

CARACTERIZACIÓN HDROGEOQUÍMICA DE LAS FUENTES DE AGUAS TERMALES DEL CORREDOR SAN MIGUEL ALLENDE - ATOTONILCO

Salamanca Corredor, Maria Angelica (1) Puy y Alquiza, Maria Jesús (2)

1 [Geología, Universidad Industrial de Santander] [angelicasc63@gmail.com]

2 [Departamento de minas metalurgia e ingenierías, División de Ingenierías, campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] [Yosune.puy155@gmail.com]

Resumen

Las aguas termales son ampliamente utilizadas en el ámbito de la medicina gracias a sus propiedades mineralógicas, las cuales sirven para curar afecciones como problemas depresivos, reumáticos, estomacales, renales, entre otros. En Guanajuato se presenta gran oferta de aguas termales gracias a los procesos tectónicos visibles en el CVTM, estas aguas se encuentran asociadas al volcanismo y estructuras geológicas de esta zona. La investigación tiene lugar en el corredor de San Miguel de Allende-Atotonilco en el balneario La Gruta, se tiene como objetivo principal valorar el potencial y situación actual de las aguas de este sector. La geología se encuentra representada por arenas de grano grueso con porosidades altas. Para la clasificación de estas aguas se necesitó realizar análisis químicos de ICP-MC y Fluorescencia de Rayos X, también se determinaron ciertos parámetros físicos, las muestras requeridas se tomaron a partir de la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002. En la zona se obtienen aguas cloruradas con temperaturas de 37°C a 39°C, un nivel piezómetro bajo de 8-10m de profundidad y un pH neutro, lo cual permite concluir que el origen de estas aguas puede estar relacionado con una falla superficial con bajo desplazamiento y una calidad alta para uso medicinal.

Abstract

The hot springs are widely used in the field of medicine with its mineralogical properties, which serve to treat conditions such as depression, rheumatism, stomach, kidney problems, among others. In Guanajuato wide range of thermal waters is presented thanks to the visible tectonic processes in the CVTM, these waters are associated with volcanism and geological structures of this area. The research takes place in the corridor of San Miguel de Allende Atotonilco at Spa-Grotto, whose main objective is to assess the potential and current situation of the waters of this sector. The geology is represented by coarse-grained sands with high porosities. For the classification of these waters was required chemical analysis of ICP-MS and X-ray fluorescence, certain physical parameters were also determined, the required samples were taken from the Official Mexican Standard NOM-230-SSA1-2002. Chlorinated water in the area are obtained with temperatures of 37 ° C to 39 ° C, a low level of 8-10m piezometer depth and a neutral pH, which leads to the conclusion that the origin of these waters may be associated with a surface fault with low displacement and high quality for medicinal use.

Palabras Clave

Hidrotermal; Falla geológica; Tectónica; Geoquímica del agua; CVTM.

INTRODUCCIÓN

Desde 1989 la OMS estableció que el uso de agua termal puede ayudar al tratamiento de diversas afecciones, mejorando problemas depresivos, reumáticos, estomacales, renales, entre otras afecciones, esto se debe básicamente a los componentes minerales que ellas contienen. Mundialmente este recurso se utiliza en la rehabilitación de ciertas enfermedades como artrosis, psoriasis, enfermedades gastrointestinales etc. Ejemplos de ello existen en Francia, Italia, Colombia, Cuba y otros muchos países, donde son practicadas estas diferentes terapias a partir de este recurso [1].

El concepto de agua termal, hace referencia a su temperatura de surgencia la cual debe ser superior a 4°C, en relación con la temperatura media anual del lugar donde se localiza la fuente. Esto supone una gran cantidad de variantes y características de las aguas termales y sus aplicaciones según sus propiedades físicas o químicas. Para las físicas, la clasificación se base en la temperatura (Aguas sulfuradas: Sódicas, cálcica, Clorudadas, primitivas; Aguas Cloruradas: Sódicas, salinas hipertermales, Sódicas sulfatadas, Sódicas sulfatadas bicarbonatadas; Aguas bicarbonatadas: Sódicas, Cálcicas, Mixtas; Aguas aciduladas o carbónicas: Con Hierro (Fe), Sin Hierro (Fe); Aguas sulfatadas Aguas acratotermas oligometálicas. Tomando en cuenta la temperatura las aguas son clasificadas [2] en: Hipertermales con temperaturas por encima de los 40 °C; Termales o mesotermas entre los 30 y los 40 °C; Hipotermas entre los 20 y los 30 °C; Frías, por debajo de los 24°C.

En el estado de Guanajuato se han reportado diversas fuentes termales potencialmente explotables desde el punto de vista medicinal y de recreación. El ascenso a la superficie de este tipo de aguas, se relaciona con la existencia de una falla que conecta el manantial profundo de agua termal, con la superficie.

Los manantiales termales son numerosos y su presencia en el estado de Guanajuato se da como resultado de la actividad tectónica y de los fenómenos posteriores al intenso vulcanismo del que ha estado sujeto su territorio. Las aguas de estos manantiales alcanzan temperaturas que varían entre 32° y casi 100°C, siendo notables los

de Comanjilla (Corredor Silao-León), La Gruta (Corredor Dolores Hidalgo-Atotonilco), La Caldera (Corredor Abasolo-La Piedad), San Bartolomé Agua Caliente (Corredor Apaseo el Alto), situados respectivamente en los municipios de Silao, Dolores Hidalgo, Atotonilco, Abasolo, Apaseo el Alto cuyas aguas tienen una temperatura de 92° a 93°C [3].

Este trabajo de investigación fue aplicado al corredor San Miguel Allende-Atotonilco y tiene como objetivo plantear el llamado rescate de la utilización de las aguas termales, en el uso de estas en el campo de la medicina alternativa y tradicional. Ante la importancia que tiene la utilización de las aguas minerales desde el punto de vista de salud pública y el potencial económico y social a nivel regional como nacional. Por ello es necesario reconocer, identificar, caracterizar y evaluar desde el punto de vista hidrogeoquímico las aguas termales del corredor de balnearios San Miguel Allende-Atotonilco.

Marco Geológico

Con base a la división de Provincias fisiográficas [4] se analiza la evolución geológica del estado de Guanajuato las rocas guanajuatenses se incluyen en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, la Mesa del Centro y Sierra Madre Oriental. La porción sur del estado pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, y está caracterizada por un paisaje volcánico, donde coexisten mesetas formadas por coladas de lava, aparatos volcánicos de forma cónica, con extensos valles inter-montañosos que están ocupados por grandes espesores de sedimentos lacustres depositados en el Terciario Superior-Cuaternario. La Mesa del Centro donde se incluyen las sub-provincias sierras y llanuras del norte de Guanajuato y la Sierra de Guanajuato. Es una zona de gran variedad morfológica ya que existen, tanto extensas llanuras, como importantes sistemas montañosos formados por rocas ígneas, intrusivas, extrusivas y rocas metamórficas del Mesozoico-Cenozoico. En el extremo NW del estado se ubica la Sierra Madre Oriental, ocupa una pequeña área de la sub-provincia denominada Karst Huasteco en donde destaca una morfología de sierras y cañones escarpados, constituidos en su mayoría por rocas sedimentarias (calizas, lutitas y areniscas), que fueron plegadas por procesos endógenos a fines del Cretácico, dando

como resultado estructuras como: anticlinales, sinclinales y cabalgaduras. Hacia el poniente las rocas sedimentarias marinas están cubiertas por grandes espesores de rocas volcánicas de tipo riolítico, aunque la zona es muy abrupta y montañosa, las elevaciones no son muy importantes dado que se localizan en la cuenca del Río Pánuco, el cual desciende rápidamente hacia la costa del Golfo de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Primera etapa: Se realizaron varias salidas de campo como reconocimiento de los balnearios de aguas termales corredor San Miguel Allende-Atotonilco.

Segunda etapa: Se ubicaron los pozos existentes en el balneario La Gruta, se midió el nivel piezométrico, pH, temperatura de las aguas. Se tomaron fotografías de los pozos.

Tercera etapa: Muestreo del agua de los pozos. Para el muestreo, la preservación y manejo de las muestras [5][6] El muestreo se realizó cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se tomó un poco del agua que se va a analizar, se cerró el envase y agitó fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectuó esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a la toma de muestra. Se emplearán recipientes en polietileno de 50 ml para los cationes (Ca^{2+} , Mg^+ , K^+ , Na^+ y Mn^{2+}) y de 2000 ml para los demás parámetros (alcalinidad, durezas, aniones, color, turbiedad). Para el análisis de metales fue necesario contar con envase y tapa de plástico, adicionando 1 mL de ácido nítrico concentrado por cada 100 mL de muestra. Previo al llenado de los recipientes con el agua de muestra, se rotularo indicando el nombre del lugar, código asignado a la captación según el inventario, y la hora de toma de la muestra con la fecha. Las muestras tomadas se colocaron en hieleras con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo cerradas para su transporte al laboratorio, a una temperatura entre 4 y 10°C, cuidando de no congelar las muestras.

Cuarta etapa: Análisis Físico-químico. Para el análisis de metales se utilizó la técnica de Fluorescencia de rayos x y el metodo de ICP-MS. Se determinó las concentraciones de cloruros, sulfitos, calcio, magnesio, sodio, potasio, magnesio, manganeso, hierro, azufre, arsénico,

plomo, dureza total y temporal, alcalinidad, y las propiedades físicas como la temperatura (se medirá in situ con un termómetro de mercurio con precisión de 1°C), pH (se determinará en campo con un potenciómetro Corning modelo 610A), color y turbidez de las muestras de agua seleccionadas.

Quinta etapa: Análisis de las propiedades organolépticas. Se analizó la transparencia, sabor y olor de las aguas termales de cada uno de los pozos estudiados.

Sexta etapa: Clasificación química de las aguas termales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de estas aguas se determina a partir de la clasificación dada por la Sociedad de Hidrología Medica de España la cual la ubica como agua Clorurada con valores anómalos de Arsénico, los datos a tener en cuenta para esta clasificación se encuentran en la Tabla 2 y Tabla 3, presenta un nivel piezómetro somero que se encuentra en un rango de 8.15m a 10.2m y unas temperaturas de 37.8°C a 38.5°C lo cual nos puede indicar una fuente de calor somera, en la Imagen 1, se puede observar el lineamiento que llevan los pozos del balneario La Gruta lo cual nos puede indicar una posiblemente falla local con bajo desplazamiento,

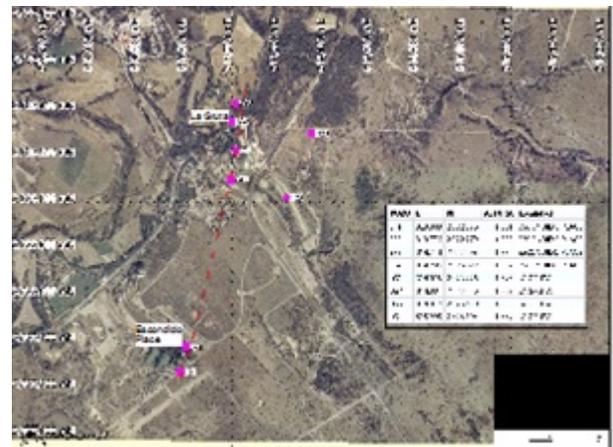


Imagen 1. Ubicación de los pozos LG1, LG2 y LG4 del balneario La Gruta.

Los parámetros físicos se presentan en la Tabla 1 en esta se presenta la dureza del agua la cual

determina el carácter incrustante de un agua. Según la clasificación la Organización Mundial de la Salud esta pertenece a un agua moderadamente dura, indicando un contenido medio de mineralización, pero sin generar mayor problema en la generación de sarro o incrustaciones, estas aguas poseen un pH óptimamente neutro con unos parámetros de color, sabor y olor ausentes, lo cual permite reconocer estas aguas óptimas para su uso bajo los parámetros químicos y físicos estudiados.

Tabla 1. Parámetros físicos. Balneario La Gruta

Parámetro	LG1	LG2	LG4
Nivel Piezométrico (m)	8.15	9.28	10.21
Temperatura (°C)	38.5	38.4	37.8
pH	7	7	7
Turbiedad	0	0	0
Color	incoloro	incoloro	incoloro
Sabor	insípido	insípido	Insípido
Olor	inodoro	inodoro	Inodoro
Alcalinidad con fenolftaleína	0	0	0
Alcalinidad total (mg/L)	325	300	300
Dureza (°f)	10.6°f	9.23°f	11.3°f
Cloruros	20.83	20.83	12.5
Hierro	0	0	0

En la Tabla 2 y Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos por el método de fluorescencia de rayos X y el método de ICP-MS de tres pozos (LG1, LG2 y LG4) del balneario la Gruta y se anexa los límites permisibles para agua potable [7] [8].

Tabla 2. Análisis de agua de los pozos del balneario La Gruta, San Miguel de Allende. Método Fluorescencia de Rayos X. A: NOM-127-SSA1-1994 (mg/L); B: EPA 1996, C: Decreto 106/1997, Chile. ND: No detectado.

Elemento (mg/L)	LG1	LG2	LG4	A	B	C
SO ²⁻ ₃	22.6	26.8	160.0			
Ca ²⁺	34.0	37.1	41.9			

S	9.21	9.9	46.0			
Zr	193	209	193			
SiO ₂	133.0	134.0	199.0			
Te	29.1	39.4	27.5			
CaCO ₃	106	92.3	113			
Ti	ND	ND	ND			
Zn	0.79	1.12	ND	5.00	5.00	5.00
Cl ⁻	7.51	9.93	9.41	250.00		
K ⁺	ND	23.7	14.2			
Sb	ND	ND	ND			
Ag	ND	ND	ND			
Ar	ND	ND	ND			
Sn	ND	ND	ND			
Rh	ND	ND	ND			
In	ND	ND	ND			
Mo	ND	ND	40.8			

Tabla 3. Análisis de agua de los pozos del balneario La Gruta, San Miguel de Allende. Método ICP-MS. A: NOM-127-SSA1-1994 (mg/L); B: EPA 1996, C: Decreto 106/1997, Chile..ND: no detectado.

Elemento	LG1	LG2	LG4	A	B	C
BCo	0.93	0.93	0.93	----- -		
Cr	0.98	0.98	0.98	0.05	0.1	0.05
Ni	0.92±0 .01	0.92±0 .01	0.91±0 .01	----- -	0.63	
Al	1.10	1.11	1.11	0.20		
Mn	0.09	0.09	0.09	0.15		2
Cu	0.01	0.01	0.02	2.00	1.5	1
Na ⁺	59.29± 0.51	97.34± 0.34	82.81± 1.49	200. 00		
As	0.38±0 .33	0.80±0 .90	0.88±1 .05	0.05	0.05	0.05
Pb	0.89±0 .01	0.90±0 .02	0.88±0 .03	0.02 5	0.00 15	0.05

Cd	0.76	0.76	0.76	0.00 5	0.01	0.01
Sr	0.07	0.11	0.11	-----		
Ba	0.00	0.00	0.00	0.70		1
Li ⁺	0.12	0.17	0.16	-----		
Mg ²⁺	0.00	0.15±0 .06	0.06±0 .02	-----		
Zn	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	
Fe	0.00	0.00	0.00	0.30		
K ⁺	0.39±0 .03	0.60±0 .01	0.61±0 .01	-----		
P	1.36±0 .04	1.43±0 .16	1.59±0 .26	-----		

Las unidades usadas son **mg/L** equivalente a **g/m³** y **ppm** (partes por millón); y **µg/L**, es equivalente a **ppb** (partes por billón).

CONCLUSIONES

Se realizó el estudio geoquímico de las aguas termales de tres pozos (LG1, LG", y LG) ubicados en el balneario La Gruta en el corredor San Miguel Allende-Atotonilco, donde los iones metálicos en las muestras de agua fueron analizados por ICP-MS y los aniones fueron determinados por fluorescencia de rayos X.

Las aguas termales de los pozos presentan una temperatura de 37°C a 39°C clasificando a dichas aguas como mesotermales. De acuerdo a su composición mineralógica se clasifican como aguas bicarbonatadas sódica y cálcica.

Las aguas termales del balneario La Gruta pueden clasificarse químicamente como aguas bicarbonatadas sódicas, teniendo en cuenta los iones dominantes de estas.

El nivel piezométrico de los pozos varía de 8 a 9 m.

Los resultados preliminares permitieron concluir que en el estado de Guanajuato se tienen fuentes termales mineralizadas que tienen la posibilidad de ser explotadas para consumo humano (envasado) y doméstico además de fines recreativos y de esparcimiento que promuevan el desarrollo

económico y social de los sectores donde emergen estas fuentes

AGRADECIMIENTOS

A la doctora Maria Jesus Puy y Alquiza por acompañarme en este camino y a la Universidad de Guanajuato por darme la oportunidad de realizar esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Armijo-Valenzuela, M., 1994a. Evolución histórica del termalismo. En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Competense, Madrid 227.240, 1994a
- [2] San Martín J., 1994. Aguas oligominerales o de débil mineralización. En: Curas Balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapie, Ed. Computense, Madrid, 305-312.
- [3] Orozco, R., 1921. La industria minera de México. Distrito de Guanajuato, Secretaría de Educación Pública / Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, México.
- [4] Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), 1991. Datos básicos de la geografía de México, México, 142pp.
- [5] NORMA MEXICANA NMX-AA-42-1987. calidad del agua determinación del número más probable (nmp) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y Escherichia coli presuntiva.
- [6] NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.
- [7] NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".
- [8] EPA (1986). Gold Book of Quality Criteria for Water. (Environmental Protection Agency) EPA 440/5-86- 001. EUA. 477 p
- [9] Decreto 106 del 22 de enero de 1997, APRUEBA REGLAMENTO DE AGUAS MINERALES