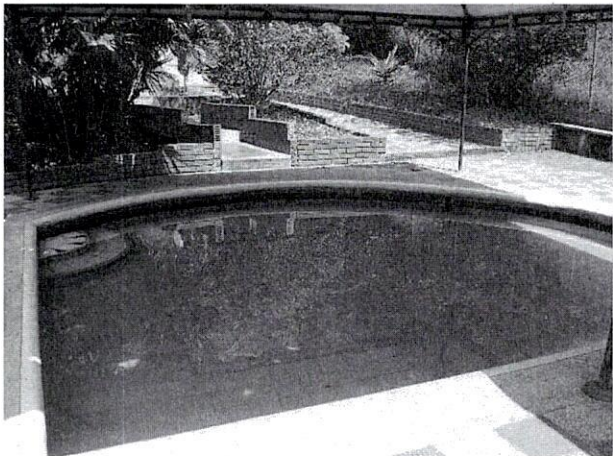
- Fuente agua caliente camino (monitoreado en el punto de la piscina Pacuabibe)

| <b>Coordenadas fuente:</b><br>Latitud:05°18'18.17" N<br>Longitud: 73°09'51.38" O<br>Altura: 1507 m.s.n.m<br>Temperatura agua:52°C |               |            |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|--------------|
| <b>Coordenadas monitoreo Piscina Pacuabibe:</b><br>Latitud:05°18'09.70" N<br>Longitud: 73°09'51.64" O<br>Altura: 1487 m.s.n.m.    |               |            |              |
| CORRIENTE                                                                                                                         |               |            |              |
| No AFORO                                                                                                                          | VOLUMEN ( L ) | TIEMPO (s) | CAUDAL (L/s) |
| 1                                                                                                                                 | 2.1           | 25.58      | 0.082095387  |
| 2                                                                                                                                 | 2             | 22.07      | 0.090620752  |
| 3                                                                                                                                 | 2.1           | 22.49      | 0.093374833  |
| 4                                                                                                                                 | 2             | 22.15      | 0.090293454  |
| 5                                                                                                                                 | 2             | 22.97      | 0.087070091  |
| TOTAL CAUDAL (L/s)                                                                                                                |               |            | 0.088690904  |



- Caudal total captado en el punto de recolección de agua termal de la piscina Termales El Arcoíris.

| <b>Coordenadas:</b><br>Latitud:05°18'17.66" N<br>Longitud: 73°09'51.93" O<br>Altura: 1501 m.s.n.m<br>Temperatura agua:47°C |               |            |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|--------------|
| CORRIENTE                                                                                                                  |               |            |              |
| No AFORO                                                                                                                   | VOLUMEN ( L ) | TIEMPO (s) | CAUDAL (L/s) |
| 1                                                                                                                          | 5             | 2.37       | 2.11         |
| 2                                                                                                                          | 4.5           | 1.72       | 2.62         |
| 3                                                                                                                          | 4.5           | 1.9        | 2.37         |
| 4                                                                                                                          | 4             | 1.78       | 2.25         |
| 5                                                                                                                          | 4.5           | 1.83       | 2.46         |
| TOTAL CAUDAL (L/s)                                                                                                         |               |            | 2.36         |



### 8. FUENTES TERMALES EN EL MUNICIPIO DE SÁCHICA

A la fuente termal se accede desde la cabecera del municipio de Sáchica, al oriente por la vía pavimentada principal que comunica con Tunja, 1,5 km hasta la desviación que comunica con Villa de Leyva, sector en el cual se pueden encontrar las fuentes termominerales.

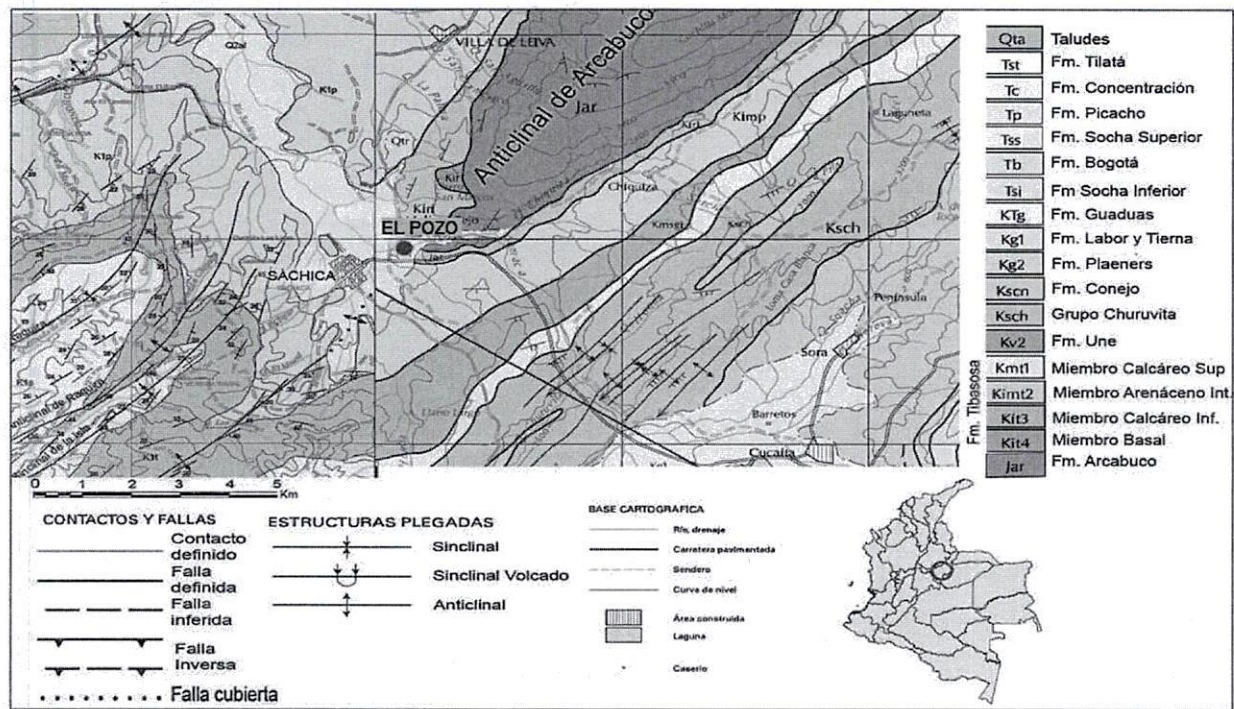
Acorde con Smith, (2005), *las aguas termales de este municipio fueron utilizadas por los indios para realizar sus rituales religiosos, actualmente es visitado por los turistas quienes aprovechan los beneficios de esta agua.*

La cartografía hecha por Renzoni et al (1998) (Figura 19) menciona que, *el manantial termal del municipio de Sáchica emerge de los sedimentos aluviales de la ribera del río Sáchica. Las unidades cretácicas de la Formación Paja y la Formación Ritoque colindan al manantial. Geográficamente se encuentra direccionado al suroccidente del núcleo del Anticlinal de Arcabuco, de edad Jurásica a un kilómetro del afloramiento cartografiado más cercano de este pliegue regional.*



El manantial termal es del tipo sódico – clorurado. Presenta una concentración iónica relativamente elevada (6880  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Las mineralizaciones registradas en este manantial ocurren con el litio (6,4 mg/L), estroncio (8,7 mg/L), flúor (3,2 mg/L) y de hierro (4 mg/L). Los sulfuros en este manantial fueron de 28 mg/L.

Figura 19. Localización de la fuente termal del municipio de Sáchica.



Fuente: Geología de la Plancha. INGEOMINAS

8.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES HIROTERMALES DEL MUNICIPIO DE SACHICA EN JURISDICCIÓN DE CORPOBOYACA.

Como parte de la caracterización de las fuentes hidrotermales del municipio de Sáchica, se realizó reconocimiento a las siguientes fuentes:

Tabla 7. Inventario de fuentes termales Municipio de Sáchica.

| Nombre de la Fuente Termal | Usuario          | Latitud N    | Longitud W   | Altura (m.s.n.m) | Temperatura de Salida del agua (°C) |
|----------------------------|------------------|--------------|--------------|------------------|-------------------------------------|
| Pozo la Cascada            | Libardo Saavedra | 05°35'15.4"  | 73°31'50.1"  | 2160             | 37.2°C                              |
| Pozo el Dinosaurio         | Libardo Saavedra | 05°35'14.9"  | 73°31'56.9"  | 2157             | 36°C                                |
| Piscina Termal NN          | -----            | 05°35'13.83" | 73°31'05.78" | 2154             | 35°                                 |

8.2. Monitoreo de las Fuentes Termales

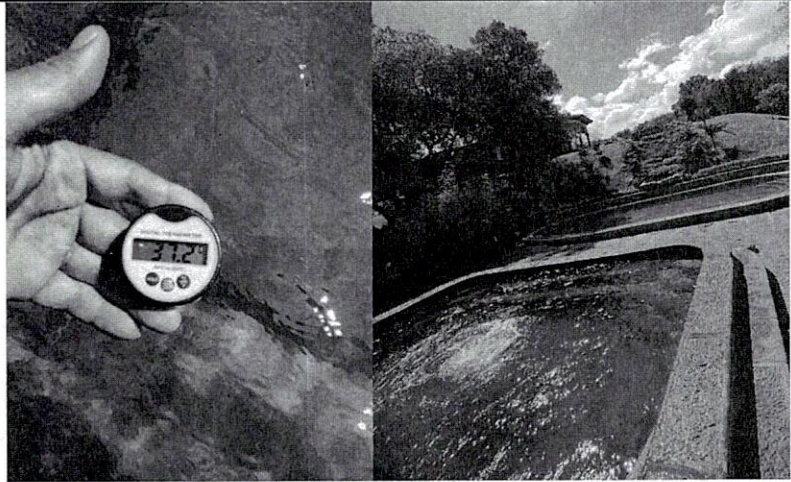
Durante la visita de inspección acular el día 06 de diciembre se realizó el monitoreo de las fuentes identificadas obteniéndose lo siguiente:

- Pozo termal denominado La Cascada:



**Coordenadas:**

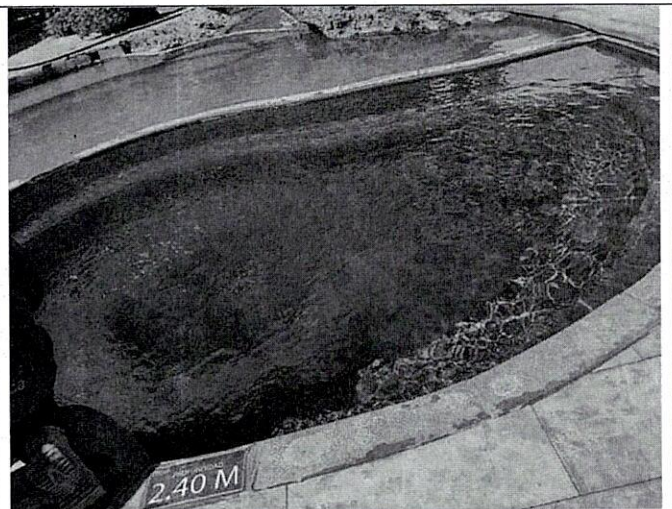
Latitud: 05°35'15.4" N  
Longitud: 73°31'50.1" O  
Altura: 2165 m.s.n.m  
Temperatura agua: 37.2°C



- Pozo denominado El Dinosaurio:

**Coordenadas:**

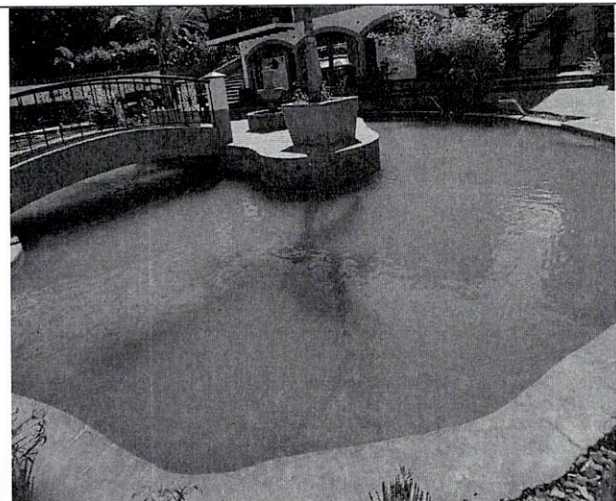
Latitud: 05°35'14.8" N  
Longitud: 73°31'56.7" O  
Altura: 2157 m.s.n.m  
Temperatura agua: 36°C



- De acuerdo al propietario del establecimiento Portal de la Villa la composición mineral del agua de las fuentes allí ubicadas tiene una composición en donde se encuentra principalmente hierro, aunque suele acompañarse de bicarbonatos o sulfatos por eso tiene un color amarillo que las caracteriza.
- Parte del agua termal es conducida a otro pozo en donde el agua presenta una coloración amarilla probablemente a su alto contenido en hierro.

**Coordenadas:**

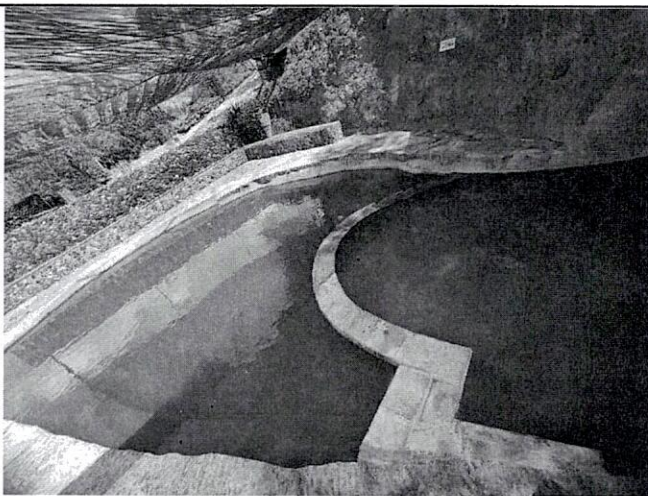
Latitud: 05°35'14.06" N  
Longitud: 73°31'57.6" O  
Altura: 2161 m.s.n.m  
Temperatura agua: 33°C



- Se evidencio otra fuente termal en las siguientes coordenadas:

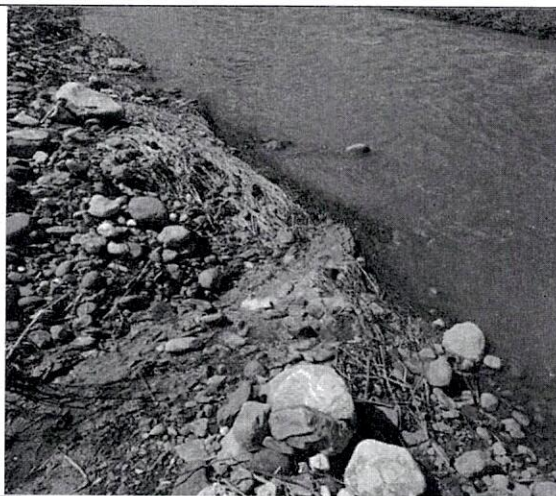


**Coordenadas:**  
**Latitud:** 05°35'13.95" N  
**Longitud:** 73°32'5.69" O  
**Altura:** 2150 m.s.n.m  
**Temperatura agua:** 34°C



- El vertimiento de estas aguas termales se realiza en el río Sáchica.

**Coordenadas:**  
**Latitud:** 05°18'17.77" N  
**Longitud:** 73°09'51.65" O  
**Altura:** 2114 m.s.n.m



## 9. FUENTES TERMALES EN EL MUNICIPIO DE IZA

El municipio de Iza limita al norte con Firavitoba, al oriente con Sogamoso, al sur con Cuítiva y al occidente con Pesca.

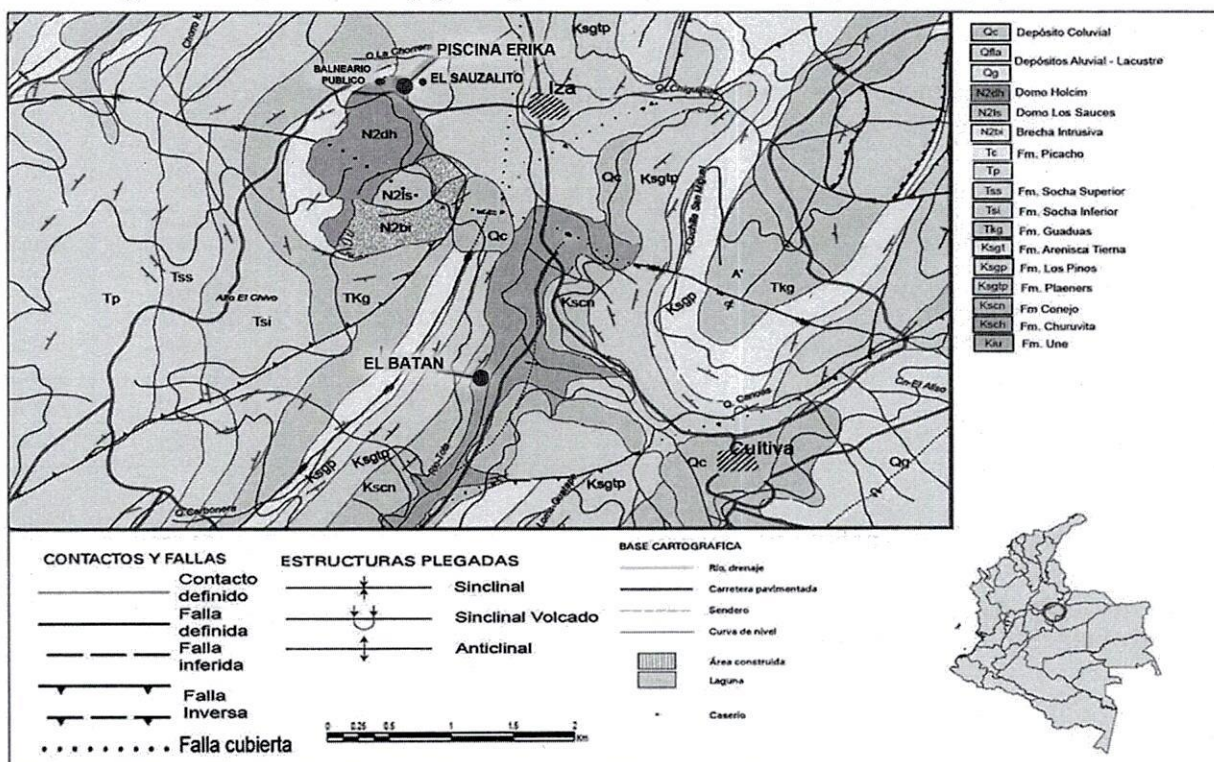
### 9.1. Geología

De acuerdo con el SGC estas aguas termales se ubican sobre depósitos cuaternarios asociados con los valles de los ríos Tota y Pesca que por su juventud se constituyen en acuíferos potenciales debido a la alta porosidad y permeabilidad. La ocurrencia se da a lo largo y ancho del valle de los ríos y su profundidad de explotación varía con el sitio. Los depósitos hidrotermales como en el caso de Erika y Pozo Verde corresponden a la formación geológica Andesitas el cual es de tipo ígneo intrusivo compuesto principalmente por riolitas y andesitas esta unidad se asocia con el cuerpo volcánico de Iza que corresponde a pulsos de ascenso de magma que al entrar en contacto con el acuífero da origen al calentamiento del agua.

Geológicamente en el municipio de Iza, afloran rocas de origen sedimentario, pertenecientes a las formaciones Conejo, Ermitaño, Guaduas, Socha Inferior, Socha Superior, Picacho y Concentración, además de un depósito de rocas ígneas intrusivas (riolitas) de origen hidrotermal, localizada al oeste del Municipio. Dichas rocas tienen edades que van desde el Cretácico Superior y Terciario Inferior las cuales se encuentran cubiertas parcialmente por depósitos aluviales y coluviales de edad Cuaternaria. Las formaciones antes mencionadas se extienden longitudinalmente en el área del Municipio con una orientación preferencial suroeste-noreste (SW-NE).



**Figura 20.** Localización y geología de las fuentes termales del municipio de Iza.



**Fuente:** Geología de la Plancha 192-I-A. INGEOMINAS

En la vereda Aguascalientes del municipio de Iza se encuentran las manifestaciones termales (pozo de Erika en la Figura 14), asociadas a un criptodomo de composición riolítica que cruza la parte inferior de la Formación Labor y Tierna (Rojas et al, 2009.) La temperatura varía entre 30°C y 35°C.

Para acceder a este manantial se toma una vía sin pavimentar desde la cabecera municipal por un kilómetro, hasta que el camino llega a una loma que es denominada como el *Domo Holcim*.

Según Rincón & Romero (1990), para el sistema geotérmico de Iza proponen la siguiente distribución:

- **Fuente de calor:** Magmática, responsable de la anomalía térmica regional.
- **Reservorio:** Arenitas de la formación Tierna, con permeabilidad primaria. Existe la posibilidad de un reservorio alterno conformado por las tobas del domo, con permeabilidad secundaria.
- **Capa Sello:** Lodolitas con intercalaciones de arenitas cuarzosas de la formación Guadalupe.
- **Zona de recarga:** Partes altas de la zona, fuertemente fracturadas con litologías que permiten la infiltración del agua.
- **Zona de descarga:** Manantiales asociados a zonas de debilidad, producidas por el cruce entre fallas. La zona de descarga del sistema geotérmico asociado al domo de Iza se presenta 24 km al SE de Paipa, en sector occidental del municipio de Iza, 5 km al NW de la Laguna de Tota. El manantial de Erika descarga aguas cloruradas neutras, probablemente de origen profundo.
- **Temperatura:** A partir de la identificación de minerales de alteración de alta temperatura en el cuerpo dómico (biotita y epidota), Aunque en superficie registra una temperatura de 47°C sus temperaturas geoquímicas indican hasta 250°C y su temperatura mínima probable, a partir del geotermómetro de sílice, indica 120°C (Alfaro, 2002 b).

#### **Análisis físico químico**

En los manantiales de Iza, la temperatura máxima registrada, en superficie, es de unos 50°C y su salinidad es moderada (hasta alrededor de 1600 mg/L). Estos manantiales tienen una composición del tipo sódico – clorurado, con un contenido de sólidos totales disueltos elevado comparativamente con otros manantiales termales aledaños. Esto sugiere el aporte de una fuente clorurada de reservorio profundo. (Alfaro 2001 en Alfaro et al. 2005).



**CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES HIROTHERMALES DEL MUNICIPIO DE IZA EN JURISDICCIÓN DE CORPOBOYACA.**

Como parte de la caracterización de las fuentes hidrotermales del municipio de Iza, se realizó reconocimiento a las siguientes fuentes:

**Tabla 8. Inventario de fuentes termales Municipio de Iza.**

| Nombre de la Fuente Termal | Latitud N    | Longitud W   | Altura (m.s.n.m) | Usuario/Expediente | Temperatura de Salida del agua (°C) * | PH (Unidades de pH) * | Conductividad eléctrica (µS/cm) * | Oferta Caudal (l/s) * |
|----------------------------|--------------|--------------|------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| EL SAUZALITO               | 05°36'29.30" | 72°59'18.99" | 2548             | Sin formalizar     | 33°                                   | 6,71                  | 2800                              | -----                 |
| PISCINA ERIKA POZO PEQUEÑO | 05°36'41.50" | 72°59'23.16" | 2554             | OOCA-00013-08      | 42°                                   | 6,71                  | 2800                              | 3,03                  |
| PISCINA ERIKA POZO GRANDE  | 05°36'41.42" | 72°59'23.01" | 2253             |                    | 48°                                   | -----                 | -----                             | -----                 |
| BALNARIO PUBLICO           | 05°36'41.42" | 72°59'23.47" | 2562             | -----              | -----                                 | 7,12                  | 8221                              | -----                 |

\*información proporcionada por el SGC

**Reconocimiento de las Fuentes Terales**

Durante la visita de inspección acular el día 14 de diciembre se realizó el monitoreo de la fuente identificadas obteniéndose lo siguiente:

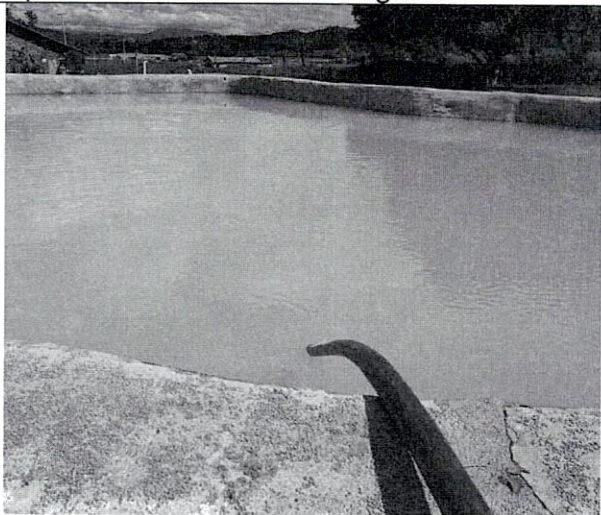
- La fuente termal corresponde a un pozo perforado a una profundidad de 62 metros revestido en tubería PVC de 4".

Coordenadas Pozo profundo:  
Latitud:05°36'28.38" N  
Longitud: 72°59'20.12" O  
Altura: 2552 m.s.n.m



- Mediante bombeo se llena la piscina una vez por semana, la descarga del agua termomineral se realiza para riego de pastos.
- El establecimiento el Sauzalito no cuenta con permiso de concesión de aguas.

Coordenadas fuente:  
Latitud:05°36'29.30" N  
Longitud: 72°59'18.99" O  
Altura: 2548 m.s.n.m  
Temperatura agua: 33°C





- En el establecimiento la Piscina Erika se encontraron dos pozos termominerales.

**Coordenadas fuente:**  
**Latitud:** 05°36'41.77" N  
**Longitud:** 72°59'22.31" O  
**Altura:** 2556 m.s.n.m  
**Temperatura agua:** 36°C



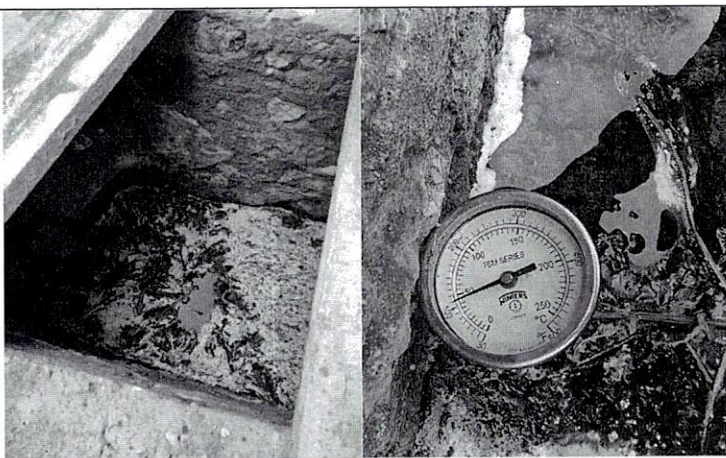
- Se evidencio un punto termomineral, denominado pozo pequeño.

**Coordenadas fuente:**  
**Latitud:** 05°36'41.50" N  
**Longitud:** 72°59'23.16" O  
**Altura:** 2554 m.s.n.m  
**Temperatura agua:** 42°C



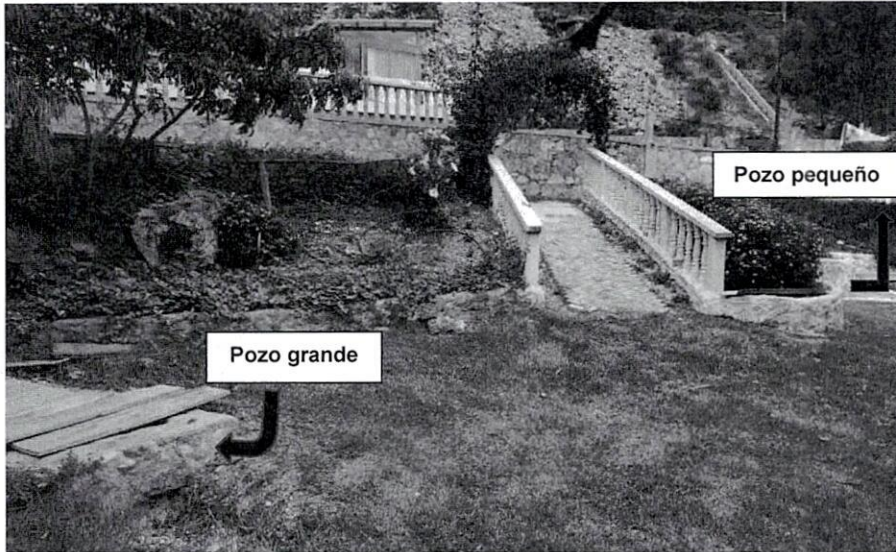
- Se evidencio un punto termomineral, denominado pozo termal grande.

**Coordenadas fuente:**  
**Latitud:** 05°36'41.42" N  
**Longitud:** 72°59'23.1" O  
**Altura:** 2553 m.s.n.m  
**Temperatura agua:** 48°C



- La descarga del agua se proyecta al alcantarillado del municipio de Iza.
- El trámite de concesión de aguas corresponde al expediente OOCA-00013-08.





- No se pudo acceder al punto termal de la fuente denominada Balneario Público por su extensa cobertura vegetal.

Coordenadas fuente:  
Latitud: 05°36'41.42" N  
Longitud: 72°59'23.47" O  
Altura: 2562 m.s.n.m



## 10. FUENTES TERMALES EN EL MUNICIPIO DE CUÍTIVA

El municipio de Cuitiva limita al norte con Iza y Sogamoso, al oriente con Aquitania, al sur con Aquitania y Tota y por el occidente con Tota e Iza.

*Cuenta con los manantiales termales de la vereda La Vega, en el complejo turístico de El Batán. Para acceder a este manantial desde la cabecera municipal del municipio de Cuítiva, se toma la carretera parcialmente pavimentada a el municipio de Iza, luego de tres kilómetros se encuentra la escuela de La Esperanza, se toma el camino sin pavimentar a la izquierda (occidente) hasta el final de este, en el complejo turístico los nacimientos de agua termal se encuentran encerrados por tanques de cemento.*

### 10.1. Geología

El origen geológico de las aguas de Termales El Batán se asocia principalmente a actividad tectónica, que de acuerdo con Alfaro y Cols en 2005: "se interpretan como estructuras de sótanos relacionadas con una fase tectónica extensional previa, que fue reactivada durante el levantamiento andino, preservando el carácter de roturas abiertas que facilitan el flujo del fluido hidrotermal; incluso se asumen como fallas de tal profundidad que permiten el ascenso de magmas y el volcanismo en el área."



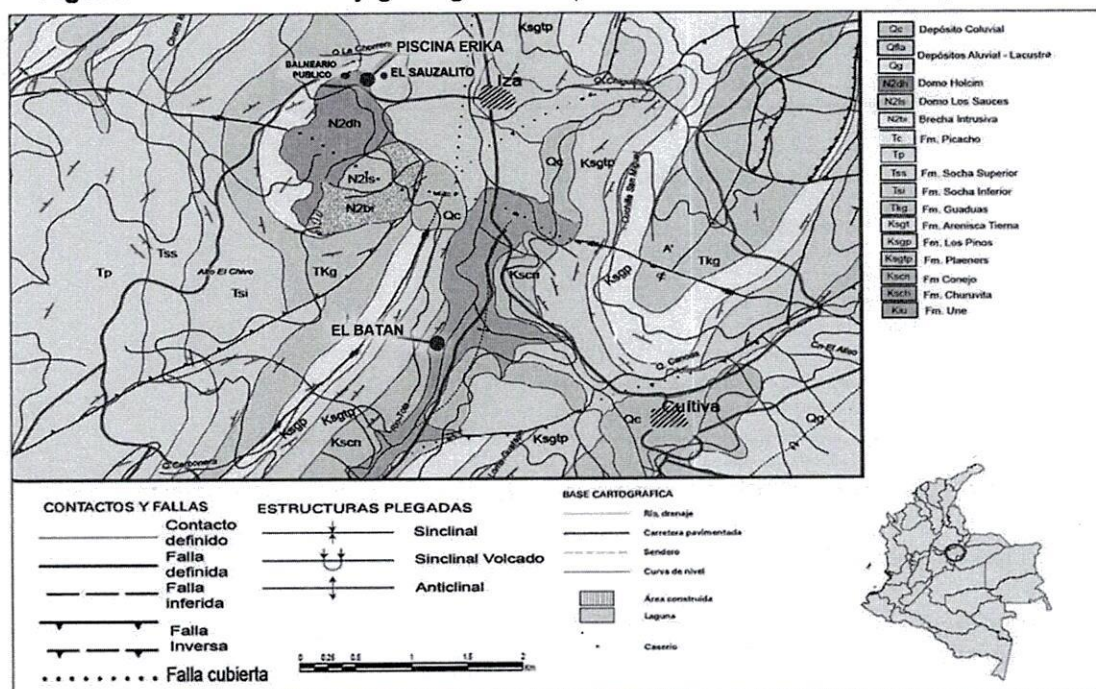
De acuerdo con Monsalve y otros en 2011, Cepeda y Pardo en 2004, *propusieron la existencia del volcán de Iza, a cuya actividad estarían relacionados emplazamientos de domos y anillos piroclásticos productos de actividad explosiva, determinando una edad para los eventos antiguos del volcán comprendida entre 2.1 y 2.5 millones de años.*

En 2011, Hernández P y Alexander EG, realizaron el primer estudio integrado de exploración geofísica de unos termales en el país, que permitió modelar contrastes significativos de resistividad eléctrica y de velocidad de ondas sísmicas asociadas a la presencia de una zona de fractura a partir de la cual emana la fuente de agua termal. Como Hallazgos del estudio que comprendió análisis de magnetometría, resistividad eléctrica, espectrografía de rayos gamma y refracción sísmica, se determinó que la continuidad de la fractura local asociada a la fuente termal es muy limitada.

*Los termales del Batán están asociados con el sistema termal del stock intrusivo de Paipa – Iza, Departamento de Boyacá. Estos termales están localizados en la vecindad del intrusivo de Iza, de edad Plioceno-Pleistoceno, el cual incluye flujos de lava, rocas piroclásticas riolíticas, areniscas, limolitas, calizas y conglomerados de edades cretácicas a terciarias.*

*Las fumarolas de vapor de El Batán son las principales manifestaciones superficiales en las cuales la temperatura caliente de las emanaciones puede estar asociada con la presencia de cámaras magmáticas y el calor generado por el movimiento plástico de las fallas regionales.*

**Figura 21.** Localización y geología de las fuentes termales del municipio de Iza.



## 10.2. Hidrogeología

*Las aguas termales del Batán emergen en la ribera del río Tota, en las cercanías de la falla La Carbonera es cartografiada un kilómetro al occidente del manantial del Batán. Esta falla es de "tipo de cabalgamiento con una dirección aproximada de N25E con vergencia al NW" (Rojas et al, 2009).*

Ulloa et al (1992), consideran en el curso del río Tota una falla cubierta que continua hasta el municipio de Firavitoba. Este trazo podría estar controlando el paso de fluidos para los manantiales termales de Cuítiva. Las aguas termales del municipio de Cuítiva son del tipo sódico – bicarbonatado, con concentraciones ferrosas apreciables.

**Zona de Recarga:** Con respecto a la zona de recarga de los manantiales las aguas termales de Iza (dentro de estas las de El Batán) son isotópicamente más livianas y, según la correlación encontrada con el agua de precipitación del área de Paipa, su elevación de recarga es de entre 3200 y 3500 m.s.n.m.4 lo que sugiere que la conexión factible entre estas dos áreas volcánicas similares por medio de una falla regional, podría implicar la posibilidad de condiciones de depósito similares para ambos lugares (Paipa e Iza).



El sistema es recargado por agua meteórica de los acuíferos locales de niveles de arenisca y los depósitos aluviales cuaternarios del río Tota.

**Análisis Fisicoquímico:** El agua de Termales el Batán emerge a una temperatura que oscila entre los 57°C y los 58.9°C, el pH es de 7.4. El análisis químico básico se aprecia en la Tabla 9. De análisis básico se desprende que se trata de un agua hipertermal de pH neutro de mineralización débil, con predominio de bicarbonato y sodio.

**Tabla 9.** Análisis Fisicoquímico de Manantial de Termales El Batán, en Cuítiva.

|                 | mg/L   | mEq/L  | % mEq/L |
|-----------------|--------|--------|---------|
| <b>Aniones</b>  |        |        |         |
| Bicarbonatos    | 240,00 | 3,9336 | 77,40%  |
| Carbonatos      | 0,00   | 0,0000 | 0,00%   |
| Cloruros        | 40,00  | 1,1280 | 22,19%  |
| Sulfatos        | 1,00   | 0,0208 | 0,41%   |
| Nitratos        | <0,1   |        |         |
| Nitritos        | <0,001 |        |         |
|                 |        | 5,0824 | 100%    |
| <b>Cationes</b> |        |        |         |
| Calcio          | 52,00  | 2,5948 | 28,38%  |
| Magnesio        | 22,00  | 1,8093 | 19,79%  |
| Sodio           | 100,00 | 4,3480 | 47,56%  |
| Potasio         | 15,00  | 0,3837 | 4,20%   |
| Hierro          | 0,20   | 0,0072 | 0,08%   |
|                 |        | 9,1429 | 100%    |

**MANANTIAL EL BATAN**  
**en Cuítiva, Boyacá, Colombia.**

|                                    |            |       |
|------------------------------------|------------|-------|
| Solidos Totales                    | 416        | mg/L  |
| Temperatura del agua               | 57,0       | °C    |
| Caudal                             |            | L/sg  |
| pH                                 | 7,4        |       |
| CO <sub>2</sub> libre              | 7,0        | mg/L  |
| Sulfuro de Hidrogeno               |            | mg/L  |
| Temperatura media anual de la zona |            | 15 °C |
| Fecha Toma de muestra analítica*   | 23/03/2002 |       |

\*Toma de muestra y análisis realizados por Laboratorio de INGENIERIA AMBIENTAL Instituto de ensayos e investigaciones.  
Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia

Fuente: Análisis realizado por Gala Termal en 2014, con datos del laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia.

**Reconocimiento de las Fuentes Termales:**

Durante la visita de inspección ocular el día 14 de diciembre se realizó el reconocimiento de la fuente identificada obteniéndose lo siguiente:

- Se evidencio un punto termal denominado Nacimiento 1, tapa cuadrada.

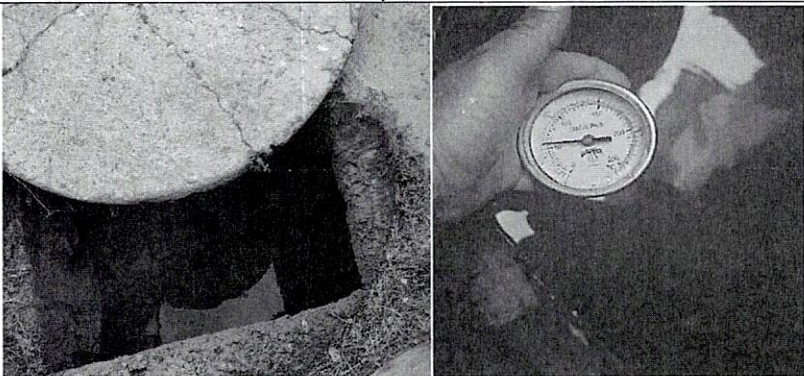
Coordenadas fuente:  
Latitud: 05°35'12.59" N  
Longitud: 72°59'04.21" O  
Altura:  
Temperatura agua: 57°C





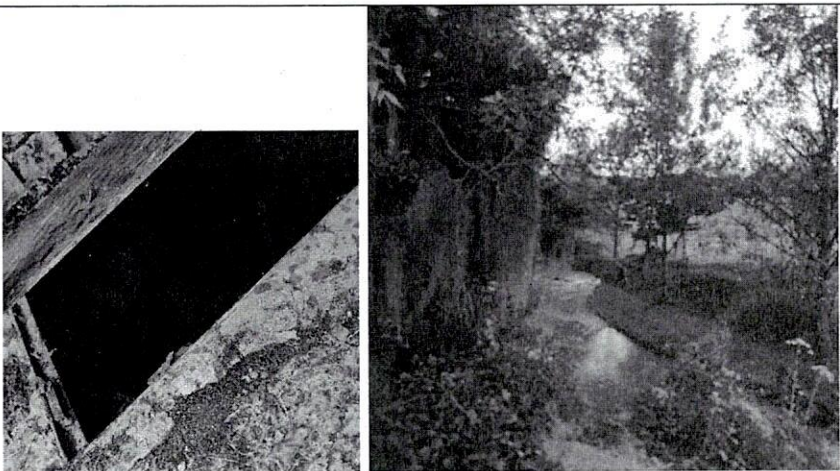
- Se evidencio un punto termal denominado Nacimiento 2, tapa redonda.

**Coordenadas fuente:**  
**Latitud:** 05°35'12.60" N  
**Longitud:** 72°59'04.15" O  
**Altura:**  
**Temperatura agua:** 58°C



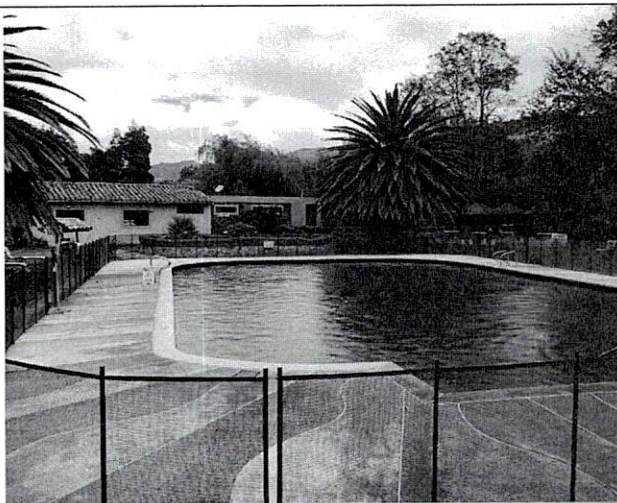
- Se evidencio un punto termal denominado Nacimiento 3

**Coordenadas fuente:**  
**Latitud:** 05°35'13.76" N  
**Longitud:** 72°59'03.77" O  
**Altura:** 2585 m.s.n.m  
**Temperatura agua:** 55°C



- Las descargas de las fuentes termominerales después de su uso recreativo se conducen a una laguna de oxidación y posterior a una planta de tratamiento de uso no doméstico.
- El lavado de la Piscina-Hotel es cada 8 días y las piscinas del balneario se hace cada 15 días.
- Como control llevan bitácoras de temperatura y parámetros generales en las piscinas.
- El trámite de concesión de aguas hace parte del expediente CAPV-00002-09.

**Coordenadas fuente:**  
**Latitud:** 05°35'14.44" N  
**Longitud:** 72°59'04.13" O  
**Altura:** 2565 m.s.n.m.  
**Temperatura agua:** 36°C



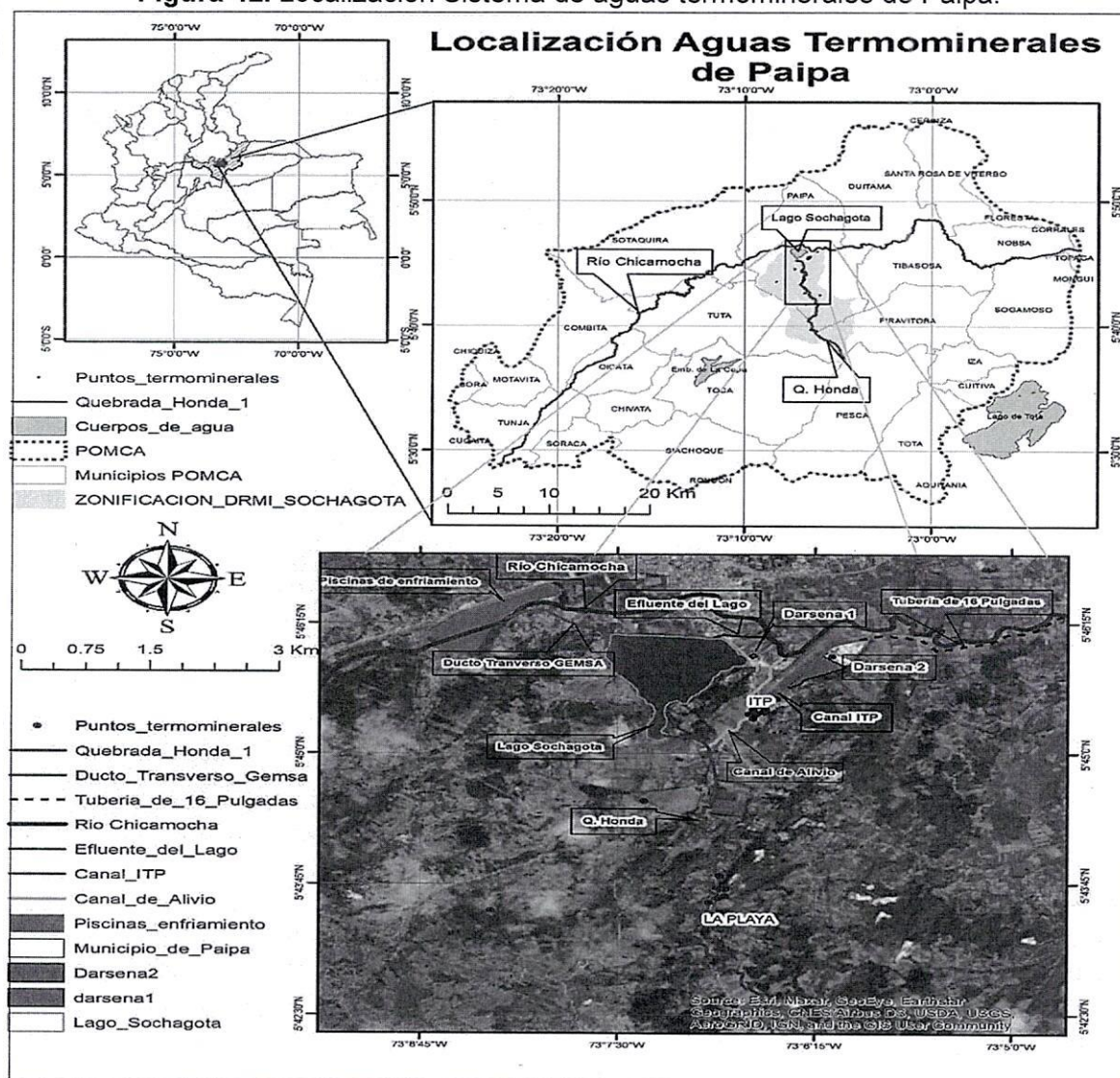
## 11. FUENTES TERMALES EN EL MUNICIPIO DE PAIPA

El área que comprende el sistema de aguas termominerales de Paipa está localizada regionalmente en el departamento de Boyacá, hace parte del municipio de Paipa, comprende los afloramientos de agua termomineral, Quebrada Honda, Quebrada Seca (Canal de Alivio), el Lago Sochagota y del Río Chicamocha



en donde ocurre la interacción del sistema en los procesos de producción (afloramiento), recolección, almacenamiento y vertimiento de las aguas termominerales.

**Figura 42. Localización Sistema de aguas termominerales de Paipa.**



De acuerdo con el informe del servicio geológico colombiano “Actualización del modelo conceptual del área geotérmica de Paipa, 2017” se presenta una descripción del sistema de aguas termominerales desde el contexto geológico-científico, con el cual se busca contextualizar acerca del origen del sistema de aguas termominerales de Paipa.

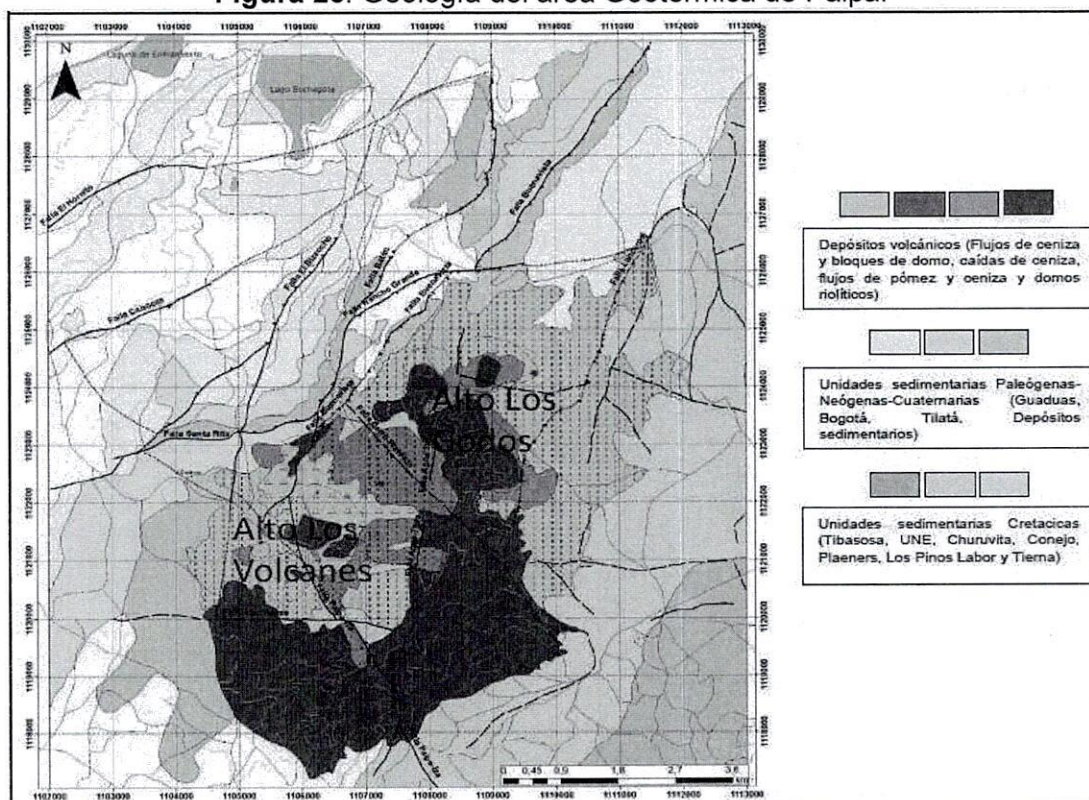
El servicio geológico colombiano ha realizado la integración de los resultados geológico, geofísicos, geoquímicos y modelación geológica del sistema geotérmico de Paipa con el fin de obtener el modelo conceptual.

### 11.1. Geología

El área geotérmica de Paipa presenta afloramientos de rocas sedimentarias de edad Cretácica (formaciones Tibasosa, Une, Churuvita, Conejo, Plaeners, Los Pinos, Labor y Tierna y Guaduas), de edad Paleógena (formación Bogotá), Neógena (Tilatá) y Cuaternaria (depósitos aluviales, lacustres y fluviolacustres) y una brecha hidrotermal (una serie de cuerpos dómicos sedimentarios controlados por las fallas Canocas y El Cruce, producidos por el emplazamiento de cuerpos volcánicos desde cámaras magmáticas ascendentes). El basamento está conformado por rocas metamórficas (filitas, esquistos y gneises). En la zona se registra la ocurrencia de rocas volcánicas de composición ácida (riolitas alcalinas y traquitas), cartografiadas por Cepeda & Pardo (2004) y Rueda (2016). Las rocas volcánicas están conformadas por domos y depósitos piroclásticos cuya distribución muestra una tendencia noreste.



**Figura 25. Geología del área Geotérmica de Paipa.**



**Fuente:** Actualización del modelo conceptual del área geotérmica de Paipa, 2017.

## 11.2. Hidrogeología

De acuerdo con la información hidrogeológica del SGC, en el área geotérmica de Paipa, **las formaciones Une y miembro basal de la formación Tibasosa, tendrían la mayor probabilidad de infiltración y circulación profunda en la zona de domos.** La capacidad de infiltración de las demás formaciones aflorantes estaría condicionada con la permeabilidad variable y limitada en profundidad y restringida hacia el norte y occidente del área. Los acuíferos del área se agruparon en “acuíferos someros” a la agrupación de la mayoría de las formaciones sedimentarias aflorantes y a la **formación Une como acuífero Profundo.**

La distribución de los afloramientos de la formación Une (acuífero Profundo) en el **anticlinal de Tibasosa –Toledo**, cerca de la pila sedimentaria cretácica y a poca profundidad en la zona entre domos, **permite la recarga del sistema desde la infiltración promovida por el gradiente hidráulico desde el anticlinal, que se constituiría en un reservorio sedimentario del fluido termal,** entre domos (que actuarían como medio confinante y fuente de calor) y serviría como conducto de circulación lateral hacia el norte, desde el reservorio sedimentario. Los niveles arcillosos, encontrados en toda la secuencia sedimentaria, podrían actuar como capas impermeables y aislante térmico del agua caliente circulante, es decir, como capa sello del sistema geotérmico.

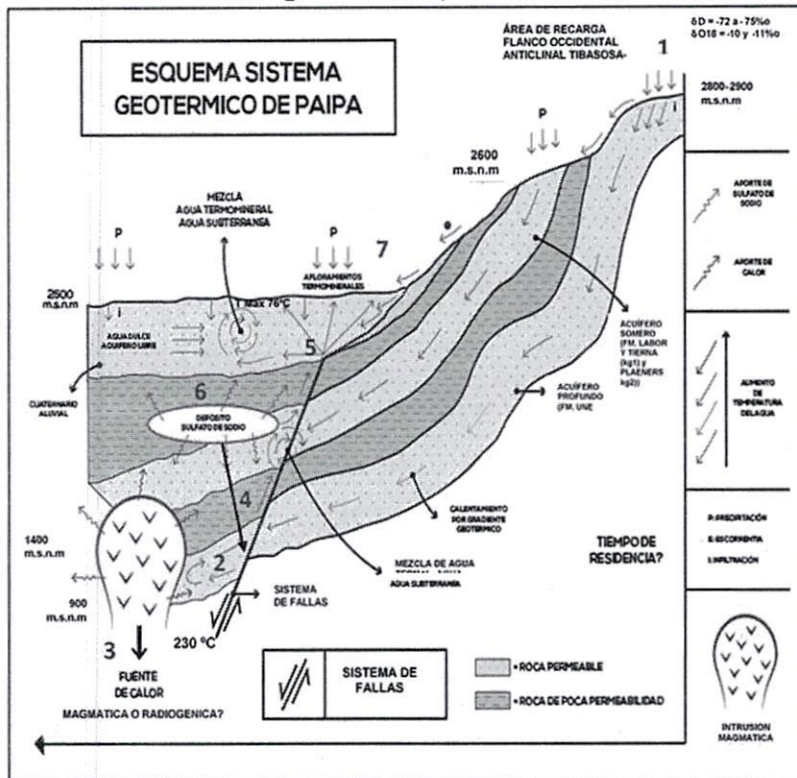
El SGC menciona que *la circulación del agua subterránea tendría una dirección dominante hacia el norte, en donde está el sistema geotérmico, siguiendo la inclinación del terreno, hacia el Río Chicamocha, a través de niveles de porosidad primaria y secundaria relativamente alta, de la misma formación Une.*

## 11.3. Modelo Conceptual del área geotérmica de Paipa SGC

Corpoboyacá ha realizado la representación gráfica del sistema geotérmico de Paipa el cual se presenta a continuación:



**Figura 24. Representación gráfica del sistema geotérmico de Paipa**



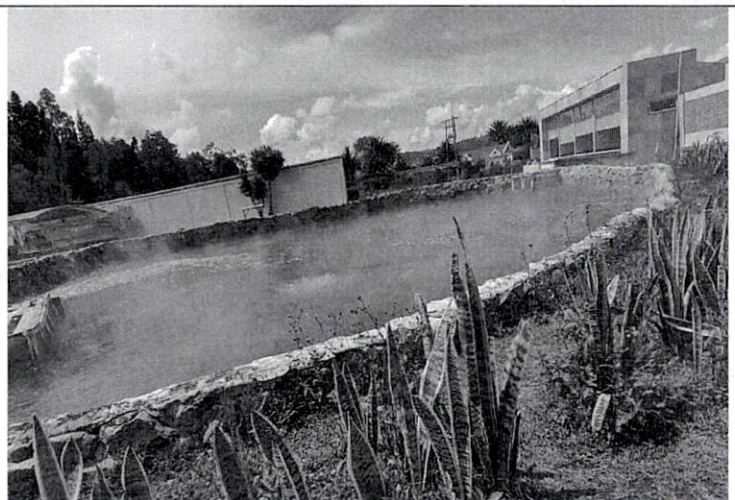
- 1. Área de Recarga:** 2800-2900 m.s.n.m, formación Une, Anticinal de Tibasosa Toledo
- 2. Reservorio:** los estratos permeables de la formación Une y entre rocas cristalinas, intrusiones ígneas y rocas del basamento.
- 3. Fuente de calor:** Origen magmático (intrusiones asociadas al alto los volcanes y alto los godos) o de origen radiogenico.
- 4. Sello:** estratos arcillosos de la formación Churivita, Une y depósitos vulcano sedimentarios meteorizados.
- 5. Zona de Descarga:** Manantiales de la zona ITP – Lanceros y de la zona de la playa.
- 6. Fuente sulfatada Sódica (sales):** de origen profundo partir de la disolución de evaporitas alojadas en niveles inferiores de la secuencia sedimentaria al occidente y noroccidente del área.

Fuente. Corpoboyacá 2022

#### 11.4. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES HIDROTHERMALES DEL MUNICIPIO DE PAIPA EN JURISDICCIÓN DE CORPOBOYACA.

En el presente inventario se registran los datos obtenidos en Ortiz & Alfaro (2009) para cinco de los manantiales del sistema geotérmico asociado al Volcán de Paipa: Pozo Azul, Ojo del Diablo, El Delfín, La Playa y Olitas, así como los termales de Salpa, Pozo Escondido, El Hervidero y el Fondo de la Piscina Olímpica registrados en Alfaro.

Pozo Azul, es el manantial termal con mayor caudal en la región (6,8 L/s, Puerto et al, 2009), surte a las piscinas termales del sector del ITP. En un rango de 500m emergen más manantiales termales de caudales considerables, estos en su totalidad son los explotados por la industria turística en el área del Lago Sochagota.



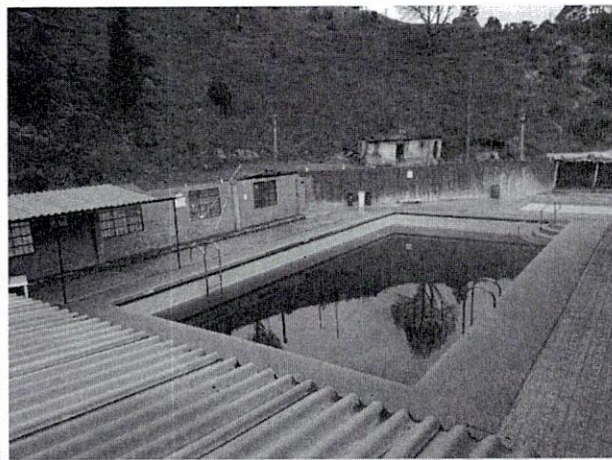


*El manantial conocido como Ojo del Diablo se encuentra a 200 metros al occidente de Pozo Azul. Este es el manantial termal que presenta mayor temperatura en el municipio de Paipa (< 70 °C).*

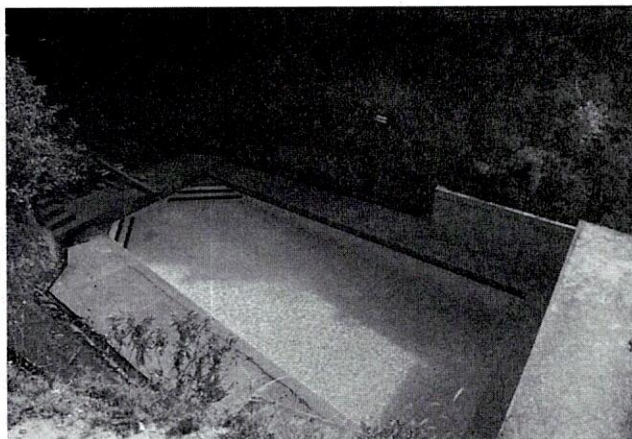


*Los manantiales de Pozo Azul y del Ojo del Diablo presentan una concentración iónica extremadamente elevada (> 40,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Este valor anómalo se debe a la influencia de un depósito salino de sulfatos sódicos principalmente, la cual enmascara la composición química del agua como registra Alfaro (2002).*

*El manantial del Delfín y de La Playa, presentan elevadas concentraciones iónicas por la misma influencia salina, pero sus valores son menores a los de Pozo Azul y el Ojo del Diablo probablemente debido a que se encuentran más alejados de la ocurrencia principal del agua salada en las salinas de Salpa.*



*El manantial termal de Olitas es de menor temperatura (24,3 °C) del sistema geotérmico de Paipa y presenta un caudal significativo (>3 l/s).*



### 5.1.1 Fuentes Termominerales

Durante el desarrollo de los proyectos; convenio interadministrativo Corpoboyacá - UPTC, 2011, el contrato suscrito entre Corpoboyacá y Proagua en el 2014 y las diferentes campañas de monitoreo realizadas por Corpoboyacá se han identificado las principales fuentes de agua termomineral, distribuidos a lo largo del área desde el sector Olitas en la vereda Quebrada Honda, hasta el casco urbano del municipio de Paipa, 11 de estos puntos de agua, fueron referenciados por Corpoboyacá mediante amojonamiento. Ver tabla 10.



**Tabla 10. Puntos de agua termomineral, sector de Paipa.**

| Punto | Nombre                                                 | Coordenadas   |                | Estado de Uso           | Caudal l/s                                                       |
|-------|--------------------------------------------------------|---------------|----------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
|       |                                                        | Latitud Norte | Longitud Oeste |                         |                                                                  |
| 1     | Termales / manantial Olitas* (Agua Dulce)              | 5°41'41,69"   | 73°6'42,39"    | Acueducto sector olitas | 3,63 (2019)                                                      |
| 2     | Loma Tibia (Agua Dulce)                                | 5°42'25,61"   | 73°05'57,9"    | Domestico               | ---                                                              |
| 3     | El Hervidero                                           | 5°42'35,74"   | 73°06' 45,21"  | Sin Uso                 | ----                                                             |
| 4     | El Hervidero (Herviderito)*                            | 5° 42' 36,7"  | 73°06' 47,8"   | Sin Uso                 | ---                                                              |
| 5     | Manantial El Batan 1 (Piscina La playa)*               | 5°43'26,85"   | 73°6'56,61"    | Recreativo              | 0,945 (2019)                                                     |
| 6     | Pozo El Batan 2 (Piscina La Playa)                     | 5°43'27,27"   | 73° 6'56,27"   | Recreativo              | 0,778<br>(27/11/2018)                                            |
| 7     | Pozo El Sauz 1(Playa Verde)                            | 5°43'34,75"   | 73° 6'55,06"   | Sin Uso                 | 0,138 a 0,147<br>(27/11/2018)                                    |
| 8     | Tina La curiosidad Caliente (Contra la peña)*          | 5°43'37,21"   | 73°6'51,55"    | Recreativo              | 0,05 (2019)                                                      |
| 9     | Tina La curiosidad fría* (Agua Dulce)                  | 5°43'38,26"   | 73°6'49,14"    | Sin identificar         | ----                                                             |
| 10    | El Delfín 1 (Contra La Peña)                           | 5°43'45,41"   | 73° 6'49,47"   | Recreativo              | 2,76 (2019)                                                      |
| 11    | El Delfín 2*                                           | 5°43'42,47"   | 73°6'48,94"    | Recreativo              | 1,41 (2019)                                                      |
| 12    | Delfín 3                                               | 5°43'42,5"    | 73°6'50,9"     | Sin Uso                 | 0,845 (2020)                                                     |
| 13    | Manantial NN1 (Alejandrina de Carmen Camargo de Ochoa) | 5°43'43,16"   | 73° 6'51,95"   | Sin Uso                 | 0,132 a 0,140<br>(27/11/2018)                                    |
| 14    | Pozo Profundo Finca las Minas (OOPE-00038-16)          | 5°43'50,0"    | 73°6'51,11"    | Sin Uso                 | 1,5<br>(2 l/s por 18 hrs, Prueba de Bombeo)                      |
| 15    | Pozo Azul*                                             | 5°45'25,7"    | 73° 6'33,7"    | Recreativo              | 6,1 (Oferta natural)<br>10,619 (Oferta Max)<br>2017              |
| 16    | Pozo Hotel Panorama                                    | 5°45'25,1"    | 73° 6'38,4"    | Recreativo              | 2,8 (Oferta natural)<br>4,085 (Oferta Max)<br>2017               |
| 17    | Pozo de Apoyo Hotel Sochagota                          | 5°45'23,5"    | 73° 6'33,9"    | Recreativo              | 4,589(Oferta natural)<br>11,381 (Oferta Max)<br>2017, Sistema 3, |
| 18    | Pozo Hotel Sochagota*                                  | 5°45'23,7"    | 73° 6'34,9"    | Recreativo              |                                                                  |
| 19    | Pozo Hotel Casona del Salitre                          | 5°45'22,9"    | 73° 6'37,0"    | Recreativo              |                                                                  |
| 20    | Pozo Hotel Lanceros (Ojo de Diablo                     | 5°45'22,5"    | 73° 6'37,3"    | Recreativo              |                                                                  |
| 21    | Ojo del Diablo*                                        | 5°45'22,7"    | 73° 6'37,5"    | Sin Uso                 |                                                                  |
| 22    | Pozo Escondido Hotel Estelar                           | 5°45'22,0"    | 73° 6'38,4"    | Recreativo              | 0,042(Oferta natural)<br>0,253(Oferta Max)<br>2017               |
| 23    | Afloramiento Pozo Blanco                               | 5°45'22,7"    | 73° 6'40,0"    | Sin Uso                 | 0,08 (2017)                                                      |
| 24    | Afloramiento Parqueadero Hotel Lanceros (Cíclico)*     | 5°45'20,2"    | 73° 6'38,5"    | Sin Uso                 | 0,176 (2017)                                                     |
| 25    | Pozo Maderos                                           | 5°45'24,87"   | 73°06'33,55"   | Recreativo              | 0,342 (2017)                                                     |
| 26    | Afloramiento sobre la vía del Hotel Lanceros           | 5°45'27,91"   | 73°06'36,14"   | Sin Uso                 | ----                                                             |
| 27    | Pozo Cuadrado                                          | 5°45'27,76"   | 73°06'36,51"   | Sin Uso                 | ----                                                             |
| 28    | Pozo Baños termales antiguos                           | 5°45'31,4"    | 73°06'29,7"    | Sin Uso                 | ----                                                             |
| 29    | Termales Marismas (Salpa)*                             | 5°45'55,7"    | 73°06'8,4"     | Sin Uso                 | ----                                                             |
| 30    | Pozo ITA* ( Agua Dulce)                                | 5°44'32,83"   | 73°07'19,90"   | Domestico               | 2,69<br>SGC 2016, Modelo hidrogeológico Boyacá centro            |
| 31    | Pozo vereda Salitre (Agua Dulce) (OOPE-00010-17)       | 5°43'30,0"    | 73°08'18,2"    | Domestico               | ----                                                             |

Las fuentes termominerales afloran en dos sectores sector ITP y sector La Playa, durante las campañas de monitoreo realizadas por Corpoboyacá se han priorizado las fuentes termominerales y definido la oferta natural y la oferta máxima de cada una de las fuentes priorizadas.

La oferta natural corresponde a la cantidad de agua que aflora naturalmente en cada uno de los pozos a nivel del terreno. La oferta máxima es la cantidad de agua que aflora naturalmente en cada uno de los pozos en el nivel más bajo posible de la lámina de agua, condición que se logra extrayendo el agua por medio de bombeo hasta la cota más baja del pozo.



## 12. OFERTA, DEMANDA Y CALIDAD DE LAS FUENTES HÍDRICAS INVOLUCRADAS AL SISTEMA DE AGUAS TERMOMINERALES DE BOYACA

En total fueron inventariados 28 manantiales termales en territorio del Departamento de Boyacá. A continuación, se muestran las principales fuentes en jurisdicción de CORPOBOYACA y sus características en cuanto oferta, demanda calidad de las fuentes hídricas que hacen parte del sistema de agua termomineral del departamento.

**Tabla 11.** Inventario de Manifestaciones Hidrotermales en Jurisdicción de CORPOBOYACA

| Inventario de Manifestaciones Hidrotermales en Jurisdicción de CORPOBOYACA |                                               |                                              |              |               |                                                         |                   |                                     |                     |                                 |                            |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|---------------|---------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Numero                                                                     | Municipio donde se encuentra la Fuente Termal | Nombre de la Fuente Termal                   | Latitud N    | Longitud W    | Nombre de la vereda Donde se Encuentra la Fuente Termal | Altura (m.s.n.m.) | Temperatura de Salida del agua (°C) | PH (Unidades de pH) | Conductividad Eléctrica (µS/cm) | Oferta Caudal (l/s)        |
| 1                                                                          | PAIPA                                         | Termales / manantial Olitas (Agua Dulce)     | 5°41'41,69"  | 73°6'42,39"   | Quebrada Honda                                          | 2530              | 19,42                               | 5,08                | 198,1                           | 3,63 (2019)                |
| 2                                                                          | PAIPA                                         | Loma Tibia (Agua Dulce)                      | 5°42'25,61"  | 73°05'57,9"   | Venta de Llano                                          |                   | 22,1                                | 6,38                | 92,2                            | 1,63                       |
| 3                                                                          | PAIPA                                         | El Hervidero                                 | 5°42'35,74"  | 73°06' 45,21" | La Playa                                                | 2600              | 21,8                                | 3,7                 | 103,2                           | ----                       |
| 4                                                                          | PAIPA                                         | El Hervidero (Herviderito)*                  | 5° 42' 36,7" | 73°06' 47,8"  | La Playa                                                |                   | 20                                  | 6                   | 300                             | ---                        |
| 5                                                                          | PAIPA                                         | Manantial El Batan 1 (Piscina La playa)      | 5°43'26,85"  | 73°6'56,61"   | La Playa                                                |                   | 71,4                                | 7,57                | 23400                           | 0,945 (2019)               |
| 6                                                                          | PAIPA                                         | Pozo El Batan 2 (Piscina La Playa)           | 5°43'27,27"  | 73° 6'56,27"  | La Playa                                                |                   |                                     |                     |                                 | 0,778 (27/11/2018)         |
| 7                                                                          | PAIPA                                         | Pozo El Sauz 1(Playa Verde)                  | 5°43'34,75"  | 73° 6'55,06"  | La Playa                                                |                   | 50                                  |                     |                                 | 0,138 a 0,147 (27/11/2018) |
| 8                                                                          | PAIPA                                         | Tina La curiosidad Caliente (Contra la peña) | 5°43'37,21"  | 73°6'51,55"   | La Playa                                                |                   | 36,2                                | 7,16                | 49000                           | 0,05 (2019)                |
| 9                                                                          | PAIPA                                         | Tina La curiosidad fría (Agua Dulce)         | 5°43'38,26"  | 73°6'49,14"   | La Playa                                                |                   | 24                                  | 7,26                | 53000                           | ----                       |
| 10                                                                         | PAIPA                                         | El Delfin 1 (Contra La Peña)                 | 5°43'45,41"  | 73° 6'49,47"  | La Playa                                                | 2418              | 61,5                                | 7,73                | 44000                           | 2,76 (2019)                |
| 11                                                                         | PAIPA                                         | El Delfin 2                                  | 5°43'42,47"  | 73°6'48,94"   | La Playa                                                |                   | 54,6                                | 7,33                | 53700                           | 1,41 (2019)                |
| 12                                                                         | PAIPA                                         | Delfin 3                                     | 5°43'42,5"   | 73°6'50,9"    | La Playa                                                |                   | 50                                  |                     |                                 | 0,845 (2020)               |



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ**  
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

|    |       |                                                              |             |              |           |      |      |      |       |                                                                        |
|----|-------|--------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-----------|------|------|------|-------|------------------------------------------------------------------------|
| 13 | PAIPA | Manantial NN1<br>(Alejandrina de Carmen<br>Camargo de Ochoa) | 5°43'43,16" | 73° 6'51,95" | La Playa  |      | 33   |      |       | 0,132 a 0,140<br>(27/11/2018)                                          |
| 14 | PAIPA | Pozo Profundo Finca las<br>Minas (OOPE-00038-16)             | 5°43'50,0"  | 73°6'51,11"  | La Playa  |      | 86   |      |       | 1,5<br>(2 l/s por 18 h,<br>Prueba de<br>Bombeo)                        |
| 15 | PAIPA | Pozo Azul*                                                   | 5°45'25,7"  | 73° 6'33,7"  | Esperanza |      | 51   | 6,93 | 48000 | 6,1 (Oferta<br>natural)<br>10,619 (Oferta<br>Max)2017                  |
| 16 | PAIPA | Pozo Hotel Panorama                                          | 5°45'25,1"  | 73° 6'38,4"  | Esperanza |      | 38,3 | 6,87 | 47200 | 2,8 (Oferta<br>natural)<br>4,085 (Oferta<br>Max) 2017                  |
| 17 | PAIPA | Pozo de Apoyo Hotel<br>Sochagota                             | 5°45'23,5"  | 73° 6'33,9"  | Esperanza |      | 53,3 | 6,8  | 46800 | 4,589(Oferta<br>natural)<br>11,381 (Oferta<br>Max) 2017,<br>Sistema 3, |
| 18 | PAIPA | Pozo Hotel Sochagota*                                        | 5°45'23,7"  | 73° 6'34,9"  | Esperanza |      | 50,9 | 7,32 | 45100 |                                                                        |
| 19 | PAIPA | Pozo Hotel Casona del<br>Salitre                             | 5°45'22,9"  | 73° 6'37,0"  | Esperanza |      | 47,1 | 7,72 | 45200 |                                                                        |
| 20 | PAIPA | Pozo Hotel Lanceros (Ojo<br>de Diablo                        | 5°45'22,5"  | 73° 6'37,3"  | Esperanza |      | 71,8 | 7,28 | 46500 |                                                                        |
| 21 | PAIPA | Ojo del Diablo*                                              | 5°45'22,7"  | 73° 6'37,5"  | Esperanza | 2442 | 71,9 | 7,33 | 46100 |                                                                        |
| 22 | PAIPA | Pozo Escondido Hotel<br>Estelar                              | 5°45'22,0"  | 73° 6'38,4"  | Esperanza |      | 23,9 | 7,22 | 41800 | 0,042(Oferta<br>natural) 0,253<br>(Oferta Max) 2017                    |
| 23 | PAIPA | Afloramiento Pozo Blanco                                     | 5°45'22,7"  | 73° 6'40,0"  | Esperanza | 2495 | 70   |      |       | 0,08 (2017)                                                            |
| 24 | PAIPA | Afloramiento Parqueadero<br>Hotel Lanceros (Cíclico)*        | 5°45'20,2"  | 73° 6'38,5"  | Esperanza | 2500 | 52   | 7    | 43000 | 0,176 (2017)                                                           |
| 25 | PAIPA | Pozo Maderos                                                 | 5°45'24,87" | 73°06'33,55" | Esperanza |      |      |      |       | 0,342 (2017)                                                           |
| 26 | PAIPA | Afloramiento sobre la vía<br>del Hotel Lanceros              | 5°45'27,91" | 73°06'36,14" | Esperanza |      |      |      |       | -----                                                                  |
| 27 | PAIPA | Pozo Cuadrado                                                | 5°45'27,76" | 73°06'36,51" | Esperanza |      |      |      |       | -----                                                                  |
| 28 | PAIPA | Pozo Baños termales<br>antiguos                              | 5°45'31,4"  | 73°06'29,7"  | Esperanza |      | 29,7 | 7,16 | 39200 | -----                                                                  |
| 29 | PAIPA | Termales Marismas<br>(Salpa)*                                | 5°45'55,7"  | 73°06'8,4"   | Esperanza | 2500 | 22   | 6,43 | 55900 | -----                                                                  |





**Corpoboyacá**

Región Estratégica para la Sostenibilidad

## CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ

Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

|    |             |                                  |             |              |               |      |      |      |       |                                                                |
|----|-------------|----------------------------------|-------------|--------------|---------------|------|------|------|-------|----------------------------------------------------------------|
| 30 | PAIPA       | Pozo ITA* (Agua Dulce)           | 5°44'32,83" | 73°07'19,90" | Salitre       |      | 19,9 | 6,42 | 169   | 2,69<br>SGC 2016,<br>Modelo<br>hidrogeológico<br>Boyacá centro |
| 31 | PAIPA       | Pozo vereda Salitre (Agua Dulce) | 5°43'30,0"  | 73°08'18,2"  | Salitre       |      | 27,5 | 4,84 | 143,6 | ----                                                           |
| 32 | IZA         | Piscinas Erika                   | 5°36'41,6"  | 72°59'22,4"  | Agua Caliente | 2740 | 44,7 | 6,71 | 2800  | 3,03                                                           |
| 33 | IZA         | Balneario Público                | 5°36'42.43" | 72°59'22.95" | Agua Caliente |      | 33,7 | 7,12 | 8.221 |                                                                |
| 34 | CUITIVA     | Piscina El Batan Pozo 1          | 5°35'12,7"  | 72°59'04,2"  | La Vega       | 2437 | 57,1 | 8,38 | 639   | 0,79                                                           |
| 35 | CUITIVA     | Piscina El Batan Pozo 2          | 5°35'12,7"  | 72°59'04,1"  | La Vega       | 2439 | 58,3 | 8    | 640   | 0,99                                                           |
| 36 | CUITIVA     | Piscina El Batan Nacimiento 3    | 5°35'14,0"  | 72°59'03,6"  | La Vega       | 2440 | 33,2 | 6,81 | 660   | 4,37                                                           |
| 37 | GÜICÁN      | Manantial El Tejar               | 6°27'43"    | 72°25'45"    | San Luis      | 2525 |      |      |       |                                                                |
| 39 | TUTA        | Aguacaliente                     | 5°39'52.38" | 73°12'40.87" | Aguablanca    | 2590 | 27,4 | 6,97 | 157,7 |                                                                |
| 40 | RONDON      | Aguacaliente                     | 5°22'36.57" | 73°11'43.39" | Junín         | 1841 | 46,5 | 5,9  | 214   |                                                                |
| 41 | SAN MATEO   | Salinitas                        | 6°27'35.86" | 72°35'56.22" | Chapetón      | 1348 | 44,3 | 6,5  | 1.440 |                                                                |
| 44 | GÜICÁN      | El Chorro                        | 6°46'01.26" | 72°48'42.88" | San Ignacio   |      | 29   | 7,24 | 1.398 |                                                                |
| 46 | MOTAVITA    | Colegio Salesiano                | 5°55'93.59" | 73°37'01.15" | Centro Rural  | 2702 | 30,7 | 6,8  | 173   |                                                                |
| 48 | SÁCHICA     | El Pozo                          | 5°58'85.13" | 73°52'90.33" | Ritoque       | 2181 | 36   | 6,17 | 6.660 |                                                                |
| 49 | MONIQUIRA   | El Salitre                       | 5°83'60.19" | 73°58'03.47" | La Vega       | 1675 | 29   | 7    | 7.000 | 0,7                                                            |
| 50 | EL ESPINO   | La Salinita                      | 6°48'32.26" | 72°52'35.73" | El Espino     | 1795 | 59,5 | 6    | 7.170 |                                                                |
| 51 | PESCA       | Las Moyas                        | 5°59'62.25" | 73°05'63.14" | Nocuata       | 2745 | 23,9 | 6,3  | 103   |                                                                |
| 52 | PAEZ        | Páez                             | 5°03'62.25" | 73°02'62.33" | Guaduas       | 668  | 45,8 | 6,4  | 536   |                                                                |
| 53 | ZETAQUIRÁ   | Sector Aguacaliente              | 5°30'43.41" | 73°16'41.21" | Patanoa       | 1497 | 50,3 | 6,7  | 422   | 0,09                                                           |
| 54 | ZETAQUIRÁ   | Termales El Ocho                 | 5°17'58.15" | 73°10'5.65"  | Centro Rural  | 1386 | 65,6 | 8,14 | 565   | 0,1                                                            |
| 55 | TUTA        | Tuta                             | 5°63'48.25" | 73°22'94.67" | El Alcaparro  |      | 27,7 | 6,03 | 102,5 |                                                                |
| 56 | SATIVANORTE | Termales                         | 6°15'35.18" | 72°64'53.63" | Peña Cabrera  | 1708 | 41,5 | 7,05 | 760   |                                                                |

Fuente: Corpoboyacá 2022



### 13. PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

El sistema de aguas termominerales del departamento de Boyacá son una riqueza natural, cuyo interés principal actual corresponde al beneficio socioeconómico que brindan mediante el aprovechamiento de estas en el uso recreativo y medicinal, el cual debe ser enfocado hacia un desarrollo sostenible de los recursos naturales, buscando su conservación, restauración y tomar las medidas necesarias de prevención y control de los factores de deterioro ambiental, como es mencionado en la constitución.

Es fundamental tener en cuenta que para poder hacer uso de estas aguas se debe asegurar la continuidad del recurso y su permanencia en el tiempo, de allí la importancia de tener el conocimiento base del origen, oferta, demanda, calidad y los elementos que interactúan en cada uno, así como identificar las problemáticas, los impactos y las acciones encaminadas al desarrollo de proyectos que aseguren el aprovechamiento del recurso de manera sostenible para el medioambiente.

Estudios han demostrado que estas aguas debido a la explotación del ser humano al ser vertidas en las aguas superficiales en algunos casos ocasionan un problema ambiental al tener altos contenidos de sales y compuestos contaminantes.

Para la determinación de la oferta de las aguas termominerales, se parte en base del modelo geotérmico conceptual, el cual proporciona un modelo hidrogeológico, mediante este se determina la zona de recarga por infiltración del agua lluvia y la interacción de esta en el subsuelo con los demás elementos geológicos los cuales le brindan la composición termomineral al agua y propician los puntos de afloramiento de las aguas termominerales. Con el fin de cuantificar la oferta del recurso se debe contar con el modelo hidrogeológico conceptual (en base al modelo geológico) y realizar el monitoreo de la oferta. La problemática en torno a la oferta corresponde a la propia que afectan las áreas de recarga, la demanda la cual dependerá de la oferta disponible y las actividades antrópicas realizadas que puedan generar impacto en la oferta del recurso termomineral.

La demanda del recurso termomineral depende directamente de la disponibilidad del recurso (oferta). Esta es cuantificada (mediante medidores) y gestionada (mediante concesiones de agua).

La calidad es determinada mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos en los puntos de afloramiento de las aguas termominerales, esta depende de las actividades humanas realizadas en torno a las áreas de recarga, a la vulnerabilidad de los acuíferos superficiales y a las zonas de afloramiento.

El aprovechamiento de las aguas termominerales trae consigo la interacción de los elementos que conforman el sistema de producción, recolección, almacenamiento y descole. De acuerdo con su origen propiamente termomineral que le confiere unas características fisicoquímicas particulares (alta conductividad eléctrica, contenido de sales, temperatura, etc....), que hacen que su manejo sea un desafío en el ámbito de la gestión por parte de los entes involucrados.

El aprovechamiento de las aguas termominerales del departamento de Boyacá es principalmente para uso recreativo y medicinal, la captación se realiza mediante bombeo o flujo natural del agua hacia los centros recreativos en donde es almacenada durante el periodo determinado de uso. Para tener el derecho del aprovechamiento del recurso deben tramitar y obtener la concesión de agua (otorgado por Corpoboyacá) y el permiso de vertimiento correspondiente.



### 13.1. Impactos Identificados

De acuerdo con la recopilación y análisis de información se presentan los impactos generados entorno a las aguas Termominerales.

**Tabla 12. Matriz de Impactos en torno al sistema de aguas termominerales.**

| Área/<br>Proceso | Actividad                | Impacto<br>generado                         | Descripción                                                                                                                        | Recurso<br>afectado       | Tipo de<br>Impacto | Acción                                                                                                                                                       | Responsable                                                        |
|------------------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Área de recarga  | Agricultura              | Deforestación                               | Cambio de uso del suelo, por tala de vegetación nativa                                                                             | Suelo<br>Agua             | (-)                | Restauración, rehabilitación y/o recuperación de coberturas vegetales en áreas estratégicas para la recarga de acuíferos                                     | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del agua            |
|                  |                          |                                             | Disminución en la recarga de los acuíferos (agua subterránea).                                                                     | Agua                      | (-)                |                                                                                                                                                              |                                                                    |
|                  |                          | Erosión de suelo                            | Erosión del suelo producto de la escorrentía superficial y del cambio de cobertura del suelo                                       | Suelo                     | (-)                | Revegetación y reforestación con especies nativas                                                                                                            | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso         |
|                  |                          | Contaminación del recurso hídrico           | Producto de la escorrentía superficial, que conduce agua con restos de abonos y fertilizantes a las fuentes hídricas superficiales | Suelo<br>Agua superficial | (-)                | Definición cartográfica de las áreas de recarga<br><br>formulación de medidas de manejo ambiental para las áreas de recarga                                  | Corpoboyacá                                                        |
|                  |                          |                                             | Infiltración de contaminantes como fertilizantes, abonos y mineralización de residuos resultantes de las actividades agrícolas     | Suelo<br>Agua Subterránea | (-)                |                                                                                                                                                              |                                                                    |
|                  | Ganadería                | Deforestación                               | Cambio de uso del suelo, por tala de vegetación nativa para manejo de ganado.                                                      | Suelo<br>Agua             | (-)                | Restauración, rehabilitación y/o recuperación de coberturas vegetales en áreas estratégicas para la recarga de acuíferos                                     | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso         |
|                  |                          | Contaminación del recurso hídrico           | Producto del manejo inadecuado de los residuos orgánicos del ganado                                                                | Suelo<br>Agua             | (-)                | Definición cartográfica de las áreas de recarga<br><br>formulación de medidas de manejo ambiental para las áreas de recarga                                  | Corpoboyacá                                                        |
|                  | Posible Actividad Minera | Disminución en la recarga                   | Producto de las labores mineras localizadas en área de recarga de acuíferos                                                        | Agua                      | (-)                | Cumplimiento de los planes de manejo ambiental de las licencias ambientales vigentes<br>No dar más licencias ambientales para la minería en áreas de recarga | Corpoboyacá<br>Agencia Nacional de<br>Licencias Ambientales - ANLA |
|                  |                          | Contaminación de acuíferos                  |                                                                                                                                    |                           | (-)                | Definición cartográfica de áreas de recarga y reglamentación del uso del suelo                                                                               | Corpoboyacá                                                        |
|                  |                          | Cambios en la calidad y cobertura del suelo | Producto de las labores mineras, por tala y cambio de cobertura del suelo                                                          | Suelo                     | (-)                |                                                                                                                                                              |                                                                    |



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ**  
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

|                                                                                                 |                                              |                                                |                                                                                                                                       |               |       |                                                                                                                                                                  |                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Área de recarga</b>                                                                          |                                              | Erosión del suelo                              | Erosión del suelo producto de la escorrentía superficial y del cambio de cobertura del suelo, debido a la actividad minera            | Suelo         | (-)   | Restauración, rehabilitación y/o recuperación de coberturas vegetales en áreas estratégicas para la recarga de acuíferos                                         | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |
|                                                                                                 |                                              | Afectación de la biodiversidad biológica       | Cambio de microclima, ruptura de corredores biológicos y extinción de flora y fauna apropiada.                                        | Biológico     | (-)   | Restauración, rehabilitación y/o recuperación de coberturas vegetales.                                                                                           | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |
|                                                                                                 |                                              | Vertimientos                                   | Producto de las actividades mineras realizadas                                                                                        | Suelo<br>Agua | (-)   | Cumplimiento de los planes de manejo ambiental de las licencias ambientales vigentes<br><br>No dar más licencias ambientales para la minería en áreas de recarga | Corpoboyacá<br>Agencia nacional de licencias ambientales - ANLA |
|                                                                                                 | Vivienda                                     | Vertimientos                                   | Posibles fugas y malfuncionamiento de los pozos sépticos                                                                              | Suelo<br>Agua | (-)   | Definición cartográfica de las áreas de recarga                                                                                                                  | Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                     |
|                                                                                                 |                                              |                                                | Disposición inadecuada de los residuos sólidos                                                                                        | Agua<br>Suelo | (-)   | formulación de medidas de manejo ambiental para las áreas de recarga (prohibición de vertimientos al suelo)                                                      | Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                     |
| <b>Área de descarga afloramientos termominerales</b><br><br><b>(Nacimientos termominerales)</b> | Ganadería                                    | Deforestación                                  | Tala de vegetación nativa e invasión de rondas hídricas para manejo de ganado                                                         | Suelo<br>Agua | (-)   | Revegetación y reforestación con especies nativas<br><br>recuperación de las rondas hídricas                                                                     | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |
|                                                                                                 |                                              | Contaminación del recurso hídrico              | Producto del manejo inadecuado de los residuos orgánicos del ganado                                                                   | Suelo<br>agua | (-)   |                                                                                                                                                                  | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |
|                                                                                                 | Captación                                    | Agotamiento                                    | Sobredemanda de la fuente hídrica, producto de utilización del recurso                                                                | Agua          | (-)   | Gestión del recurso mediante la formalización de usuarios                                                                                                        | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |
|                                                                                                 |                                              | Contaminación                                  | Producto de la intervención de la fuente por las actividades inherentes a la captación del recurso (instalación de bombas y tuberías) | Agua          | ( - ) | Determinación y monitoreo de la oferta del recurso hídrico                                                                                                       | Corpoboyacá<br>Usuarios del recurso                             |
|                                                                                                 |                                              |                                                |                                                                                                                                       |               |       | Monitoreo periódico de la calidad del recurso                                                                                                                    | Corpoboyacá<br>Usuarios del recurso                             |
|                                                                                                 |                                              |                                                |                                                                                                                                       |               |       | Gestión en los nacimientos durante las operaciones de instalación de obras de captación, mediante permisos de ocupación de cauce                                 | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |
|                                                                                                 |                                              | Aprovechamiento del recurso                    | Uso del recurso para uso doméstico y recreativo                                                                                       | Social        | (+)   | Uso del recurso mediante la concesión de agua de acuerdo al uso.                                                                                                 | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |
|                                                                                                 | Recreación directa en la fuente termomineral | Contaminación del recurso hídrico termomineral | Producto de las actividades recreativas realizadas directamente en los nacimientos                                                    | Agua          | (-)   | Recuperación de las rondas hídricas y Aislamiento de los afloramientos en la fuente termomineral                                                                 | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso      |



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ**  
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

|                                                                                            |                                                                                |                                                 |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                |               |                                                                                                                  |                                                                                                                                                     |                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Área de descarga<br>afloramientos<br>termominerales<br><br>(Nacimientos<br>termominerales) | Vivienda y<br>edificaciones<br>aledañas a los<br>nacimientos<br>termominerales | Contaminación<br>del recurso hídrico            | Posibles fugas y malfuncionamiento de los<br>pozos sépticos                                                                                             | Agua<br>Suelo                                                                                                                                                                                  | (-)           | Regulación y adecuación de pozos sépticos                                                                        | Propietarios de los<br>predios<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso<br>Propietarios de los<br>predios                                     |                                                            |
|                                                                                            |                                                                                |                                                 | Posibles filtraciones de las tuberías de<br>conducción de las aguas residuales de las<br>edificaciones circundantes a los nacimientos<br>termominerales | Agua<br>Suelo                                                                                                                                                                                  |               | Verificación del estado de las tuberías de<br>conducción                                                         | Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                                                                                                         |                                                            |
|                                                                                            |                                                                                |                                                 | Disposición inadecuada de los residuos solidos                                                                                                          | Agua<br>Suelo                                                                                                                                                                                  |               | Reglamentación en la disposición de residuos<br>solidos                                                          | Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                                                                                                         |                                                            |
|                                                                                            |                                                                                | Flujo natural de las<br>aguas<br>termominerales | Aporte de<br>minerales                                                                                                                                  | Producto del flujo natural de las aguas<br>termominerales se presenta aporte de<br>minerales generando incremento en la<br>conductividad y salinización del recurso hídrico<br>y de los suelos | Suelo<br>Agua | (-)                                                                                                              | Manejo adecuado de las aguas termominerales,<br>minimizando el impacto a las fuentes hídricas y al<br>suelo                                         | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
|                                                                                            | Disminución de la<br>temperatura en la<br>fuente<br>termomineral               |                                                 | Producto del contacto directo con la<br>temperatura ambiente                                                                                            | Energético                                                                                                                                                                                     | (-)           | Protección de las fuentes termominerales en las<br>que hay aprovechamiento térmico del agua                      | Usuarios del recurso                                                                                                                                |                                                            |
|                                                                                            | Emisión de gases                                                               |                                                 | Producto de gases emitidos en los nacimientos<br>de aguas termominerales                                                                                | Aire<br>Biológico                                                                                                                                                                              | (-)           | Análisis de los gases presentes en las fuentes<br>termominerales                                                 | Corpoboyacá<br>Entes territoriales                                                                                                                  |                                                            |
|                                                                                            |                                                                                |                                                 |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                |               | Señalización de las zonas en caso de ser<br>potencialmente peligrosa para la salud                               | Corpoboyacá<br>Entes territoriales                                                                                                                  |                                                            |
|                                                                                            | Temperatura del<br>agua                                                        |                                                 | Debido al contacto directo con las altas<br>temperatura del agua de las fuentes<br>termominerales máx. 76°C                                             | Biológico                                                                                                                                                                                      | (-)           | Aislamiento de los afloramientos en la fuente<br>termomineral<br>Señalización de las zonas de altas temperaturas | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Propietarios de los<br>predios                                                                                |                                                            |
|                                                                                            | Explotación                                                                    | Captación                                       | Agotamiento                                                                                                                                             | Sobre demanda de la fuente hídrica, producto<br>de utilización del recurso                                                                                                                     | Agua          | (-)                                                                                                              | Gestión del recurso mediante la formalización de<br>usuarios                                                                                        | Corpoboyacá<br>Usuarios del recurso                        |
|                                                                                            |                                                                                |                                                 |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                |               |                                                                                                                  | Determinación y monitoreo de la oferta del<br>recurso hídrico                                                                                       | Corpoboyacá<br>Usuarios del recurso                        |
|                                                                                            |                                                                                |                                                 | Contaminación                                                                                                                                           | Producto de la intervención de la fuente por las<br>actividades inherentes a la captación del<br>recurso (instalación de bombas y tuberías)                                                    | Agua          | (-)                                                                                                              | Monitoreo periódico de la calidad del recurso                                                                                                       | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
|                                                                                            |                                                                                |                                                 | Ocupación del<br>cauce                                                                                                                                  | Alteración de la morfología de la fuente hídrica<br>producto de la ocupación del cauce por<br>actividades propias de la captación                                                              | Suelo<br>Agua | (-)                                                                                                              | Gestión y control en los nacimientos durante las<br>operaciones de instalación de obras de<br>captación, mediante permisos de ocupación de<br>cauce | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
| Aprovechamiento<br>del recurso                                                             |                                                                                |                                                 | Uso del recurso para uso doméstico, y<br>recreativo                                                                                                     | Social                                                                                                                                                                                         | (+)           | Uso del recurso mediante la concesión de agua<br>de acuerdo al uso destinado.                                    | Corpoboyacá<br>Usuarios del recurso                                                                                                                 |                                                            |



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ**  
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

|                                 |                                   |                                                       |                                                                                                               |                             |     |                                                                                                                                                                                         |                                                      |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                 |                                   | Consumo de energía Eléctrica                          | Consumo de energía para el uso de las bombas de captación de las aguas termominerales                         | Energético                  | (-) | Realizar un uso eficiente del consumo de energía eléctrica                                                                                                                              | Usuarios del recurso                                 |
|                                 |                                   | Manejo de algas                                       | Aumento en el consumo de agua por los usuarios debido a la proliferación de algas en las aguas termominerales | Agua                        | (-) | Adoptar la tecnología adecuada para evitar el paso de algas durante la captación del recurso termomineral y ampliar el conocimiento en torno al aprovechamiento y manejo de estas algas | Usuarios del recurso Corpoboyacá Entes Territoriales |
|                                 | Transporte                        | Contaminación                                         | Contaminación de acuíferos superficiales por filtraciones en la tubería de conducción                         | Agua Suelo                  | (-) | Verificación periódica del estado de las tuberías utilizadas                                                                                                                            | Usuarios del recurso Entes Territoriales             |
|                                 |                                   |                                                       |                                                                                                               |                             |     | Uso de materiales adecuados para el transporte de las aguas termominerales                                                                                                              | Usuarios del recurso                                 |
|                                 |                                   |                                                       |                                                                                                               |                             |     | Monitoreo de los acuíferos superficiales                                                                                                                                                | Corpoboyacá Entes territoriales Usuarios recurso     |
|                                 |                                   | Consumo de energía Eléctrica                          | Consumo de energía para el uso de las bombas durante el transporte de las aguas termominerales                | Energético                  | (-) | Realizar un uso eficiente del consumo de energía eléctrica                                                                                                                              | Usuarios del recurso                                 |
| <b>Uso de agua Termomineral</b> | Aprovechamiento<br>Uso recreativo | Disminución en la temperatura de agua                 | Producto del contacto del agua con el medio ambiente en las horas sin uso de las piscinas                     | Energético                  | (-) | Adopción de medidas para la conservación de la temperatura del agua durante el almacenamiento en las piscinas en las horas sin uso                                                      | Usuarios del recurso                                 |
|                                 |                                   | Proliferación de algas                                | Producto del descenso de la temperatura por el almacenamiento en las piscinas                                 | Agua                        | (-) | Ampliar el conocimiento en torno al aprovechamiento, manejo de estas algas y medidas de conservación de temperatura                                                                     | Usuarios del recurso Corpoboyacá Entes territoriales |
|                                 |                                   | Disminución en la temperatura de agua de las piscinas | Producto del contacto primario por el uso recreativo del agua termomineral                                    | Energético                  | (-) | N/A                                                                                                                                                                                     | N/A                                                  |
|                                 |                                   | Contaminación                                         | Producto de contacto primario por el uso recreativo                                                           | Agua                        | (-) | Diseño de obras de tratamiento, mitigación y reducción de contaminantes generados sobre las aguas termominerales producto del uso recreativo                                            | Usuarios del recurso                                 |
|                                 | Aprovechamiento<br>Uso recreativo | Desarrollo económico                                  | Por el aprovechamiento de la actividad turística recreativa y medicinal                                       | Económico                   | (+) | Fortalecer el enfoque turístico de la región                                                                                                                                            | Usuarios del recurso Corpoboyacá Entes territoriales |
|                                 |                                   | Salud                                                 | Producto de la atribución medicinal por las propiedades de las aguas termominerales                           | Salud                       | (+) | Fortalecer la investigación en torno a los beneficios de las aguas termominerales a la salud y a la temperatura máxima de uso                                                           | Usuarios del recurso Entes territoriales             |
|                                 |                                   | Recreativo                                            | Propio de las actividades recreativas y de disfrute de las aguas termominerales                               | Social                      | (+) | Fortalecer el enfoque turístico de la región                                                                                                                                            | Usuarios del recurso Corpoboyacá Entes territoriales |
|                                 |                                   | Industrial                                            | Aprovechamiento de las sales y demás propiedades para uso industrial derivado de las aguas termominerales     | Social Económico Agua Suelo | (+) | Investigar y desarrollar proyectos de aprovechamiento de las sales y demás derivados de las aguas termominerales                                                                        | Usuarios del recurso Corpoboyacá Entes territoriales |



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ**  
Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental

|                                                  |                                |                               |                                                                                                                                                                                                                    |                        |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                                  | Descargas de agua termomineral | Descarga de agua              | El uso de las aguas termominerales genera la descargas periódicas de determinado volumen de agua termomineral                                                                                                      | Agua Suelo             | (-) | Elaborar e implementar planes para el uso racional del agua, así como la minimización de residuos, a través de la adopción de buenas prácticas ambientales y en lo posible de buenas tecnologías disponibles.<br><br>Diseño de obras de tratamiento, mitigación y reducción de contaminantes generados sobre las aguas termominerales producto del uso recreativo | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
|                                                  |                                | Consumo de energía Eléctrica  | Consumo de energía para el uso de las bombas durante el transporte de las aguas termominerales                                                                                                                     | Energético             | (-) | Realizar un uso eficiente del consumo de energía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Usuarios del recurso                                       |
| Disposición de agua termomineral después del uso | Transporte                     | Contaminación                 | Producto de la mezcla de agua lluvia con el agua termomineral ya usada hasta la zona de almacenamiento, se puede presentar reboses de los canales utilizados                                                       | Agua Suelo             | (-) | Realizar un uso eficiente del recurso termomineral.<br><br>Desarrollo de sistemas óptimos de conducción así mismo como adecuar los canales de transporte de acuerdo a los volúmenes de agua utilizados                                                                                                                                                            | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
|                                                  |                                |                               | Por fugas en la tubería de conducción del agua generada por el uso recreativo                                                                                                                                      | Agua Subterránea Suelo | (-) | Desarrollo de sistemas óptimos de conducción que contemple la utilización de tuberías adecuadas para las aguas a manejar y verificación periódica del estado de las mismas                                                                                                                                                                                        | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
|                                                  |                                | Consumo de energía            | Consumo de energía para el transporte del agua termomineral después del uso recreativo                                                                                                                             | Energético             | (-) | Realizar un uso eficiente del consumo de energía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Usuarios del recurso                                       |
|                                                  |                                | Aporte de minerales           | Producto del transporte de las aguas termominerales se presenta aporte de minerales generando incremento en la conductividad y salinización                                                                        | Suelo Agua             | (-) | Desarrollo de sistemas óptimos de conducción, manejo, tratamiento y disposición final de las aguas termominerales minimizando el impacto a las fuentes hídricas y al suelo                                                                                                                                                                                        | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
|                                                  | Almacenamiento                 | Incapacidad de almacenamiento | Debido al alto volumen de agua termomineral en el uso recreativo, las estructuras de almacenamiento son incapaces de manejar el agua en épocas de alta precipitación (mezcla de agua termomineral con agua lluvia) | Agua Suelo             | (-) | Adecuación de estructuras con capacidad suficiente para el manejo de las aguas resultantes del uso recreativo                                                                                                                                                                                                                                                     | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |
|                                                  |                                | Emisión de olores             | Producto del almacenamiento del agua termomineral resultante de uso recreativo se generan olores desagradables en áreas circundantes                                                                               | Aire Salud             | (-) | Manejo adecuado de las aguas termomineral después de su uso                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso |



|                                                   |             |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                        |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                              |
|---------------------------------------------------|-------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Disposición del agua termomineral después del uso |             | Contaminación       | El agua termomineral que no ha sido tratada después del uso recreativo genera adición de organismos bacteriológicos en el área de almacenamiento                                                                                                                                                                                             | Agua suelo                                                                                                                             | (-) | Diseño de obras de tratamiento, mitigación y reducción de contaminantes generados sobre las aguas termominerales producto del uso recreativo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Corpoboyacá<br>Usuarios del recurso<br>Entes territoriales                                                   |
|                                                   |             |                     | Contaminación de acuíferos superficiales por la infiltración del agua almacenada resultante del uso recreativo                                                                                                                                                                                                                               | Suelo Agua                                                                                                                             | (-) | Elaborar planes de monitoreo en los acuíferos superficiales localizados en zonas aledañas a las estructuras de almacenamiento<br><br>Manejo adecuado de las aguas termomineral después de su uso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                                                   |
|                                                   |             | Cambio uso de suelo | Modificación del uso del suelo para la construcción de estructuras de almacenamiento del agua termomineral después del uso recreativo                                                                                                                                                                                                        | Suelo                                                                                                                                  | N/A | Incluir las estructuras de almacenamiento en ellos instrumentos de planificación ambiental                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                                                                  |
|                                                   |             | Consumo de energía  | Consumo de energía para el bombeo de agua desde a Darsena 1 a la Darsena 2                                                                                                                                                                                                                                                                   | Energético                                                                                                                             | (-) | Realizar un uso eficiente del consumo de energía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Usuarios del recurso<br>Agencia de desarrollo rural<br>Entes territoriales                                   |
|                                                   |             | Aporte de minerales | Producto del almacenamiento de las agua termominerales se presenta aporte de minerales generando la salinización del suelo del área de almacenamiento (dársenas)                                                                                                                                                                             | Suelo                                                                                                                                  | (-) | Manejo adecuado de las aguas termomineral después de su uso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                                                   |
|                                                   | Vertimiento | Contaminación       | Producto de la incapacidad de la dársena 1 y dársena 2 en el manejo del volumen de agua termomineral por el uso recreativo, se produce el descole del agua termomineral directa al Río Chicamocha afectando al distrito de riego y a los usuarios del agua dulce de los municipios de Paipa, Duitama, Santa Rosa, Nobsa, Tibasosa y Sogamoso | Suelo<br>(4581,51 Hectáreas de riego)                                                                                                  | (-) | Realizar el manejo adecuado a las aguas termominerales con el fin de evitar la afectación del agua del río Chicamocha usada por el distrito de riego (Usochicamocha) y por los usuarios de los municipios de Paipa, Duitama, Santa Rosa, Nobsa, Tibasosa y Sogamoso<br><br>Mediante estudios de ingeniería que permitan el desarrollo de sistemas óptimos de conducción, manejo, tratamiento y disposición final de las aguas termominerales<br><br>Formalización y seguimiento de permisos de vertimiento de los usuarios de aguas termominerales. | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso<br>Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible |
|                                                   |             |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Agua<br>(3043,089 l/s Consumo doméstico, agropecuario e industrial)<br><br>Población uso domestico<br>(6426 personas permanentes, 1287 |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                              |



|                                     |                     |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                              |
|-------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     |                     |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                      | personas transitorias)<br><br>Económico (Usuarios distrito de riego) |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                              |
|                                     |                     |                   | Cambio las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las fuentes hídricas receptoras Río Chicamocha, Quebrada Honda y Lago Sochagota                                                                                                                           | Agua<br><br>Fauna acuática                                           | (-) | Realizar el manejo adecuado a las aguas termominerales con el fin de evitar la afectación de las fuentes hídricas<br><br>Estudios de ingeniería que permitan el desarrollo de sistemas óptimos de conducción, manejo, tratamiento y disposición final de las aguas termominerales<br><br>Monitoreo periódico de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las fuentes hídricas receptoras de aguas termominerales | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso                                                   |
|                                     |                     |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                              |
|                                     |                     | Aumento de caudal | Producto del vertimiento de las aguas termominerales resultantes del uso recreativo se genera aumento de caudal en las fuentes hídricas receptoras, los cuales generan, cambios en la morfodinámicas de los cuerpos de agua y alteración de los organismos acuáticos | Agua<br><br>Fauna Acuática                                           | (-) | Formalización y seguimiento de permisos de vertimiento de los usuarios de aguas termominerales.<br><br>Monitoreo de la oferta del recuso en las fuentes hidrias receptoras                                                                                                                                                                                                                                                      | Corpoboyacá<br>Entes territoriales<br>Usuarios del recurso<br>Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible |
| Gestión de las aguas termominerales | Planeación /Control | Normatividad      | Falta de claridad a la resolución 631 de vertimientos, de acuerdo a las características propias del contenido de minerales de las aguas termominerales de Paipa                                                                                                      | Normativo                                                            | (-) | Definición de normatividad clara de acuerdo a las características de las aguas termominerales de Paipa y a los recursos que interactúan con ellas.                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible                                                               |
|                                     |                     |                   | Falta de legislación en torno a la temperatura optima de servicio de las piscinas, teniendo en cuenta el uso de aguas termales                                                                                                                                       | Normativo<br>Agua<br><br>Salud Humana                                | (-) | Definición de normatividad en torno al uso de las aguas termominerales con respecto a la temperatura máxima de uso en la piscina teniendo en cuenta la repercusión para la salud humana                                                                                                                                                                                                                                         | Ministerio de salud                                                                                          |



## 14. RECOMENDACIONES

De acuerdo con la información recopilada, analizada y consignada en el presente informe, así como de la experiencia en torno a la gestión realizada en el área de las aguas termominerales de Boyacá, Corpoboyacá ha determinado que para efectos de continuar con las acciones de gestión en el área de influencia de las aguas termominerales de Boyacá se deberá realizar las siguientes actividades:

1. Es de gran importancia estratégica adelantar mesas institucionales con el fin de definir las prioridades sectoriales y los vacíos en la normatividad en torno al aprovechamiento y los permisos de vertimiento de las aguas termominerales.
2. Se debe propiciar la actualización de la legislación, en torno a las aguas termominerales con el fin de crear herramientas y caminos claros para el ejercicio de gestión.
3. Conformar un escenario continuo de formación ciudadana para la conservación participativa del recurso, consolidada a través de ciclos de talleres de capacitación como estrategia de regional de fortalecimiento de capacidades de las comunidades locales.
4. Actualización o generación de nuevos expedientes de usuarios de fuentes termominerales.
5. Elaborar e implementar planes, con los correspondientes monitoreos, para el uso racional del agua, la energía y los materiales, así como la minimización de residuos, a través de la adopción de buenas prácticas ambientales y en lo posible de buenas tecnologías disponibles.
6. Elaborar estudios técnicos de ingeniería que permitan aplicar tecnologías que permitan conducir, recircular, reinyectar o tratar las aguas termominerales.
7. De acuerdo con el inventario de manifestaciones hidrotermales del SGC, así como de la caracterización realizada en campo durante las visitas de inspección de las aguas termales, es importante darle continuidad al reconocimiento en campo de las fuentes termominerales la jurisdicción de Corpoboyacá.

## 15. CONCLUSIONES

1. A nivel nacional y regional existe una normatividad aplicable en torno a las aguas termominerales, sin embargo, esta tiene vacíos los cuales no brindan herramientas claras para el ejercicio de gestión en el territorio en relación con la disposición final (vertimiento) de las aguas termominerales.
2. Brindar acompañamiento a los usuarios de las aguas termominerales en el proceso de formalización por medio del trámite de concesión de aguas, Programa de uso eficiente y ahorro del agua PUEAA y permiso de vertimientos.
3. De acuerdo con la información recopilada, analizada y consignada en el presente informe, así como de la caracterización realizada en campo durante la visita de inspección al área de las aguas termales de Zetaquirá, se presentan los siguientes aspectos para tener en cuenta como parte de la gestión en el área de influencia de las aguas termominerales de Zetaquirá:
  - Si bien se cuenta con caracterización fisicoquímica de estas aguas termales, estas corresponden al año 1979 realizadas por el INGEOMINAS, por lo tanto, es de importancia caracterizar estas aguas de acuerdo con el uso actual, con respecto a los criterios de calidad de la resolución No. 1315 del 12 de agosto de 2020 de Corpoboyacá.
  - De acuerdo con lo evidenciado en campo, en la zona de la cascada termal, algunos de los centros recreativos se encuentran en zona de Área forestal protectora de la Rio Mueche, aspecto que se deberá tener en cuenta al momento de formalizar a los usuarios del recurso hídrico termal. Así mismo se deberá tener en cuenta la ronda hídrica de la misma fuente y analizar desde el punto de



vista de gestión del riesgo por avenidas torrenciales e inestabilidad de la zona (caracterizada por el diaclasamiento y fisuras profundas de las areniscas de la formación UNE) mencionadas en el informe del INGEOMINAS 1979.

- Con el fin de contar con información de la variabilidad de la oferta en torno al comportamiento hidrológico de la fuente se debe realizar el monitoreo de las fuentes termales identificadas en época de alta y baja precipitación.
- Puesto que al momento de la visita no se evidencio la instalación de medidores de caudal, se deberá contar con estos instrumentos con el fin de contabilizar el uso de recurso hídrico termal de los usuarios formalizados.

4. Corpoboyacá ha realizado las siguientes actividades dentro del oficio de gestión del recurso termomineral.

- Formulación de estudios de investigación en torno a la problemática presente adquiriendo el conocimiento necesario para fundamentar las decisiones adoptadas.
- Mesas de trabajo con los usuarios de las aguas termominerales en las cuales se han concertado metodologías para la determinación de oferta y demanda del recurso.
- Monitoreo para determinar la calidad y oferta de las aguas termominerales.

|           | ELABORÓ                      |                             | REVISÓ                            | Vo. Bo                             |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| NOMBRE    | LINA TATIANA CARDENAS DIAZ   | SUSAN JULIETH HURTADO OJEDA | JHON MICHEL FONSECA RODRIGUEZ     | AMÍLCAR IVÁN PIÑA MONTAÑEZ         |
| CARGO/ROL | Pasante Ingeniería Geológica | Profesional Contratista     | Profesional Universitario Grado 8 | Profesional Especializado Grado 19 |
| FIRMA     | <i>Tatiana C.</i>            | <i>Susan Hurtado</i>        | <i>Jhon Michel Fonseca</i>        | <i>Amílcar Iván Piña</i>           |
| FECHA     | 15-12-2022                   |                             |                                   | 15-12-22                           |