

Determinación del origen y la composición de las aguas termales ubicadas en los municipios de Becerril (Cesar) y Ciénaga (Magdalena), Colombia

Determination of the origin and composition of hot springs located in the municipalities of Becerril (Cesar) and Ciénaga (Magdalena), Colombia

COLCIENCIAS TIPO 2. ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

RECIBIDO: JULIO 29, 2014; ACEPTADO: SEPTIEMBRE 13, 2014

Elías Rojas Martínez

erojas@areandina.edu.co

Marlon Fortich Duarte

mafortich2@areandina.edu.co

Henry Pavajeau Maestre

hepavajeau@areandina.edu.co

Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar-Colombia

Resumen

En los municipios de Becerril (Cesar, Colombia) y Ciénaga (Magdalena, Colombia), existen afloramientos de aguas subterráneas con altas temperaturas –aguas termales– asociadas a la formación de la Sierra Nevada de Santa Marta, elevación cuyo origen se debe a la formación y acreción de fragmentos de origen oceánico que luego se incorporaron al continente y al crecimiento de extensos territorios volcánicos –proveyendo actividad magmática–, un proceso que genera la destrucción de rocas y la elevación, por diferencia de densidades, de las rocas fundidas, las cuales producen vapores de altas temperaturas que calientan las aguas subterráneas hasta su punto de ebullición, este vapor de agua se filtra entre fisuras presentes en las formaciones rocosas y va ascendiendo hasta la superficie donde se condensa y brota como agua termal. El artículo analiza los resultados obtenidos de los estudios minero-geológicos realizados en estos depósitos de aguas termales, donde se desarrollaron exploraciones geológicas y geoquímicas *in situ*, toma de muestras y análisis físico-químicos. Se concluye que estos yacimientos son de origen geotérmico y que, por su composición química estas aguas pueden ser usadas en terapias de medicina alternativa y representan una fuente de desarrollo para el ecoturismo.

Palabras Clave

Aguas termales; afloramientos; fallas; subducción; mineralogía; análisis físico-químico; terapias medicinales.

Abstract

In Becerril (Cesar, Colombia) and Ciénaga (Magdalena, Colombia) there are outcrops of groundwater with high temperatures, called hot springs, which are associated with the formation of the Sierra Nevada de Santa Marta. The origin of the Sierra is due to the formation and accretion of fragments of oceanic origin which is then incorporated into the continent as well as the growth of extensive volcanic territories providing magmatic activity. This aforementioned process generates destruction of rocks and elevation by differences of densities of molten rock, which produce high temperature steam to heat groundwater to the boiling point, the water vapor present filters through cracks in rock formations and ascends to the surface where it condenses and flows like spring water. The mineral composition of these thermal waters were identified to determine their health benefits, and to promote their use as medicinal therapies. This paper analyzes the results of mining geological studies in these hot spring deposits, where geological and geochemical exploration in situ sampling and georeferencing, physico-chemical analysis and interpretation of the results were performed. We conclude that these deposits are geothermal. On the chemical composition of these waters can be used in various alternative medicine therapies and represent a source of regional development such as ecotourism.

Keywords

Hot springs; outcrops; faults; subduction; mineralogy; physicochemical analysis; medicinal therapies.

I. INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta los resultados de los estudios minero-geológicos realizados en el marco de las campañas exploratorias emprendidas por el semillero de investigaciones geológico-minero Sigem de la Fundación Universitaria del Área Andina, a los depósitos de aguas termales ubicados en los municipios de Becerril (Cesar, Colombia) y Ciénaga (Magdalena, Colombia). Su objetivo fue el estudio de estas fuentes en cuanto a su origen, composición mineralógica y posibles beneficios. El proyecto generó las siguientes preguntas problema:

- ¿Cuáles fueron los procesos geológicos que intervinieron para la formación y afloramiento de las fuentes termales ubicadas en los municipios de Becerril y Ciénaga? y
- ¿Qué características y beneficios poseen las aguas termales ubicadas en los municipios de Becerril y Ciénaga?

A. Planteamiento del problema

En estos municipios no se han realizado estudios previos tendientes a determinar los procesos geológicos que dieron origen a sus aguas termales, al igual que su composición para de esta forma establecer la litología subterránea de las áreas de manifestación de estas aguas, y determinar su potencial medicinal. El agua desempeña determinantes funciones en las actividades vitales del organismo humano; el cuerpo humano necesita entre cinco y ocho vasos de agua diarios para transportar nutrientes, ayudar a la digestión, reconstituir tejidos, eliminar toxinas y regular su temperatura.

La eficacia terapéutica de numerosas aguas termales, tanto en el extranjero, como en Colombia, ha quedado debidamente acreditada en el ambiente de la medicina.

Según Hauser (1997) basta consignar que la simple inmersión del cuerpo humano en agua, supone la liberación de un 94% del peso de una persona y que a temperatura actuante es capaz de modificar favorablemente el calibre de los vasos y la irrigación sanguínea, provocando una importante gama de acciones beneficiosas para el sistema motor, la actividad muscular, el dolor, las contracturas, etc.

B. Antecedentes

En virtud de su compleja litología Colombia, al igual que otros países latinoamericanos, cuenta con numerosas

fuentes de aguas minerales. Su cantidad asciende a más de 300 fuentes, muchas de ellas con altas temperaturas, asociadas al sistema volcánico regional de los sistemas montañosos del país. Aunque estos recursos están distribuidos alrededor de todo el territorio colombiano, sólo algunas de estas fuentes han sido estudiadas y analizadas de manera científica y profunda.

Los primeros estudios realizados se remontan a inicios del siglo XX con la descripción de las fuentes termales de la Quebrada Arriba –ya extintas– ubicadas en el Valle del Tonusco, al norte de la ciudad de Santa Fe de Antioquia; eran fuentes termales que brotaban de la montaña y bajaban y morían en un gran pozo en el sector de Guayabito; su principal uso era recreacional y turístico.

C. Justificación

La gran diversidad de estos recursos naturales en Colombia ha despertado el interés por conocer sus características geológicas, biológicas y medicinales, además de su importancia en los ecosistemas que las circundan y su aprovechamiento terapéutico, con el fin de promover el desarrollo del ecoturismo en las zonas donde se presentan.

En los municipios de Becerril y Ciénaga no se ha llevado a cabo un estudio o análisis que muestre las condiciones geológicas bajo las cuales se originaron los depósitos que dieron lugar a los afloramientos, su composición mineralógica y su potencial terapéutico medicinal.

II. MARCO METODOLÓGICO

La investigación corresponde a la línea de Ciencias exactas y de la Tierra, Geología, Mineralogía. Es un estudio de tipo cualitativo-descriptivo, ya que se califican características de los depósitos de aguas termales a través de los análisis cuantitativos de los resultados de los estudios de laboratorio aplicados a las muestras tomadas; descriptivos, no experimentales. Consta de los siguientes pasos:

- revisión y recopilación bibliográfica;
- reconocimiento de campo;
- tomas de muestras de las aguas para analizar su composición;
- análisis de los procesos que dieron origen a las manifestaciones de aguas termales;
- georreferenciación (GPS) de las zonas donde se

manifiestan las aguas termales; y

- elaboración del informe final.

El estudio se desarrolló en la jurisdicción de los municipios de Becerril, ubicado al noreste del departamento del Cesar, con coordenadas 9°42'N 73°17'W, en las estribaciones de la Serranía de Perijá; y Ciénaga, ubicado a orillas del mar Caribe, en el extremo nororiental de la Ciénaga Grande de Santa Marta, con coordenadas 11°02' N74°15' W, a 35kms de la ciudad de Santa Marta, en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de estudio¹



III. GEOLOGÍA REGIONAL

Los municipios donde se presentan los afloramientos de las aguas termales poseen diversas formaciones de rocas y estructuras que, de una manera u otra, es la razón principal por la cual estos depósitos afloran en ellos.

Becerril

En el municipio de Becerril existen dos regiones geológicas: la Serranía de Perijá y el norte de la cordillera Oriental.

La región Serranía de Perijá está formada esencialmente por rocas metamórficas y sedimentarias con edades comprendidas entre el Cámbrico-Ordoviciano y el Reciente (Govea & Dueñas, 1975). En ella se encuentran principalmente la Formación Rionegro (K_{1r}), formada por rocas sedimentarias detríticas de composición arcósica (Hedberg, 1931), la Formación La Luna (K_{2l}), la cual consta de una secuencia alternante de lutitas negras carbonosas, limolitas, arcillolitas, calizas negras bituminosas que al partirlas expelen olor a petróleo, capas delgadas de chert y arenisca calcárea (García, 1990) y el Grupo Cogollo (K_{1c}), que consta de calizas, calizas arenosas y areniscas calcáreas (Miller, 1960).

La región Norte de la Cordillera Oriental posee mayor distribución de rocas ígneas, tanto volcánicas como intrusivas, seguidas por las metamórficas y en menor proporción por las sedimentarias (Arias & Morales, 1991). En ella se encuentran la Unidad Metasedimentaria la Virgen (PZ_{mv}), una secuencia de metarenitas grises de grano fino (Royero & Clavijo, 2001), y la Formación La Quinta (Jq), una secuencia de tobas cristalinolíticas, lodolitas y arenitas tobáceas, arenitas rojo grisáceas, tobas cristalinas alternadas con lapillitas, aglomerados, aglomerados lodosos y lava (Küding, citado por Forero, 1972).

Ciénaga

Según Hernández (2003) en este municipio afloran rocas ígneas y metamórficas que varían en edad desde el Proterozoico hasta el Paleógeno y cuaternarios recientes, ubicadas al occidente de la Sierra Nevada de Santa Marta. Las principales formaciones, descritas por Tschanz et al. (1969), son las Granulitas de los mangos ($P^{\circ}gm$), rocas metamórficas de metamorfismo regional de muy alto grado principalmente facies granulita hornblenda; los neises de Buritaca (PZ_{nb}), que incluyen todos los neises ígneos máficos y migmatíticos; las Metamorfitas de San Pedro de la Sierra (IJ_{mn}), conformadas por cataclasitas, neises, neises esquistosos y esquistos, migmatitas y metagabros; y los mármoles de Ciénaga (Em), que se presentan en varias capas de los Esquistos de Gaira (Eg), las cuales consisten de esquistos anfibólicos densos, negros y mica esquistos.

IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para el estudio se recolectaron tres muestras entre las dos áreas de estudio seleccionadas, dos en Ciénaga, una en Becerril, las cuales fueron llevadas para su posterior análisis al Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander [UIS], donde se realizó el respectivo análisis cuantitativo, físico-químico y mineralógico, de cada una de ellas.

A. Análisis físico-químico

En los resultados se identificaron distintos parámetros característicos que describen las propiedades básicas de las fuentes termales objeto de estudio. Para cada propiedad se arrojan datos cuantificados y se indica a través de qué métodos y bajo qué normas se efectuó cada uno de ellos (Tabla 1).

¹ Imágenes obtenidas usando Google Earth

Tabla 1. Análisis físico-químico

Parámetro	Becerril	Ciénaga
pH (Unidades de pH)	7,05	7,03
Temperatura (°C)	24,1	24,1
Conductividad (µS/cm)	854	2240
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	328,9	24,35
Color (UPC)	24	28
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	240,9	424,15
Turbiedad (NTU)	1,26	0,85
Sólidos Totales (mg/L)	512	1655

pH

Los resultados obtenidos muestran ciertos parámetros similares dentro de los dos depósitos de fuentes termales estudiadas; las aguas que afloran en estos depósitos contienen un pH relativamente neutro, lo cual corresponde a aguas relativamente neutras, dato favorable en cuanto a las variadas maneras de aprovechar estas fuentes termales (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización del agua / su pH (Babor & Ibarz, 1963)

Rango	Valor de pH	Clasificación
Ácido	<7	<i>Aguas ácidas</i>
Neutro	7	-
Básico	>7	<i>Aguas alcalinas</i>

Temperatura

De acuerdo con lo observado en el reconocimiento de campo y las visitas a estas aguas termales, la temperatura *in situ* del depósito termal del municipio de Becerril es relativamente fría –alrededor de los 27°C–, mientras en la fuente termal estudiada en el municipio de Ciénaga es mucho más cálida –oscila entre 45°C y 47°C–, con una alta conductividad. La temperatura depende en gran medida de la temperatura del ambiente donde afloran estas aguas, donde su foco alcanza valores superiores a los 60°C.

Dureza total

Se conoce como dureza total a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular, sales de magnesio y calcio. El grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales alcalinas. Se calcula, de manera genérica, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (en mg/l de agua), lo que puede ser expresado en concentraciones de CaCO₃. El agua puede clasificarse en niveles de dureza de acuerdo con los parámetros que muestra la Tabla 3).

Tabla 3. Índices de dureza del agua (Massol, 2010b)

Índices de dureza	mg CaCO ₃ /L
Muy blandas	0-15
Blandas	16-75
Moderadamente duras	76-150
Duras	151-300
Muy duras	>300

De acuerdo con los resultados obtenidos, las aguas termales estudiadas en Becerril se clasifican como aguas *duras* debido a su significativa concentración de CaCO₃. De igual manera, las aguas termales estudiadas en Ciénaga se clasifican como aguas *muy duras*, ya que su concentración de sales alcalinas supera los 300 mg de CaCO₃/l. Esta característica las hace aguas con baja solubilidad de compuestos metálicos, gracias a las altas concentraciones alcalinas en ella.

Turbiedad

Este parámetro está relacionado con la cantidad de sólidos en suspensión en el agua, los que pueden ser resultado de una posible actividad biológica o simplemente la presencia de componentes no deseables. Es un fenómeno óptico que consiste en la absorción de la luz, combinada con un proceso de difusión. Se considera como un factor importante para estimar la calidad del agua (Tabla 4) y está relacionado con su grado de transparencia y limpieza.

Tabla 4. Calidad el agua / índice de turbulencia (Massol, 2010 b)

Calidad del agua	Índice de turbidez
Aguas transparentes	< 1 NTU
Aguas algo turbias	1-5 NTU
Aguas turbias	> 5 NTU

Aseverando los resultados obtenidos, al momento de visitar estas fuentes termales se pudo observar que su grado de turbulencia tendía a ser bajo, las aguas eran claras y transparentes. Las aguas termales de Becerril, según Massol (2010 b), se clasifican como aguas *algo turbias* por poseer entre una y cinco Unidades Nefelométricas de Turbidez [NTU], mientras que las del municipio de Ciénaga se clasifican como aguas *transparentes*, por presentar un valor inferior a una NTU.

Sólidos totales

Los sólidos son materiales suspendidos y disueltos en el agua, los cuales pueden afectar negativamente a la calidad

del agua o al suministro, de varias maneras. Las aguas altamente mineralizadas no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales e incluso resultan estéticamente insatisfactorias para bañarse.

Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamientos biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento.

El contenido de materia en suspensión es muy variable, según los cursos de agua. Cada uno de ellos está en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, la estación, la pluviometría, los trabajos y los vertimientos, entre otros.

Los sólidos totales se definen como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y el secado a una temperatura de entre 103°C y 105°C. El valor de los sólidos totales incluye materias disueltas –sólidos disueltos totales: la porción que pasa a través del filtro– y materias no disueltas –sólidos suspendidos totales: la porción de sólidos totales retenidos por un filtro–.

Los sólidos secados a temperaturas entre 103°C y 105°C pueden retener aguas de cristalización y también algo de agua ocluida. Como resultado de la conversión del bicarbonato en carbonato, habrá una pérdida de CO₂. La pérdida de material orgánico por volatilización será por lo general muy ligera. Los resultados para residuos ricos en aceites y grasas pueden ser cuestionables debido a la dificultad que supone el secado, a peso constante, en un tiempo razonable.

B. Análisis mineralógico

Los resultados obtenidos identifican los principales componentes minerales contenidos en las aguas termales: cloruros, sulfatos, hierro total y sulfuros (ver Tabla 5).

Tabla 5. Resultado análisis mineralógico de las fuentes de aguas termales estudiadas

Parámetro	Becerril	Ciénaga
Cloruros (mg cl-/l)	68,9	571
Sulfatos (mg so4-2/l)	70,2	161,3
Hierro total (mg fe/l)	0,006	0,0065
Sulfuros (mg s-2/l)	345,6	355,2

Cada uno de estos componentes le otorga ciertas características o propiedades que ayudan a distinguir la variabilidad de beneficios que poseen estas fuentes termales.

Cloruros

Son sales, en general, muy solubles, muy estables en disolución y muy difícilmente precipitables; no se oxidan ni se reducen en aguas naturales; en general están asociadas con el ion Na⁺. El ión cloruro se encuentra con frecuencia en aguas naturales y residuales, en concentraciones que varían desde 1ppm hasta 250ppm por litro en aguas dulces. Este ión ingresa al agua de forma natural, mediante el lavado que las aguas lluvias realizan sobre el suelo. Un alto contenido de ión cloruro es perjudicial para muchas plantas y comunica corrosividad al agua.

Los resultados muestran un mayor grado de concentración de minerales clorados en las fuentes termales de Ciénaga –aguas más cálidas– que en las aguas de la fuente de Becerril–, con niveles que hacen de ambas, aguas muy favorables para el organismo humano y, por ende, excelentes para fines mineromedicinales.

Sulfatos

Los resultados reflejan concentraciones considerables de minerales sulfatados en ambas fuentes, los cuales se comportan como purgantes, siendo esta acción más abundante en las sulfatadas sódicas y magnésicas, que en las sulfatadas cálcicas. Sus grandes beneficios a nivel gastrointestinal hacen de ellas aguas valiosas para la salud humana.

Hierro total

La acción terapéutica más destacada cuando existen concentraciones significativas de hierro en las aguas se presenta al interior del cuerpo humano. En el intestino delgado, principalmente en el duodeno, el ion ferroso disuelto en las aguas es adsorbido y pasa a la sangre, donde se une a la transferrina, la cual lo transporta a la médula ósea para su incorporación a la hemoglobulina. De acuerdo con los resultados obtenidos, las características férricas de estas aguas son casi nulas debido a su reducida concentración de hierro.

Sulfuros

En las aguas sulfhídricas suele encontrarse materia orgánica soluble y materia organizada propia de una flora autótrofa, entre ellas algunas clases de algas que forman conglomerados lentos –biogleas–, y microorganismos aerobios que consumen azufre –sulfurarias–, bacterias saprofitas autótrofas.

Esta corresponde, según los resultados obtenidos, a la mayor riqueza mineral de las aguas termales objeto de estudio, ya que las concentraciones de minerales sulfurados en ambos depósitos es mucho más significativa que cualquiera la de los otros compuestos mineralógicos contenidos en ellas. Por tanto, es innumerable la variedad de beneficios terapéutico-medicinales que estas aguas le brindan al organismo humano, los cuales van desde remover las impurezas de la piel, hasta tratar enfermedades neurológicas.

C. Origen geológico

Los estudios realizados y el análisis de la geología regional presente permiten determinar que las aguas termales objeto de estudio se clasifican como fuentes termales de *origen geotérmico o telúrico*. Estas tienen como mayor suministro de sus aguas a las precipitaciones y a los cauces de los ríos; sin embargo, cabe aclarar que hay eventos que condicionan la formación de estas fuentes termales, lo que las puede llegar a diferenciar con respecto a su origen, lo cual, a su vez, repercute en las características que en mayor medida diferencian a una fuente termal de otra, como son la temperatura y la concentración mineralógica. La sola presencia de fisuras y fracturas no es suficiente para que se produzca una *surgencia* de agua termal, sino que es necesario que estos accidentes se encuentren abiertos —de ahí la noción de *fisuración activa*—.

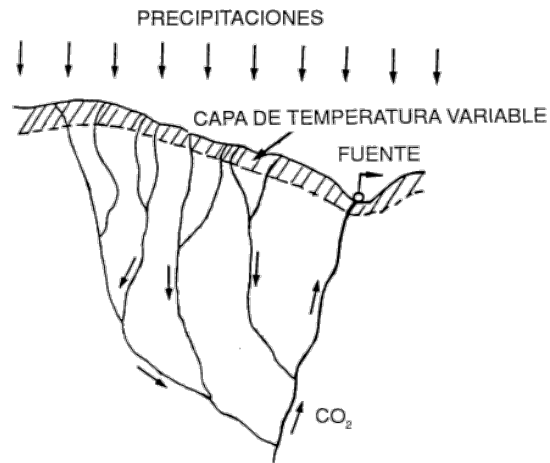
Las aguas termales de Becerril, ubicadas a orillas del río Maracas, se formaron debido a un *proceso epigenético* que comienza con el ciclo hidrológico superficial.

El proceso consiste en que las aguas que lleva el cauce del río (además de las adquiridas por las lluvias) se infiltran y se percolan al interior de la corteza terrestre, a través de las capas de roca. A medida que esto sucede, estas aguas aumentan su temperatura debido a la presión que generan los estratos o capas suprayacentes.

Esta infiltración es ayudada por las fisuras y fracturas contenidas en las rocas, recorrido que favorece, en gran medida, a la mineralización del agua; estas mismas presiones hacen que el agua mineralizada ascienda hasta aflorar en el depósito que se tiene actualmente a orillas del río Maracas, como se ilustra en la Figura 2.

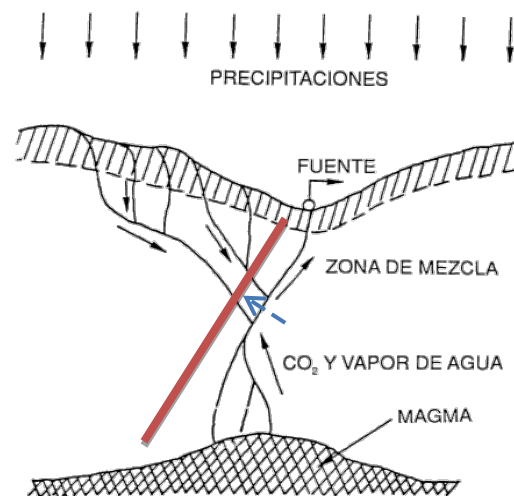
Los afloramientos de las aguas termales de Ciénaga poseen un proceso similar, pero existe un evento adicional que le da unas propiedades particulares que la diferencian de las termas estudiadas en Becerril.

Figura 2. Origen telúrico de las aguas termales (Massol, 2010a)



Las aguas que se depositan allí proceden de dos fuentes: unas, de las aguas de los ríos y las precipitaciones, que se infiltran en el subsuelo descendiendo por gravedad hacia las capas más profundas de la corteza terrestre; otras, del interior, de donde surgen como aguas de origen endógeno resultante del proceso volcánico extinto a nivel superficial de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esto genera una fuente mixta de suministro para estas aguas termales, como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3. Origen mixto de las aguas termales



Las aguas filtradas desde la superficie se encuentran, en una *zona de mezcla*, con las aguas endógenas que ascienden rápidamente a través de las fisuras y fracturas de las capas de rocas. Esa zona corresponde a la falla Bucaramanga en Santa Marta, lugar donde las aguas aumentan considerablemente su temperatura gracias a las fricciones y al constante movimiento que en esta zona se genera. Las

aguas se enriquecen de material y aumentan su mineralización, para luego filtrarse por las capa de rocas fisuradas y debilitadas por la zona de falla, hasta llegar a la superficie y aflorar en el depósito donde se encuentran actualmente.

Por lo anterior, la temperatura de las aguas termales del municipio de Ciénaga es muy superior a la encontrada en las aguas termales de Becerril. La presencia del Río Maracas en las cercanías de estas últimas puede ser un factor que influye en su temperatura.

V. APROVECHAMIENTO DE LAS FUENTES TERMALES

Hoy en día existe una importante cultura del agua y de regreso a la naturaleza. Las aguas mineromedicinales son un complemento a la medicina tradicional y favorecen el equilibrio general del organismo. Cabe resaltar la gran importancia que tiene conocer las principales propiedades de las fuentes de aguas termales, pues su estudio adecuado determina el aprovechamiento o beneficio que ellas pueden generar a las comunidades aledañas y al municipio en general. Los resultados obtenidos indican que un gran potencial de las dos termales estudiadas para su aprovechamiento en actividades de turismo, bajo las opciones de balneoterapia y estética.

Balneoterapia

Consiste en baños prolongados en agua mineralizada, con temperaturas variables, actividad que otorga múltiples beneficios a las personas. En las aplicaciones externas, la piel absorbe los minerales que van disueltos en el agua y los introduce en el organismo, realizando así diversas acciones terapéuticas, tanto sobre la piel, como en el interior. Esta actividad se puede realizar en las dos termales estudiadas.

Estética

La principal demanda de las aguas termales, en todos los países, corresponde al aspecto *estético*, específicamente asociado con el rejuvenecimiento y la belleza.

Las aguas termales, debido a sus características, logran la depuración del organismo, por lo que están completamente indicadas en patologías inflamatorias del aparato locomotor, tales como la artritis, patologías que producen calor en la zona, rigidez, dolor, atrofia muscular, etc., y hace que se vaya perdiendo la esbeltez de las extremidades.

La aplicación de las aguas termales produce un efecto de relajación y disminuye el calor interno; mejora la movilidad y disminuye el dolor; mejora la hidratación y el aspecto del cuerpo humano.

Cabe resaltar que las termales ubicadas en Ciénaga (Figura 4) ya son aprovechadas por los dueños de la zona por medio de baños y otras actividades estéticas.

Figura 4. Termales Ciénaga



No se debe olvidar, dentro de la estética, la hoy en día tan importante *fango terapia* o terapia con lodo. La ya comentada limpieza del organismo por las aguas termales conlleva a una limpieza de los poros de la piel y de las mucosas, y a la liberación de las toxinas, lo que da como resultado una piel limpia y tersa. En este tipo de tratamiento lo que más se utiliza son barros y lodos. Los beneficios de las aguas mineromedicinales no quedan ahí, dependiendo de las concentración de minerales, tienen también la capacidad de ser suministradas por vía oral, para el tratamiento de patologías digestivas, hepáticas, biliares, renales y dérmicas.

VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las fuentes de aguas termales de Becerril y Ciénaga son de origen *geotérmico*, pero con ciertos eventos que la diferencian en su temperatura y concentración mineralógica; en ello intervienen principalmente las aguas de infiltración provenientes de las precipitaciones y del cauce de los ríos. Los procesos que dieron origen a la manifestación de estas aguas, permiten clasificarlas: como aguas hipertermales (45°C a 100°C), a las de Ciénaga; y como aguas hipotermas (20°C a 35°C), a las de Becerril.

El depósito de agua termal del municipio de Becerril corresponde a afloramientos de aguas principalmente sulfuradas, con altas concentraciones de cloruros, las cuales

contienen más de 1 mg/L de azufre bivalente, de ordinario bajo las formas de ácido sulfhídrico y ácidos polisulfhídricos. Su olor es característico a *buevo podrido*. Suelen tener materia orgánica que supone una fuente adicional de azufre elemento: algas (baregina) y bacterias (sulfobacterias o sulfuraria). El depósito de Ciénaga, por su parte, corresponde a uno de aguas cloruradas, con altas concentraciones de sulfuros, con predominio del anión cloruro; los cationes sobresalientes suelen ser el sodio, el calcio o el magnesio.

Estos depósitos, gracias a su composición química ionizada negativamente, tienen su principal indicación en determinados procesos reumáticos, dermatológicos y estados de agotamiento psicofísico; son afloramientos de agua aptos para la hidrología médica –baños, lodoterapia, inhalación, calefacción–, debido a que ayudan al sistema de defensa de la piel frente a todo tipo de agresiones.

Así también, su composición mineralógica les permite ayudar en la estimulación de las secreciones digestivas y otras múltiples funciones orgánicas, por su alto contenido de cloruros. Por lo dicho, las termales Córdoba, en Ciénaga, ya son utilizadas como fuente de ingreso a través del ecoturismo.

Las aguas termales son recursos hídricos muy valiosos, en tanto en los ámbitos científico, geológico y medicinal, como en lo ámbitos turístico y recreacional. Si este tipo de tratamientos se acompañan de un emplazamiento en medio de la naturaleza, zonas sin contaminación y tranquilidad, se acentúa su efecto psicológico produciendo una gran sensación de paz que ayuda a combatir el estrés diario.

VII. REFERENCIAS

- Arias, A. & Morales, C. (1991). *Mapa geológico generalizado del departamento del Cesar: Memoria Explicativa*. Bogotá, Colombia: Ingeominas.
- Babor, J.A. & Ibarz, J. (1963). *Química general moderna* [7a ed.]. Barcelona, España: Marín.
- Forero, A. (1972). Estratigrafía del Pre cretácico en el flanco occidental de la Serranía de Perijá. *Geología Colombiana*, 7, 7-78.
- García, C., (1990). *Proyecto Cesar - Ranchería [Informe Final, tomo IV Integración. Tomo V Prospectos]*. Bogotá, Colombia: Ecopetrol.
- Govea, C. & Dueñas, E. (1975). *Informe Geológico preliminar de la Cuenca del Cesar [Informe No.390]*. Bogotá, Colombia: Ecopetrol
- Hauser, A. (1997). *Catastro y caracterización de las fuentes de aguas minerales y termales de Chile [Boletín No 50]*. Santiago de Chile:

Servicio Nacional de Geología y Minería.

- Hedberg, H.D. (1931). Cretaceous limestone as petroleum source rock in northwestern Venezuela. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geology*, 15(3), 229–244.
- Hernández, M. (2003). *Geología de las planchas 11 Santa Marta y 18 Ciénaga: memoria explicativa*. Bogotá, Colombia: Ingeominas.
- Massol, A. (2010, a). *Curso ecología microbiana*. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico.
- Massol, A. (2010, b). *Curso microbiología sanitaria*. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico.
- Miller, J. B. (1960). Directrices tectónicas en la Sierra de Perijá y partes adyacentes de Venezuela y Colombia. *Boletín Geológico del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, T2* (publicación especial, Memorias del Tercer Congreso de Geología), 685-718.
- Royero, J.M & Clavijo, J., (2001). *Memoria explicativa: Mapa geológico generalizado del Departamento de Santander*. Bucaramanga, Colombia: Ingeominas.
- Tschanz, C., et al. (1969). *Mapa Geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. Escala 1:200.000*. Bogotá, Colombia: Ingeominas.

CURRÍCULOS

Elías Rojas Martínez, Geólogo Especialista en Minería a Cielo Abierto, docente asesor de la Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar (Colombia).

Marlon Fortich Duarte, Estudiante de Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar (Colombia).

Henry Pavajeau Maestro, Estudiante de Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar (Colombia).