

IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES TERMALES EN CUNDINAMARCA, EN
RELACIÓN A SU ESTADO SOCIOECONÓMICO Y FÍSICO-QUÍMICO

JAVIER SANTIAGO RODRIGUEZ MORA

Proyecto integral de grado para optar el título de
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL

DIRECTOR

DIANA CAROLINA GARZÓN VELASCO

INGENIERA AMBIENTAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Dany Cárdenas
Director de Trabajo de grado

Felipe Correo
Jurado 1

Juan Sandoval
Jurado 2

Bogotá D.C, agosto de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García – Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García – Peña

Vicerrectoría Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejia Guzman

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. Jose Luis Macias Rodriguez

Decana de la Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora del Programa de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas del claustro de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente; no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, mi hermano, mi tío Álvaro, mi pareja y toda mi familia por su apoyo incondicional, por ser el motor de todos mis esfuerzos y la razón de lo que soy hoy en día.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. ANTECEDENTES	13
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo general	16
4.2 Objetivos específicos	16
5. METODOLOGÍA	17
6. MARCO TEÓRICO	18
6.1 Marco legal	18
6.2 Marco conceptual	20
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	22
7.1 Variables geográficas y fisicoquímicas	22
7.2 Variables socioeconómicas	72
7.3 Variables ambientales	75
8. CONCLUSIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Manantial aguas calientes Guasca</i>	22
Figura 2 <i>Manantial Agua Caliente San Francisco</i>	23
Figura 3 <i>Manantial Aguas Calientes 1</i>	24
Figura 4 <i>Manantial Aguas Calientes 2</i>	25
Figura 5 <i>Manantial Aguas Calientes 3</i>	26
Figura 6 <i>Manantial Aguas Calientes – El Mohán</i>	27
Figura 7 <i>Aguas Claras</i>	28
Figura 8 <i>Azufrada La Quebrada</i>	29
Figura 9 <i>Calderitas</i>	30
Figura 10 <i>Casablanca</i>	31
Figura 11 <i>El Establo</i>	32
Figura 12 <i>El Gran Pozo Azufrado</i>	33
Figura 13 <i>El Paraíso</i>	34
Figura 14 <i>El Paraíso Codecal</i>	35
Figura 15 <i>El Paraíso Termal</i>	36
Figura 16 <i>El Salitre Y</i>	37
Figura 17 <i>El Zipa</i>	38
Figura 18 <i>El Zipa 2</i>	39
Figura 19 <i>Hacienda Susatá</i>	40
Figura 20 <i>Hotel Abacoa</i>	41
Figura 21 <i>La Rivera</i>	42
Figura 22 <i>Leonilde Casa</i>	43
Figura 23 <i>Los Chorros II</i>	44
Figura 24 <i>Los Volcanes</i>	45
Figura 25 <i>Los Volcanes 2</i>	46
Figura 26 <i>Los Volcanes 3</i>	47
Figura 27 <i>Montecillo</i>	48
Figura 28 <i>Nápoles</i>	49

Figura 29 <i>Paraíso Codecal II</i>	50
Figura 30 <i>Piscina Municipal</i>	51
Figura 31 <i>Playas Río Humea</i>	52
Figura 32 <i>Quebrada el Zaque</i>	53
Figura 33 <i>Querame</i>	54
Figura 34 <i>Repetidora</i>	55
Figura 35 <i>Santa Inés</i>	56
Figura 36 <i>Santa Mónica</i>	57
Figura 37 <i>Santa Mónica II</i>	58
Figura 38 <i>Saturno</i>	59
Figura 39 <i>Soratama</i>	60
Figura 40 <i>Spa H del Mar</i>	61
Figura 41 <i>Vereda Peñas</i>	62
Figura 42 <i>Volcanes</i>	63
Figura 43 <i>Volcanes II</i>	64
Figura 44 <i>Volcanes III</i>	65
Figura 45 <i>Volcanes IV</i>	66
Figura 46 <i>Volcanes V</i>	67
Figura 47 <i>Variable de temperatura en fuentes termales de Cundinamarca</i>	70
Figura 48 <i>Variable del Ph en fuentes termales de Cundinamarca</i>	71

RESUMEN

El aprovechamiento de aguas termo minerales en el país ha sido envuelto al gran potencial de actividades con fines recreativos, terapéuticos y medicinales y se les hace atribución de una gran cantidad de beneficios a la salud incluyendo mejorar la presión sanguínea y oxigenación. La biodiversidad, diversos ecosistemas y variedad de climas en Colombia permite el desarrollo de dicha actividad, sin embargo, su potencial turístico aún sigue sin explotar, el desarrollar el ecoturismo permitirá un desarrollo sostenible de las comunidades locales y conservación de los ecosistemas. Es por esto que se busca deducir los impactos ambientales generados como consecuencia de los termales en el departamento de Cundinamarca teniendo en cuenta su clasificación, características fisicoquímicas y sociales asociadas, por medio de una metodología de investigación con enfoque cualitativo y de carácter descriptivo se recopiló información acerca de la cantidad de aguas termales presentes en Cundinamarca, sus variables fisicoquímicos, socioeconómicos y ambientales derivados de la actividad, identificando un total de 49 termales en el departamento, con valores de temperatura, pH y conductividad muy variados, además del poco desarrollo de la actividad en todo el país, tomando un papel importante las variables socioeconómicas, como el tipo de administración de los mismos afectando así el desarrollo de los diferentes municipios, utilizando practicas sostenibles para disminuir el impacto ambiental haciendo énfasis en uso responsable de agua, energía y adecuada gestión de residuos evitando cambios en temperatura, pH, concentración de nutrientes, o aumento de sustancias químicas o biológicas en acuíferos subterráneos y cuerpos de agua superficiales.

Palabras clave

Aguas termales, ecoturismo, termalismo, aguas termominerales

INTRODUCCIÓN

El agua es de suma importancia para todos los organismos, la mayoría de ellos se compone principalmente de esta, además de su dependencia en procesos metabólicos y fotosintéticos, (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2019) su importancia es tal que hace parte de los objetivos de desarrollo sostenible pues el agua limpia y saneamiento es uno de ellos, así como la vida marina y la vida de los ecosistemas terrestres donde el agua juega un papel fundamental.

La descarga inadecuada de aguas residuales es una problemática ambiental de suma relevancia a nivel mundial, el agua es un recurso vital para la vida de cualquier especie, por lo tanto, su contaminación puede tener graves afectaciones en la salud humana y del medio ambiente como lo menciona el (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017) . Las altas concentraciones de contaminantes en los vertimientos de aguas residuales generadas por actividades antrópicas pueden causar daños irreparables. Por lo tanto, es crucial identificar la situación actual de dichos vertimientos y la normatividad existente para los mismos, con el fin de proteger la salud humana, la flora y la fauna.

Las aguas termominerales como su nombre lo indican hacen referencia a las que contienen sustancias minerales disueltas, originarias del desplazamiento de aguas subterráneas aumentando su temperatura, emergiendo como manantiales o pozos a superficie a una temperatura más alta que la media de dicho lugar. (Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2011) En la actualidad se ha tenido un alto índice de aprovechamiento de aguas con dichas características en varias zonas del país.

El conocimiento acerca de la situación actual acerca de los termales en Colombia es de gran importancia debido a su alto valor tanto en lo ambiental como en lo turístico, estos son recursos que poseen riqueza ecológica y geológica, y que son bastante susceptibles a una afectación debido a actividades antrópicas no sostenibles. Además, su bajo nivel de información dificulta una correcta toma de decisiones en cuanto a regulaciones ambientales con el fin de tener una gestión sostenible y protección al medio ambiente.

Es por este motivo que el presente estudio se centra en hacer una recopilación de información acerca de las generalidades en sus características fisicoquímicas y

socioeconómicas para lograr deducir los impactos ambientales generados como consecuencia de su actividad en el departamento de Cundinamarca.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia las aguas termales son recursos naturales únicos, valiosos y de gran importancia tanto a nivel turístico, recreativo, terapéutico y medicinal, lo que atrae miles de visitantes al año y ha llevado su demanda en aumento año tras año, trayendo consigo un mayor interés acerca de su estado en la actualidad, además de sus impactos en la salud humana y el medio ambiente.

Un exceso en la explotación de este recurso podría disminuir la disponibilidad del agua para necesidades de consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético, pesca, maricultura, acuicultura navegación y transporte acuático (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2010) y el vertimiento inadecuado de dichas aguas, provocando cambios en temperatura, pH, concentración de nutrientes, o aumento de sustancias químicas o biológicas en acuíferos subterráneos y cuerpos de agua superficiales, además de afectar, el suelo, la calidad del aire, la flora y la fauna.

En la actualidad existen algunas preocupaciones acerca de su calidad en el agua y de su infraestructura, ya que de esto influye de manera directa en su potencial terapéutico y medicinal de las personas que lo usan llevando a una necesidad de conocer su estado actual con el fin de tener la información necesaria para su correcta conservación y uso sostenible y así minimizar los impactos negativos. Además, su conservación es de suma importancia para el desarrollo económico de las regiones en donde estas se ubican, su actividad llega a ser una fuente importante de empleo e ingresos a las comunidades por lo tanto su manejo sostenible y responsable es una práctica beneficiosa para todos. Por lo tanto, es fundamental hacer un estudio donde se efectuó una adecuada caracterización para lograr proteger y gestionar apropiadamente este recurso tan importante, debido a esto se desea conocer ¿Cuál es el estado actual de las termales en el departamento de Cundinamarca, Colombia en términos fisicoquímicos y socioeconómicos y cuáles son los impactos ambientales asociados a esta actividad?

2. ANTECEDENTES

Las termas son fuentes naturales de agua provenientes del interior de la tierra con contenido disuelto de sustancias minerales y demás elementos beneficiosos para la salud tales como el azufre y el hierro según (Espejel). Las aguas termominerales se originan por la circulación de aguas subterráneas a distintas profundidades donde varía la temperatura, entrando en contacto con las capas internas de la Tierra que contienen elementos minerales los cuales nutren al agua y por efecto de movimientos conectivos emanan en forma de vapor o agua caliente hacia zonas porosas y permeables.

En los últimos años, el aprovechamiento de aguas termo minerales en el país ha girado en torno al gran potencial de actividades como el turismo, bajo opciones de balneoterapia y estética (Rojas, Fortich, & Pavajeau, 2014). Las aguas termas en Colombia se usan con fines recreativos, terapéuticos y medicinales. Se les atribuyen beneficios para la salud al mejorar la presión sanguínea y la oxigenación, y se utilizan en el tratamiento de enfermedades reumáticas, respiratorias y de la piel. Sin embargo, la normativa para establecer los estándares mínimos de calidad del agua termal en Colombia se encuentra en proyecto de ley (Sánchez & Rodríguez, 2019).

El agua termal se define según (Servicio Geológico Colombiano, s.f.) como una descarga natural de agua con temperatura mayor de 4 °C sobre la temperatura media ambiental. En ocasiones la descarga de agua está acompañada de descargas de gases, principalmente gas carbónico (CO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S). Mientras que (Van der Aa, 2003) da una clasificación para aguas mineromedicinales con contenido de hierro de más de 20 mg/l, contenido de yoduros más de 1mg/l, contenido de azufre más de 1mg/l, contenido de radón más de 666 Bq/l, contenido de fluoruros de más de 1mg/l, carbonatadas de más de 1mg/l y por último con una contribución menor al 20% de magnesio.

El informe “Gestión de las Aguas Termominerales en Colombia, por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales 2022” (Procuraduría General de la Nación, 2023) reveló que actualmente existen en el país 135 fuentes termas, ubicadas en 51 municipios del país y que registran una ocupación total de 9.295,67 hectáreas en todo el territorio nacional. Mientras que autores como (Alfaro, y otros, 2004) comenta que se han

registrado alrededor de 300 manantiales termales de composición y características muy diversas.

3. JUSTIFICACIÓN

En Colombia las aguas termales son recursos naturales únicos, valiosos y de gran importancia tanto a nivel turístico, recreativo, terapéutico y medicinal, lo que atrae miles de visitantes al año y ha llevado su demanda en aumento año tras año, trayendo consigo un mayor interés acerca de su estado en la actualidad, además de sus impactos en la salud humana y el medio ambiente.

Su manejo inadecuado puede traer consigo efectos bastante negativos como por ejemplo con uso en exceso ocasionando efectos en la disponibilidad del agua para necesidades de Consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético, pesca, maricultura, acuicultura navegación y transporte acuático (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2010) y el vertimiento inadecuado de dichas aguas, provocando cambios en temperatura, pH, concentración de nutrientes, o aumento de sustancias químicas o biológicas en acuíferos subterráneos y cuerpos de agua superficiales, además de afectar, el suelo, la calidad del aire, la flora y la fauna.

En la actualidad existen algunas preocupaciones acerca de su calidad en el agua y de su infraestructura, ya que de esto influye de manera directa en su potencial terapéutico y medicinal de las personas que lo usan llevando a una necesidad de conocer su estado actual con el fin de tener la información necesaria para su correcta conservación y uso sostenible y así minimizar los impactos negativos. Además, su conservación es de suma importancia para el desarrollo económico de las regiones en donde estas se ubican, su actividad llega a ser una fuente importante de empleo e ingresos a las comunidades por lo tanto su manejo sostenible y responsable es una práctica beneficiosa para todos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Deducir los impactos ambientales generados como consecuencia de los termales en el departamento de Cundinamarca teniendo en cuenta su clasificación, características fisicoquímicas y sociales asociadas.

4.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información existente a cerca de las generalidades de las aguas termales en Cundinamarca en relación a sus características físicas, químicas y ubicación.
- Identificar las variables socioeconómicas asociadas a las aguas termales ubicadas en Cundinamarca.
- Identificar los impactos ambientales derivados de la actividad turística en los termales de Cundinamarca.

5. METODOLOGÍA

Para la ejecución del presente estudio se aplicó una metodología de investigación con enfoque cualitativo de carácter descriptivo para analizar la oferta de termales, sus generalidades, su composición y actualidad en términos turísticos y ambientales, con un diseño no experimental haciendo uso de bases de datos como Scopus, Google Scholar, Springer Link, Science Direct, Redalyc, Scielo y Google, además de la búsqueda en las corporaciones autónomas regionales, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales y la procuraduría general de la nación, en donde se usaron criterios de búsqueda como aguas termales y Thermal water, obteniendo artículos, libros, trabajos de grado e informes referentes a la temática

Posteriormente se elaboró una matriz en Excel, clasificando la información obtenida, bajo su título, resumen, palabras clave y conclusiones, para de esta forma identificar el estado actual de las termales en el país, establecer su importancia en relación a un factor turístico y de allí partir a determinar su estado físico y ambiental.

Se desarrolló el proyecto en cinco etapas, se inicia con una reunión acompañada con el tutor del proyecto, con el fin de ejecutar una socialización inicial de la temática a abordar y definir los objetivos a alcanzar, se continuo con la recopilación de información acerca del recurso agua y descripción general de los termales en Cundinamarca, con apoyo de informes del departamento nacional de planeación, y el Servicio Geológico Colombiano posterior a ello se identificaron y localizaron los termales en Colombia para de esta forma realizar una delimitación hacia los más importantes, en base a factores turísticos e información presente en artículos consultados en continuación se ejecutó una descripción en términos físicos y ambientales de dichos termales seleccionados, para finalmente realizar un análisis en relación al cumplimiento de los objetivos y una estructuración del documento final en compañía al tutor del proyecto.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Marco legal

La *L. pneumophila* fue la causa de una epidemia de neumonía en 1976 donde se conoció dicha bacteria, esta se encuentra presente en el mar, en lagos, aguas termales, entre otras fuentes de agua, Según la (OMS, 2022) Las legionelas se desarrollan en temperaturas que comprenden los 20 °C y los 50 °C y causan grandes perjuicios a la salud humana y diferentes ecosistemas.

El decreto 2171 de 2009 señala las medidas aplicables a las piscinas y estructuras similares de uso colectivo y de propiedad privada unihabitacional menciona que “las disposiciones señaladas en el presente decreto relativas a las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, no se les aplica a las piscinas con estanques de aguas termales, y deben cumplir con las condiciones sanitarias y de seguridad que El Ministerio de la Protección Social defina.”

El artículo 6 del Decreto 554 de 2015 establece “Los parámetros generales físico-químicos 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”. También la procuraduría general de la nación informo que “El país no cuenta con una norma expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que estipule los límites definidos para los vertimientos de las aguas termales a las fuentes hídricas como ríos, manantiales, riachuelos, arroyos”.

Adicionalmente la procuraduría también revelo que “solo el 21,4 % de las Corporaciones Autónomas Regionales, responsables de la administración de las aguas termales, han realizado caracterizaciones de tipo fisicoquímicas, microbiológicas e hidrogeológicas de las aguas; mientras que el 78,5% restante no las han efectuado, lo que pone en alto riesgo la preservación y adecuada gestión de las condiciones de las fuentes hídricas en el país.”

La Resolución 0631 del 17 de marzo del 2015, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), determina los valores máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos dirigidos a aguas dulces además reglamenta “el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años) respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país.”

La ley 9 de 1979 establece las normas higiénicas y de vigilancia además del control sanitario para evitar la contaminación del agua subterránea, también menciona que todo concesionario de aprovechamiento de aguas subterráneas debe regirse a las normas sanitarias establecidas en dicha ley.

La ley 152 de 1994 en cuanto a sustentabilidad ambiental, determina que “para posibilitar un desarrollo socio-económico en armonía con el medio natural, los planes de desarrollo deberán considerar en sus estrategias, programas y proyectos, criterios que les permitan estimar los costos y beneficios ambientales para definir las acciones que garanticen a las actuales y futuras generaciones una adecuada oferta ambiental”.

El artículo 4 del decreto 3930 de 2010 establece que “la autoridad ambiental competente deberá realizar el ordenamiento del recurso hídrico con el fin de realizar la clasificación de las aguas superficiales, subterráneas y marinas” además de fijar sus usos y la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseosos.

El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible mediante Decreto 303 de 2012 “reglamentó el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico para el componente de concesión de aguas y de autorizaciones de vertimientos”, además reglamenta los planes de cumplimiento y planes de saneamiento.

Como se identificó anteriormente a pesar de contar con regulación para el recurso hídrico, vertimientos, sostenibilidad ambiental, entre otros no se cuenta con normatividad específica y al detalle acerca de las aguas termales, no hay directrices claras acerca del uso, explotación del recurso o protección y conservación del mismo. Este vacío regulatorio impide un desarrollo sostenible de dicha actividad, limita la preservación de los ecosistemas y beneficios a la comunidad.

Otra implicación de la ausencia de dicha regulación es la incertidumbre e indecisión a la hora de desarrollar un proyecto que busque aprovechar este recurso, lo que reduciría el potencial de inversión y desarrollo en las poblaciones favorecidas por las fuentes termales, por último, también se dificulta el mantener dicha actividad controlada lo que llevaría a incurrir en prácticas no sostenibles afectando de forma directa los ecosistemas y comunidades presentes.

En vista de estas debilidades en la normatividad es de vital importancia el desarrollo de un marco regulatorio importante para dar las directrices necesarias con el fin de

desarrollar esta actividad, teniendo en cuenta la protección ambiental, calidad del agua, infraestructura, participación de las comunidades, entre otros factores para garantizar un desarrollo sostenible de esta actividad.

6.2 Marco conceptual

Las aguas termominerales se originan por la circulación de aguas subterráneas a distintas profundidades donde varía la temperatura, entrando en contacto con las capas internas de la Tierra que contienen elementos minerales los cuales nutren al agua y por efecto de movimientos conectivos emanan en forma de vapor o agua caliente hacia zonas porosas y permeables (Espejel)

“El agua termal es una descarga natural de agua con temperatura mayor de 4 °C sobre la temperatura media ambiental. En ocasiones la descarga de agua está acompañada de descargas de gases, principalmente gas carbónico (CO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S) “ (Servicio Geológico Colombiano, s.f.).

Como agente terapéutico las aguas termales son usadas en tratamientos de diverso tipo dependiendo de su diferente contenido en minerales. Así, las cloruradas, tienen una acción purgante y cologoga; las sulfatadas, son estimulantes de las funciones orgánicas; las bicarbonatadas tiene como acción principal la antiácida e hipoglucemiante y son buenas para afecciones reumatológicas; las carbogaseosas tienen acción vasodilatadora; las sulfuradas, antiinflamatoria y antialérgica; las ferruginosas, indicada para determinadas anemias y dermatología; las aguas radiactivas son sedantes y analgésicas; y las oligometálicas tienen como acción principal la diurética. Es por ello que con la implementación del termalismo como política pública redundará en uno de los atractivos turísticos de la Nación especialmente desde el ámbito de recreación (Alfaro, y otros, 2004)

En la hidrología médica, las aguas mineromedicinales son consideradas como aquellas aguas que se forman al interior de la tierra y que llegan a superficies espontáneamente mediante manantiales o mediante obras de captación. Estas aguas poseen características químicas, físicas y biológicas que pueden tener aplicaciones terapéuticas sobre el organismo humano (Armijo & Martin, 1984)

Se entiende por balneario, como aquel establecimiento público o privado, destinado al turismo de bienestar y a recreación, a través de la utilización de aguas termales y el

termalismo es aquella parte del saber humano de fundamentos científicos encargado de la aplicación de aguas hidrotermales en el hombre, que tiene unas bases racionales terapéuticas de exclusivo uso de la medicina (Alfaro, y otros, 2004))

Las aguas termales se clasifican en: - Frías: menos de 20 °C. - Hipotermiales: entre 20 y 35 °C. - Mesotermiales: entre 35 y 45 °C. - Hipertermiales: de más de 45 y hasta 50 °C. Y para las mineromedicinales su clasificación es en base a la concentración de los Sólidos Totales Disueltos (TDS) las Oligominerales con un TDS menor a 200mg/L, las mediominerales con un TDS entre 200 mg/L y 1000mg/L y por último las mineromedicinales con un TDS mayor a 1000mg/L (Armijo & Martín, 1984),

Las aguas termales tienen una relación directa con los volcanes, ya que estas aguas se almacenan en el subsuelo y están en contacto con el calor que emanan las masas ígneas, estas a su vez se impregnan de azufre, se considera que la concentración de sales y otros elementos (Cl, SO₄, F, B, As, Hg, Pb, Cd, etc.) pueden ser nocivos para la salud. (Hernández, 2018). Además, la (Organización Mundial de la Salud, 2022), comenta que El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Variables geográficas y fisicoquímicas

Para hacer una recopilación acerca de las Aguas termales en Cundinamarca, inicialmente se determinó el lugar donde se encuentra cada uno de ellos, además de su estado fisicoquímico, es decir teniendo en cuenta variables como la temperatura, el pH, la conductividad y su clasificación química a partir de la base de datos del servicio geológico de las manifestaciones hidrotermales.

1. Manantial aguas calientes Guasca

El manantial de aguas calientes, ubicado en el municipio de Guasca, cuenta con una temperatura de 37.7°C, un pH de 6,73, conductividad eléctrica (uS/cm) de 54,53 y una clasificación química de carácter bicarbonatada, además estas emergen entre depósitos aluviales del rio aves y afluentes y reposan sobre las arenitas de la formación cacho. (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Figura 1

Manantial aguas calientes Guasca



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Manantial aguas calientes Guasca; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

2. Manantial Agua Caliente San Francisco

El Manantial Agua Caliente, queda ubicado en San Francisco y el acceso se da por la vereda del Peñón Alto, con una temperatura de 48.9°C, pH de 7.39, conductividad eléctrica (uS/cm) de 396,6 y con su clasificación química de carácter Clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 2

Manantial Agua Caliente San Francisco



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Manantial Agua Caliente San Francisco; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

3. Manantial Aguas Calientes 1

Ubicado en Tabio teniendo acceso cercano a la plaza de Tabio, además este cuenta con una temperatura de 35.4°C, pH de 7.45, conductividad eléctrica (uS/cm) de 2924 y con su clasificación química de carácter Clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 3

Manantial Aguas Calientes 1



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Manantial Aguas Calientes 1; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;*
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermale>
s/

4. Manantial Aguas Calientes 2

Es el manantial más cercano a la casa principal de Tabio, con temperatura de 32°C, pH de 6.88, conductividad eléctrica (uS/cm) de 2924 y con su clasificación química de carácter Clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 4

Manantial Aguas Calientes 2



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Manantial Aguas Calientes 2; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;*
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

5. Manantial Aguas Calientes 3

Es el manantial más próximo al balneario El Zipa, en el municipio de Tabio con temperatura de 35.4°C, pH de 7.45, conductividad eléctrica (uS/cm) de 2924 y con su clasificación química de carácter Clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Figura 5

Manantial Aguas Calientes 3



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Manantial Aguas Calientes 3; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

6. Manantial Aguas Calientes-El Mohán

Ubicado en el municipio Paratebuena, con una temperatura 72.3 °C, pH de 6, conductividad eléctrica (uS/cm) de 1563 y con su clasificación química de carácter Clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 6

Manantial Aguas Calientes – El Mohán



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Manantial Aguas Calientes-El Mohán; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

7. Aguas Claras

Se encuentra en la Vereda Hato Grande, en el municipio de Suesca con temperatura 32.9 °C, pH de 5.9, conductividad eléctrica (uS/cm) de 44.1 y con su clasificación química de carácter Bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 7

Aguas Claras



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Aguas Claras; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

8. Azufrada La Quebrada

Ubicado en Ricaurte, Cundinamarca con temperatura de 31.5°C, pH 6.66, conductividad eléctrica (uS/cm) 899.5 y con clasificación química Bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 8

Azufrada La Quebrada



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Azufrada la quebrada; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

9. Calderitas

Ubicado en Chipaque, Cundinamarca con temperatura de 38.9°C, pH 7.46, conductividad eléctrica (uS/cm) 255.4 y con clasificación química Bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 9

Calderitas



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Calderitas;
Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

10. Casablanca

Ubicado en Ricaurte, Cundinamarca con una temperatura de 32.10°C, pH de 7.25 y conductividad eléctrica (uS/cm) 891 y con clasificación química sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 10

Casablanca



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Casablanca; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

11. El establo

Este se encuentra ubicado en Choachí, Cundinamarca con una temperatura media de 32,10°C, un pH de 7,13, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 655,70 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 11

El Establo



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El establo*; *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

12. El Gran Pozo Azufrado

Este se encuentra ubicado en Tocaima, Cundinamarca con una temperatura media de 33,70°C, un pH de 7,08, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 1284 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 12

El Gran Pozo Azufrado



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El Gran Pozo Azufrado; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

13. El paraíso

Ubicado en Manta, Cundinamarca con una temperatura media de 32,90°C, un pH de 7,30, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 1220 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 13

El Paraíso



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El paraíso*; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

14. El Paraíso Codecal

Se encuentra ubicado en Tibirita, Cundinamarca con una temperatura media de 45,80°C, un pH de 6,49, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 2521 y sin clasificación química determinada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 14

El Paraíso Codecal



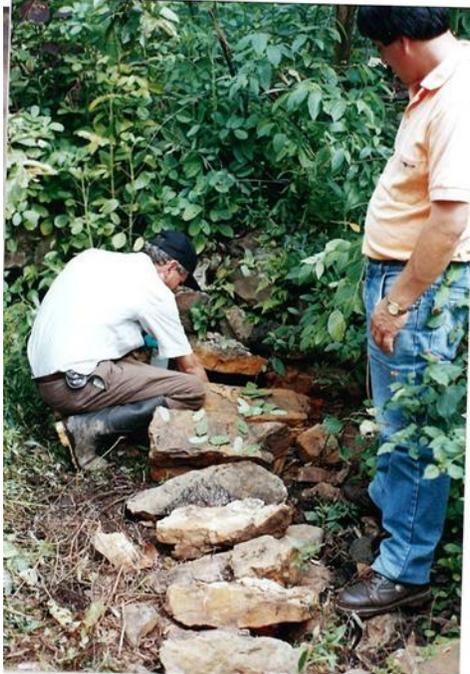
Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El Paraíso Codecal*; *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

15. El Paraíso Termal

Ubicado en Tibirita, Cundinamarca con una temperatura media de 50,80°C, un pH de 6,15, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 1363 y una clasificación química clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 15

El Paraíso Termal



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El Paraíso termal; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invterminales/>

16. El Salitre Y

Se encuentra ubicado en Yacopí, Cundinamarca con temperatura media de 46,90°C, un pH de 6,51, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 28500 y una clasificación química clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 16

El Salitre Y



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El Salitre Y; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;*
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

17. El Zipa

Este se encuentra ubicado en Tabio, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 48,60°C, un pH de 7,24, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 4231 y una clasificación química sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 17

El Zipa



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El Zipa*;
Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

18. El Zipa 2

Este se encuentra ubicado en Tabio, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 45,20°C, un pH de 7,22, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 4267 y una clasificación química sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 18

El Zipa 2



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *El Zipa 2; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

19. Gaviotas

Ubicado en Junín, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 52,20°C, un pH de 7,03, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 1614 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

20. Hacienda Susatá

Ubicado en Nemocon Cundinamarca, tiene una temperatura media de 34,7 °C, un pH de 6,8, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 193,7 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 19

Hacienda Susatá



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015;
*Hacienda Susatá; Inventario Nacional de
Manifestaciones Hidrotermales;*
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invermales/>

21. Hotel Abacoa

Ubicado en Utiaca, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 30,20°C, un pH de 7,12, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 2220 y una clasificación química sulfatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 20

Hotel Abacoa



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Hotel Abacoa; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

22. La Rivera

Ubicado en Gacheta, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 57,90°C, un pH de 7 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 21

La Rivera



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *La Rivera*; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

23. Leonilde-Casa

Ubicado en Nemocón, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 24°C, un pH de 5,93, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 50,10 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 22

Leonilde Casa



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Leonilde-Casa; *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

24. Los chorros I

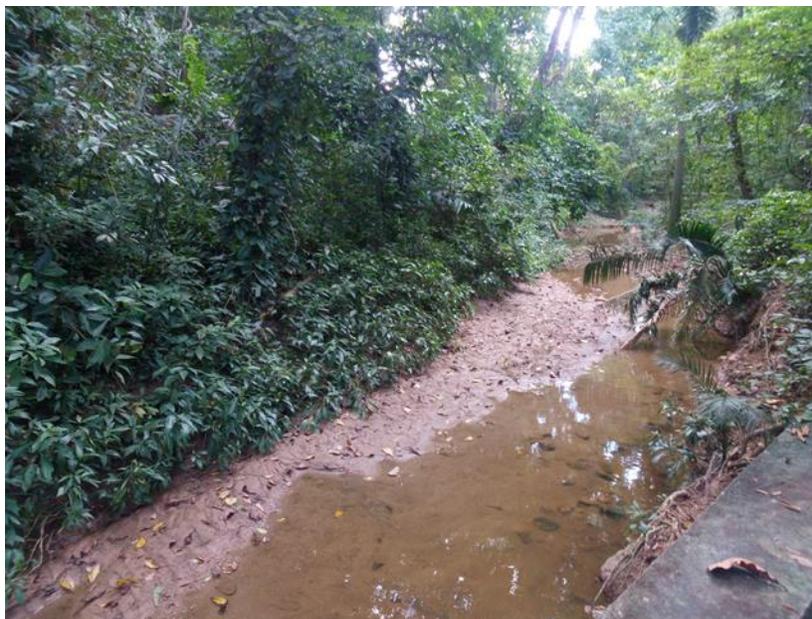
Ubicado en Agua de Dios, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 36,2°C, un pH de 6,14, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 115,30 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

25. Los chorros II

Ubicado en Agua de Dios, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 36,4°C, un pH de 6,24, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 128,50 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 23

Los Chorros II



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Los chorros II; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invttermale/>

26. Los Volcanes

Ubicado en Chocontá, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 53,9°C, un pH de 6,14, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 115,30 y una clasificación química aún sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 24

Los Volcanes



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Los Volcanes; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

27. Los Volcanes 2

Ubicado en Chocontá, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 50,50°C, un pH de 7,28, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 338,10 y una clasificación química aún sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 25

Los Volcanes 2



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Los Volcanes 2; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

28. Los Volcanes 3

Ubicado en Chocontá, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 58,60°C, un pH de 7,31, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 256,40 y una clasificación química aún sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 26

Los Volcanes 3



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Los Volcanes 3; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

29. Montecillo

Ubicado en Guatavita, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 39,10°C, un pH de 6,35, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 123,80 y una clasificación química aún sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 27

Montecillo



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Montecillo; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

30. Nápoles

Ubicado en Chocontá, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 43,90°C, un pH de 6,96, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 124,20 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 28

Nápoles



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Nápoles; *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

31. Nápoles II

Ubicado en Chocontá, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 45,30°C, un pH de 6,44, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 91,92 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

32. Paraiso Codecal II

Ubicado en Tibirita, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 32°C, un pH de 7,09, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 2463 y una clasificación química clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 29

Paraíso Codecal II



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Paraíso Codecal II*; *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

33. Piscina municipal

Ubicado en Nemocon, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 21,90°C, un pH de 5,63, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 37,37 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 30

Piscina Municipal



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Piscina Municipal*;
Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

34. Playas río humea

Ubicado en Paratebueno, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 41,60°C, un pH de 6,19, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 108,60 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 31

Playas Río Humea



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Playas río Humea; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;*

<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

35. Quebrada el zaque

Ubicado en Junín, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 48,50°C, un pH de 6,68, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 1943 y una clasificación química aún sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 32

Quebrada el Zaque



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Quebrada el zaque;
Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

36. Quetame

Ubicado en Quetame, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 37,40°C, un pH de 5,90, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 4641 y una clasificación química clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 33

Quetame



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Quetame; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

37. Repetidora

Ubicado en Chocontá, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 25,70°C, un pH de 6,25, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 50,78 y una clasificación química aún sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 34

Repetidora



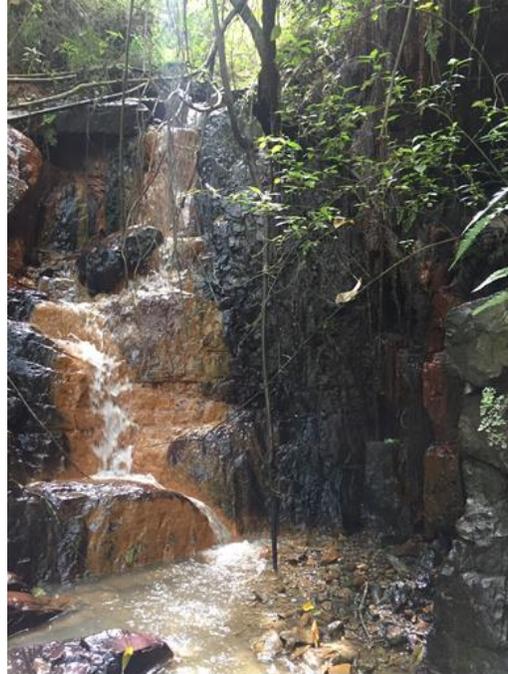
Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Repetidora*;
Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

38. Santa Inés

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 22,60°C, un pH de 7,20, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 693,30 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 35

Santa Inés



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015;
*Santa Inés; Inventario Nacional de
Manifestaciones Hidrotermales;*
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

39. Santa Mónica

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 49,70°C, un pH de 7,60, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 606,70 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 36

Santa Mónica



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Santa Mónica; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

40. Santa Mónica II

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 41,50°C, un pH de 7,25, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 615,50 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 37

Santa Mónica II



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Santa Mónica II*; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermal es/>

41. Saturno

Ubicado en Chocontá, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 45,90°C, un pH de 6,68, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 101,10 y una clasificación química sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 38

Saturno



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Saturno; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

42. Soratama

Ubicado en La Calera, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 27,10°C, un pH de 7,73, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 12650 y una clasificación química clorurada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 39

Soratama



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Soratama; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

43. Spa H del Mar

Ubicado en La Calera, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 32,60°C, un pH de 7,64, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 12020 y una clasificación química sin determinar. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 40

Spa H del Mar



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Spa H del Mar; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

44. Vereda Peñas

Ubicado en Manta, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 36,80°C, un pH de 6,75 una conductividad eléctrica (uS/cm) de 983 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 41

Vereda Peñas



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Vereda Peñas; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

45. Volcanes

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 40,50°C, un pH de 7,41, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 777,40 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 42

Volcanes



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Volcanes; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

46. Volcanes II

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 32,60°C, un pH de 7,20, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 865,10 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 43

Volcanes II



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Volcanes II; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;*
<https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

47. Volcanes III

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 36,70°C, un pH de 7,56, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 825,60 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 44

Volcanes III



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; *Volcanes III; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales;* <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

48. Volcanes IV

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 25,30°C, un pH de 7,36, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 765,40 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 45

Volcanes IV



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Volcanes IV; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

49. Volcanes V

Ubicado en Choachí, Cundinamarca cuenta con temperatura media de 29,10°C, un pH de 7,25, una conductividad eléctrica (uS/cm) de 668,40 y una clasificación química bicarbonatada. (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Figura 46

Volcanes V



Nota. Servicio Geológico Colombiano; 2015; Volcanes V; Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales; <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

Tabla 1

Inventario de fuentes termales en Cundinamarca, Colombia

	Termal	Temperatura	Ph	Conductividad (Us/CM)
1	Manantial aguas calientes Guasca	37,7	6,73	54,53
2	Manantial Agua Caliente San Francisco	48,9	7,39	396,6
3	Manantial Aguas Calientes 1	35,4	7,45	2924
4	Manantial Aguas Calientes 2	32	6,88	2924
5	Manantial Aguas Calientes 3	35,4	7,45	2924
6	Manantial Aguas Calientes-El Mohán	72,3	6	1563
7	Aguas Claras	32,9	5,9	44,1

8	Azufrada La Quebrada	31,5	6,66	899,5
9	Calderitas	38,9	7,46	255,4
10	Casablanca	32,1	7,25	891
11	El establo	32,1	7,13	655,7
12	El Gran Pozo Azufrado	33,7	7,08	1284
13	El paraíso	32,9	7,3	1220
14	El Paraíso Codecal	45,8	6,49	2521
15	El Paraíso Termal	50,8	6,15	1363
16	El Salitre Y	46,9	6,51	28500
17	El Zipa	48,6	7,24	4231
18	El Zipa 2	45,2	7,22	4267
19	Gaviotas	52,2	7,03	1614
20	Hacienda Susatá	34,7	6,8	193,7
21	Hotel Abacoa	30,2	7,12	2220
22	La Rivera	57,9	7	
23	Leonilde-Casa	24	5,93	50,1
24	Los chorros I	36,2	6,14	115,3
25	Los chorros II	36,4	6,24	128,5
26	Los Volcanes	53,9	6,14	115,3
27	Los Volcanes 2	50,5	7,28	338,1
28	Los Volcanes 3	58,6	7,31	256,4
29	Montecillo	39,1	6,35	123,8
30	Nápoles	43,9	6,96	124,2
31	Nápoles II	45,3	6,44	91,92
32	Paraíso Codecal II	32	7,09	2463
33	Piscina municipal	21,9	5,63	37,37
34	Playas río humea	41,6	6,19	108,6
35	Quebrada el zaque	48,5	6,68	1943
36	Quetame	37,4	5,9	4641
37	Repetidora	25,7	6,25	50,78

38	Santa Inés	22,6	7,2	693,3
39	Santa Mónica	49,7	7,6	606,7
40	Santa Mónica II	41,5	7,25	615,5
41	Saturno	45,9	6,68	101,1
42	Soratama	27,1	7,73	12650
43	Spa H del Mar	32,6	7,64	12020
44	Vereda Peñas	36,8	6,75	983
45	Volcanes	40,5	7,41	777,4
46	Volcanes II	32,6	7,2	865,1
47	Volcanes III	36,7	7,56	825,6
48	Volcanes IV	25,3	7,36	765,4
49	Volcanes V	29,1	7,25	668,4

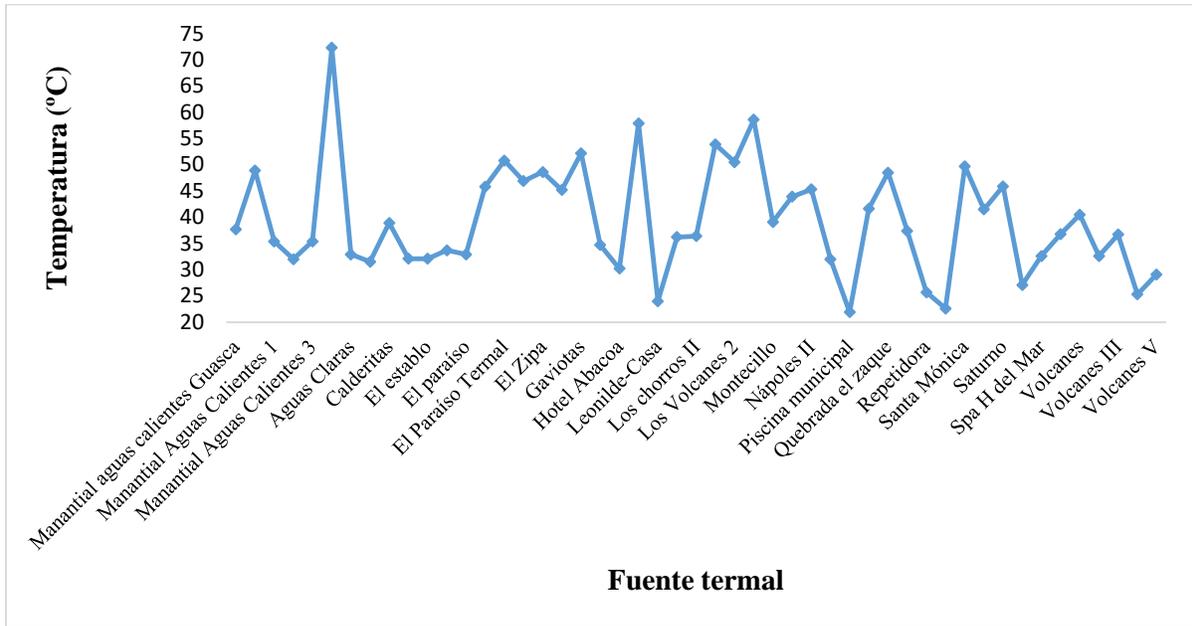
Nota. Variables fisicoquímicas de las fuentes termales en Cundinamarca

Para detallar la información recolectada de forma más clara, se organizó en una tabla mostrando cada fuente termal, con sus respectivos valores de temperatura, pH y conductividad, además se determinó que el valor promedio de temperatura es de 39,26°C, mientras que el valor más alto es de 72,3°C y el más bajo es de 21,9 °C, en cuanto al pH el promedio es de 6,86, el valor más alto 7,73 y el inferior es de 5,63 y la conductividad promedio de las fuentes termales es de 2148,01 uS/cm, el valor más alto es de 28500 uS/cm y el más bajo de 37,37 uS/cm.

Adicionalmente por medio de las siguientes graficas se buscó denotar la variación que se tiene de temperatura y de pH en las fuentes termales ya clasificadas.

Figura 47

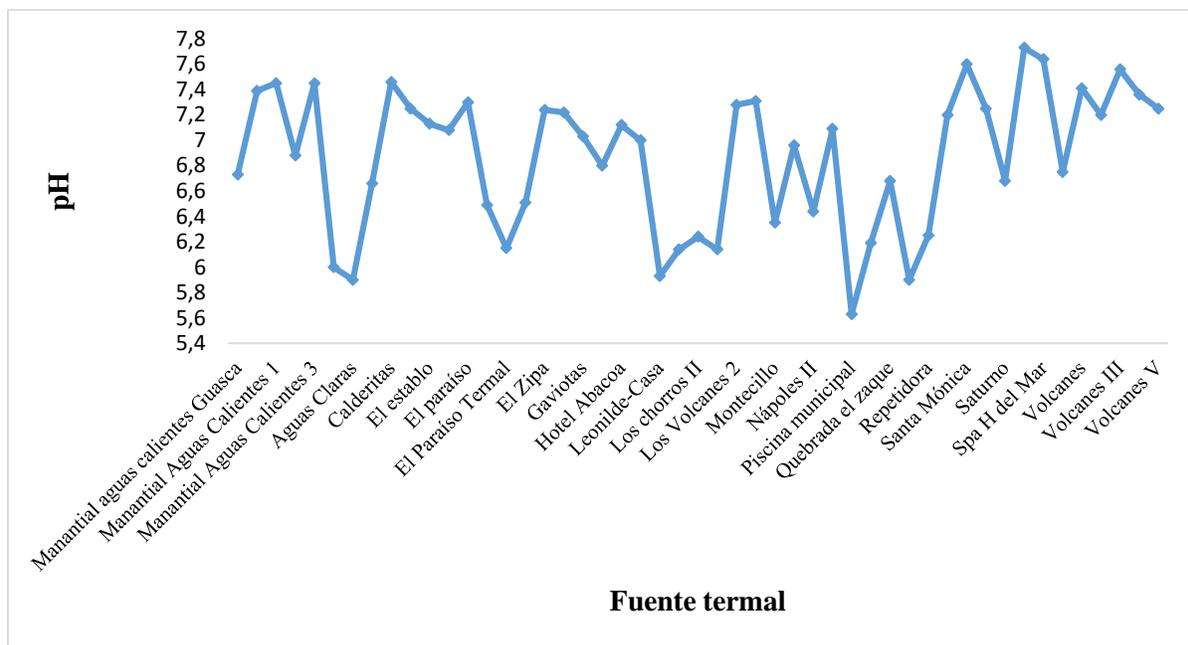
Variables de temperatura en fuentes termales de Cundinamarca



Nota. *Relación de la temperatura con cada fuente termal.*

Figura 48

Variable del Ph en fuentes termales de Cundinamarca



Nota. Relación del pH con cada fuente termal.

Por último, se realizó una tabla donde se recopila la información mostrada anteriormente en cuanto a la clasificación fisicoquímica del agua.

Tabla 2

Clasificación fisicoquímica de fuentes termales en Cundinamarca, Colombia

	Cantidad de termales
Bicarbonatadas	26
Cloruradas	10
Sulfatadas	1
Sin clasificar	12

Nota. Clasificación fisicoquímica de las fuentes termales en Cundinamarca.

Como se ve representado en la tabla 2 se determinó que más del 50% de las fuentes termales presentadas cuentan con una clasificación bicarbonatada, mientras que un 24% aún se encuentran sin clasificar.

7.2 Variables socioeconómicas

Colombia es reconocida por su biodiversidad, sus diversos ecosistemas y variedad de climas presentes en el país, lo que permite de la actividad de ecoturismo en relación a las aguas termales, generando un desarrollo sostenible de las comunidades locales, conservación de los ecosistemas, los beneficios terapéuticos que esta actividad implica y por último la experiencia natural. “En efecto, el termalismo en Colombia se ha posicionado como un sector primordial para realizar actividades encaminadas al bienestar de las personas, por ello se desarrolló el Plan de Negocios de Turismo de Bienestar que tiene como objetivo generar estrategias de índole social, ambiental y económico que a su vez representa productos relacionados con el Turismo de Bienestar” (Niño & Duarte, 2015).

Cabe destacar que para que el ecoturismo tenga beneficios significativos, es primordial practicarlo responsablemente implementando prácticas sostenibles para disminuir el impacto ambiental, haciendo énfasis en uso responsable de agua, energía y adecuada gestión de desechos “el Turismo de Bienestar se subdivide en dos categorías elementales como es la holística y la lúdica. De esta manera, dentro del segmento holístico se realizan actividades relacionadas con el manejo espiritual, medicinal, tratamientos curativos, 10 mientras que en el lúdico se enfoca en actividades como el spa, jacuzzi, masajes y termalismo”. (Tourism Leisure; Sports, 2013)

Esta actividad de termalismo permite la creación de nuevas estrategias que se enfocan en sacar provecho de la naturaleza, sin afectarla y ofreciendo a la población una mejor calidad de vida en base al fortalecimiento de dicha actividad turística. “El turismo de bienestar es un segmento en auge en el país. De acuerdo con el Global Wellness Summit, organización internacional dedicada al sector de la salud, este negocio le generó a Colombia 681 millones de dólares en 2015, cifra citada en su más reciente estudio publicado a principios de este año.” (ProColombia, 2017)

Se destaca que “más de la mitad de los viajeros encuestados que vinieron al país por motivo de bienestar gastaron alrededor de USD \$700 y las ciudades que más conocen de Colombia los viajeros de bienestar son Bogotá, Medellín y Cali. Además, el 42,5% de los encuestados se queda más de 11 noches y el 29,3% se queda menos de una semana.” (ProColombia, 2020) . Lo que muestra que Colombia podría ser mucho más representativo e importante en este sector a nivel mundial, pues adicionalmente cuenta con otra variable fundamental para su desarrollo, los paisajes.

“De acuerdo con Procolombia (2017) en los siguientes cinco años el Turismo de Bienestar tendrá un aumento de 9,9% anual, el doble que el sector en general.” (Segrera & Garcia, 2019) Colombia tiene un potencial inmenso para ejecutar dicha actividad, pues cuenta con más de 300 fuentes termales, y ya se pudo observar que solamente en el departamento de Cundinamarca hay 49 de ellas y en el país treinta de ellas se pueden adecuar como centros termales. “Cabe aclarar que se está utilizando solo un 6% de su potencial, lo cual evidencia que el Turismo de Bienestar en Colombia es casi inexistente”. (Euromonitor Internacional, 2012)

En relación a la cifra expuesta anteriormente, es de vital importancia elaborar estrategias para sacarle un mayor provecho a las fuentes termales y lograr un desarrollo social, ambiental y económico tanto en Colombia como en Cundinamarca, “En este contexto, el turismo constituye una posibilidad potencial y dinámica de la economía regional, con grandes ventajas para el departamento, porque permite mostrar y desarrollar los recursos y atributos con los que cuenta” (Fontur, 2012).

Cundinamarca cuenta con 49 fuentes termales como ya se mencionó, por lo que la inversión estatal a estas regiones permitirá el crecimiento de la región, pues ya se cuenta con la localización geográfica y recursos naturales privilegiados, reconocer y dar a conocer las bondades ya nombradas acerca de lo beneficioso de las aguas termales, permitirá un mejor desarrollo de turismo de bienestar.

De las fuentes termales presentes en los diferentes municipios en Cundinamarca, tocando variables de tipo administrativas “Se evidencia que 12 son de administración privada; estas termales presentan una característica particular, puesto que la inversión en infraestructura ha sido desarrollada para el aprovechamiento del turismo.” (Niño &

Duarte, 2015) Lo que indica que ya es una fuente de ingreso representativa cada uno de ellos en sus respectivos municipios, lamentablemente es menos del 30% las fuentes termales que cuentan con esta administración y que se le saca provecho a este recurso para el crecimiento de la región.

Además de las termales de administración privada también las hay públicas y subarrendadas “Las termales tienen administración pública como Nemocón; allí, se está desarrollando un proyecto financiado por el MinCIT a través de Fontur, que consiste en la construcción de un complejo termal.” (Niño & Duarte, 2015).

“También, existen termales que son administradas por una entidad pública, pero, a su vez, son subarrendadas. Es el caso de Guasca con la fuente termal Santa Bárbara, que está siendo remodelada para proponerse en un contrato de comodato” (Niño & Duarte, 2015). Esto indica que se le entrega a otro ente para que lleve a cabo su administración y aprovechamiento, de esta forma como canje se contrata personal local, adicionalmente hay una gran cantidad que no cuentan con administración ni pública ni privada lo que explica el poco provecho que es sacado para su gran potencial, como fue mencionado anteriormente.

En relación a la variable de empleabilidad de la actividad los municipios como “Tocaima, Tabio, Choachí, Chocontá, Tibitirita, Nemocón, Agua de Dios, Pandi, Paratebuena, Ricaurte y Guasca, en donde se contrata pobladores de los propios municipios para trabajar en las termales; se genera alrededor de 8 a 12 empleos directos.” (Niño & Duarte, 2015) Cumpliendo funciones de la operación y de la parte administrativa aunque no es un número significativo da un inicio a la relevancia social que puede llegar a alcanzar esta actividad, sin embargo también se debería realizar capacitación a los residentes de municipios con capacidad de explotar este recurso pues en “Las termales de Junín y Chocontá, evidencian la inexistencia de pobladores con conocimientos para ofrecer otros servicios o tratamientos enfocados hacia el bienestar” (Niño & Duarte, 2015) lo que obligaría a traer personal externo para poder cumplir con la operación, lo que no sería la mejor opción para el crecimiento regional.

Finalmente se da otro factor, la contratación de empleados que hacen parte del grupo familiar, donde se ve que no se alcanza la operación deseada, pues aún es poco

profesional y no se encuentran en la capacidad de contratar personal ajeno “al existir negocios familiares, la contratación de pobladores es mínima; este caso se presenta en municipios, como Anapoima, Útica y Suesca en donde el núcleo familiar trabaja alrededor de dicho recurso.” (Niño & Duarte, 2015)

Otra variable importante es la accesibilidad a las termales, pues los municipios que cuentan con adecuadas vías, es decir pavimentadas y buena señalización posibilita el ingreso y reconocimiento de estas, mientras que otros municipios al no contar con la debida señalización o con las mejores condiciones de la vía de acceso, dificulta el desarrollo del aprovechamiento de dicho recurso y el desarrollo del municipio.

En términos de cercanía a la cabecera municipal “20 termales se encuentran ubicadas en la parte rural de los municipios. Los pobladores no siempre las reconocen como propias.” (Niño & Duarte, 2015) esta falta de pertenencia por parte de la comunidad hacia este recurso, contribuye a su poco desarrollo.

7.3 Variables ambientales

Posterior a la identificación de las variables fisicoquímicas de las aguas termales presentes en el departamento de Cundinamarca, se obtuvo tres clasificaciones químicas como lo fueron las aguas de carácter clorurado, bicarbonatado y sulfatado, siendo 22, 9 y 1 aguas termales con dicha clasificación respectivamente. Adicionalmente, se presentaron rangos de temperatura desde 21,9°C a 75,4°C, el pH entre 5,63 hasta 7,95, y conductividad más variada entre 37,37 y 28500.

Para iniciar a tocar variables que afectan la calidad del agua, la turbiedad, este hace referencia a las aguas que tienen contenido de materia en suspensión e interfiere con el paso de la luz a través del agua, afectando así la vida acuática, otro factor de relevancia es la actividad del ion hidrogeno. El pH es un factor importante en relación a los ecosistemas y suelos presentes pues cuando tiene un valor alto es decir concentraciones altas de carbonatos, calcio y magnesio se relacionan con zonas áridas, esto afecta considerablemente la estructura del suelo, en el caso contrario cuando el pH es demasiado bajo se asume la presencia de agentes tóxicos, lo que puede restringir la nitrificación y descomposición de materia orgánica.

Además de esto “Las aguas provenientes de ríos, canales y lagos pueden tener sólidos inorgánicos y orgánicos en suspensión, con presencia de algas y bacterias, y pueden ser de bajos contenidos de sales solubles. Las aguas provenientes de pozos profundos pueden tener contenidos de sales solubles mayores que los de aguas superficiales.” (Peña, 1995)

Es relevante mencionar las afectaciones del agua con alto contenido de sales hacia la flora pues “Cuanto mayor es el contenido de sales en el agua del suelo, tanto mayor es el esfuerzo que la planta tiene que hacer para absorber el agua.” (Palacios, Rodríguez, & Barajas, 2010). Lo que impediría o disminuiría la suficiencia de la planta para absorber nutrientes y agua entre mayor sea el contenido de sales, así mismo serán sus afectaciones “algunas sales, cuando se acumulan en cantidad suficiente, resultan tóxicas para los cultivos y ocasionan desequilibrios en la absorción de los nutrientes.” (Palacios, Rodríguez, & Barajas, 2010).

En cuanto a la conductividad del agua se vincula con la concentración de sales presentes “Cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura” (Solís, Zuñiga, & Mora, 2018) Sin embargo, en “la mayoría de las aguas subterráneas (pozos y nacientes) existe una relación muy alta entre la conductividad y la dureza” (Laboratorio Nacional de Aguas, 2014). Bien se sabe que esto tiene relación con la presencia de calcio y magnesio principalmente que se originan de la disolución de rocas.

La (OMS , 2013) indica que “las aguas duras pueden generar incrustaciones en los sistemas de distribución y que, por el contrario, las aguas blandas pueden corroerlos.” para hablar acerca de las aguas cloruradas en Cundinamarca que como ya se mencionó existen nueve de ellas, “El efecto de la concentración de cloruro en la velocidad de corrosión se produce hasta un 3% en peso, debido al aumento de la conductividad. En la actualidad se reporta un número cada día más creciente de estructuras prematuramente deterioradas por corrosión del acero de refuerzo, esta corrosión, en general, se debe al ataque destructivo de iones cloruro que penetran desde el exterior por difusión o porque fueron incorporados a la mezcla de concreto.” (García, y otros)

“Los niveles de sulfato en agua de lluvia y agua superficial se correlacionan con las emisiones de dióxido de azufre ocasionadas por la actividad humana” (Keller & Pitblade, 1986), principalmente provenientes de motores que utilizan como combustible diésel. “Su afectación en el ser humano tiene que ver principalmente con el efecto laxante que surge al ingerir una alta concentración de sulfato de sodio y sulfato de magnesio, además favorecen la corrosión de los metales y cambian el sabor al agua (en menor medida que los cloruros y carbonatos), lo que también incrementa la cantidad de plomo disuelto, proveniente de las tuberías de plomo” (Gallego, 2015). “En el organismo humano provocan como efecto secundario deshidratación, la cual es muy común después de una ingestión de más de cinco gramos al día de dichas sales, producto de un cuadro diarreico, el cual es más crítico en niños y adultos mayores.” (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017)

8. CONCLUSIONES

Se registraron 49 fuentes termales en diferentes municipios de Cundinamarca, viendo que los rangos de temperatura en ellos comprenden desde los 21,9°C hasta los 72,3°C con un promedio de 39,26°C, además que los valores de pH se encuentran entre 5,63 y 7,73 con un promedio de 6,86 por último, la conductividad se encuentra entre 37,37uS/cm y 28500 uS/cm y un promedio de 2148,01 uS/cm.

Se identificó que únicamente el 6% de las fuentes termales en el país está siendo explotado, caso que no es ajeno a Cundinamarca pues de las 49 fuentes termales determinadas únicamente 12 de ellas cuentan con aprovechamiento turístico y tienen en común que son de administración privada.

Se reconocieron variables socioeconómicas importantes para desarrollar la actividad de ecoturismo, como la cantidad de empleos directos generados, que gira alrededor de 8 a 12 por fuente termal en funcionamiento, también la accesibilidad y señalización de los mismos para que facilite su ingreso y reconocimiento, por último, su tipo de administración que varía entre pública y privada.

Se determinó que la conductividad del agua se encuentra relacionada con la cantidad de sales de la misma y estas impactan negativamente en la absorción de nutrientes y agua por parte de las plantas, además su afectación a la salud humana y ecosistemas, adicionalmente se identificó una relación del pH con múltiples afectaciones al suelo y la vegetación, pues afecta su estructura, restringe la nitrificación e inhibe la descomposición de materia orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, C., Velandia, F., Cepeda, H., Pardo, N., Vásquez, A., & Espinosa, O. (2004). *Ingeominas. propuestas de norma para agua mineral natural y aprovechamiento de agua termal en termalismo.*
- Armijo, M., & Martin, J. (1984). *La salud por las aguas termales*. EDAF.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica).*
- Espejel, J. I. (s.f.). *Instituto geológico y minero de España*. Obtenido de http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfjor_aguas_mine/3_infraestructura.pdf.
- Euromonitor Internacional. (Marzo de 2012). Obtenido de Health and Wellness Tourism in Colombia.: <http://www.euromonitor.com/health-and-wellness-tourism-in-colombia/report>
- Fontur. (2012). Obtenido de Plan de Desarrollo turístico de Cundinamarca: <http://www.mincit.gov.co/minturismo/descargar.php?id=65678>
- Gallego, A. (2015). *Experimentación en química analítica*. UNED.
- García, A., Reyes, M., Alvarado, A., González, L., Dora, M., Vasquez, E., . . . Herrera, A. (s.f.). *CLORUROS TOTALES EN EL AGUA DE ABASTECIMIENTO*. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango.
- Hernández, J. (2018). *Calidad sanitaria de un agua termal*. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/859/Hern%C3%A1ndez%20Romero%2C%20Jenny%20Andrea-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Keller, W., & Pitblade, J. R. (1986). *Water quality changes in Sudbury area lakes: a comparison of synoptic surveys in 1974-1976 and in 1981-1983*. Water, Air and Soil Pollution.
- Laboratorio Nacional de Aguas. (2014). *Programa de Vigilancia y Control de Calidad del Agua*. La Union. Obtenido de La Unión.
- Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *DECRETO 3930 DE 2010*. Obtenido de https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_3930_2010.htm

- Niño, S., & Duarte, S. (2015). *Georreferenciación de las termales con alternativas de desarrollo para el Turismo de Bienestar en la región Cundinamarca*. Obtenido de Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia: revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/4506
- Niño, S., & Duarte, S. (2015). *Georreferenciación de las termales con alternativas de desarrollo para el Turismo de Bienestar en la región Cundinamarca. Perspectiva Geográfica*. Obtenido de <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/4506/3837>
- Ocampo, J. (2004). Obtenido de Un futuro económico para Colombia. Colombia: CEPAL.
- OMS . (2013). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2022). *Legionelosis*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Las aguas residuales: el recurso desaprovechado*. Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_spa
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. UNESCO.
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Agua para consumo humano*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Palacios, A., Rodríguez, M., & Barajas, G. (2010). *Tratamiento electrostático (ESP) de AGUA PARA RIEGO*. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales/Universidad Autónoma de ChihuahuaA.
- Peña, P. (1995). *Inyección de fertilizantes en los sistemas de riego*. Horticultura Mexicana, Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas.
- ProColombia. (2017). Obtenido de Colombia es destino turístico de bienestar: <https://prensa.procolombia.co/colombia-es-destino-turistico-de-bienestar>
- ProColombia. (2020). *Turismo de bienestar, uno de los productos que más demandarán viajeros luego de la pandemia*. Obtenido de

- <https://prensa.procolombia.co/turismo-de-bienestar-uno-de-los-productos-que-mas-demandaran-viajeros-luego-de-la-pandemia>
- Procuraduría General de la Nación. (2023). *Gestión de las aguas termominerales en Colombia*. Obtenido de <https://www.procuraduria.gov.co/Pages/procuraduria-advierte-colombia-no-cuenta-con-regulacion-necesaria-manejo-aguas-termales.aspx>
- Rodriguez, R., & Rodriguez, S. (2010). *La Dureza del Agua*. Universidad Tecnológica Nacional (UTN).
- Rojas, E., Fortich, M., & Pavajeau, H. (2014). *Determinacion del origen y la composicion de las aguas termales ubicadas en los municipios de Becerril (Cesar) y Ciénaga (Magdalena), Colombia*. Obtenido de Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar-Colombia:
https://www.academia.edu/19439004/Determinaci%C3%B3n_del_origen_y_la_composici%C3%B3n_de_las_aguas_termales_ubicadas_en_los_municipios_de_Becerril_Cesar_y_Ci%C3%A9naga_Magdalena_Colombia
- Sánchez, Y., & Rodriguez, L. (2019). *ESTADO DEL ARTE DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Obtenido de Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Segrera, Y., & Garcia, T. (2019). *Estrategias para potencializar el turismo de bienestar en las termales los chorros en el municipio de Agua de Dios Cundinamarca*. Obtenido de
<https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/4506/3837>
- Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*. Obtenido de <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>
- Servicio Geológico Colombiano. (s.f.). *Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*. Obtenido de <http://hidrotermales.sgc.gov.co/>
- Solís, Y., Zuñiga, L., & Mora, D. (2018). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica*.
- Tello, M. (2006). *Las teorías del desarrollo económico local y la teoría y práctica del proceso de descentralización en los países en desarrollo*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Tourism Leisure; Sports. (2013). *Programa de Transformaciòn productiva*. Obtenido de <https://www.ptp.com.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=80fca027-7c4e-4585-88f7-a349ed5a1a0b>

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellin. (2011). *Aguas minerales y productos termales*. UPME483 V5.

Van der Aa, M. (2003). *Classification of mineral water types and comparison with drinking water standars* . Environmental Geology.

ANEXOS

ANEXO 1

RECOMENDACIONES

Si bien en la presente investigación se identificaron algunos de los impactos ambientales, se recomienda ejecutar una evaluación de impacto ambiental con el fin de generar planes de manejo ambiental tanto en el aire, agua y suelo para mitigar los impactos ambientales y lograr el aprovechamiento de las aguas termales sosteniblemente.

Se recomienda hacer una revisión acerca de la normativa que tiene este sector en específico, ya que no se identificó una regulación que otorgue directrices en cuanto al desarrollo de la misma, así como de mitigación de impactos ambientales.

Se recomienda realizar caracterizaciones microbiológicas y de otras variables fisicoquímicas de las fuentes termales para determinar acciones a nivel de salubridad y de impactos ambientales en cada una de ellas, además de información acerca de ventas costos e indicadores de visita para relacionarlos.