

“CARACTERIZACIÓN DE ACIDEZ Y PERFIL DE SÓLIDOS EN AGUAS NATURALES DE LA REGIÓN GEOTÉRMICA DE LOS AZUFRES”

María Guadalupe Vázquez Zárate (1), Alberto Ayala Islas (2)

1 [Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [mar_lupix_92@hotmail.com]

2 [Ingeniería Bioquímica, División, Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [alayala@tesi.edu.mx]

Resumen

Todos los procesos geodinámicos que suceden en la Tierra tales como los volcanes, géiseres, fumarolas, aguas termales, son controlados por la transferencia y generación de calor en su interior [2]. Estos fluidos geotermales pueden ser aprovechados en plantas de producción de energía eléctrica y atractivos turísticos.

Debido a la posición geográfica y características geológicas de Los Azufres Michoacán, se analizaron parámetros fisicoquímicos de importancia para la calidad del agua geotérmica mediante tres periodos de muestreo (febrero-julio 2015). Se caracterizó la acidez, pH, alcalinidad, ion sulfato, sólidos totales, sedimentables, totales volátiles, suspendidos totales, suspendidos volátiles y disueltos totales, con base en los métodos de prueba que establece la normatividad.

Comparando los resultados obtenidos, se presentó una significativa variabilidad respecto al clima. Durante el periodo de febrero, incrementó la acidez debido al aumento de la humedad relativa y precipitaciones, aunque los volcanes y la vegetación en descomposición también pueden causarlo. En junio se presentaron las mayores concentraciones de sulfatos, sólidos y sales disueltas; cuando las condiciones climáticas presentaron alta precipitación, aumentó su concentración.

La calidad del agua conforme criterios ambientales, no es un riesgo como atractivo turístico, pero provocaría corrosión e incrustaciones en instalaciones.

Abstract

The heat generation and its transfer inside the earth controls all the geodynamic processes such as volcanoes, geysers, fumaroles, hot springs. Production plants of electric power and tourist attractions can exploit these geothermal fluids.

Because of the geographical position and the geological characteristics of the Azufres Michoacán, we analyzed some physicochemical parameters of importance to know the geothermal water quality, through three sampling period (February-July 2015). The acidity, pH, alkalinity, ion sulphate, sediment solids, totals, total volatiles, total suspended, volatile suspended and total dissolved were characterized by the test methods that established the Mexican standards.

The results obtained presented a significant variability with respect to climate when we compared the results obtained. During the period from February, the increasing in the relative humidity and in the precipitation increased the acidity, also the volcanoes and the decaying vegetation could have caused that. In June, the results presented the higher concentrations of sulphates, solids and dissolved salts; when weather conditions had high rainfall, increased the concentration.

According to environmental criteria, the water quality is not a risk as a tourist attraction, but it could causes corrosion and incrustation in installations.

Palabras Clave

Agua geotérmica; Acidez; Sólidos; Sulfatos; Clima.

INTRODUCCIÓN

El hombre ha conocido y utilizado desde antigüedad la energía térmica de la tierra que se manifiesta en forma de manantiales y fumarolas, sin embargo, no fue sino hasta el siglo XVIII, cuando empezó a interesarse en ella desde una perspectiva científica y con miras a un uso más industrializado [1].

Gracias a la teoría de la Tectónica de Placas formulada en los años sesenta del siglo pasado, se tiene un mejor conocimiento del planeta y de sus procesos [1].

Como consecuencia de todo esto, la corteza terrestre se renueva periódicamente y suceden procesos geodinámicos en la Tierra tales como los volcanes, géiseres, fumarolas, aguas termales y anomalías geotérmicas controladas por la transferencia y generación de calor en su interior y que pueden ser aprovechadas en la industrial para la obtención de energía y como atractivo turístico [2].

México es uno de los países que contienen enorme capacidad de recursos geotérmicos debido a sus marcos tectónicos. El campo geotérmico de Los Azufres actualmente es un campo geotérmico productivo. Este campo está localizado a 200 Km Noroeste de la ciudad de México a 2800 m sobre el nivel del mar a 19.47° latitud Norte y 100.39° longitud Oeste y produce 98 MWh [3].

La calidad del agua es otro asunto importante y algunos de los parámetros fisicoquímicos de importancia se definen a continuación:

pH.- Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución dependiendo de su capacidad de disociación, así como de su concentración, indica la concentración del ión hidronio [4].

Acidez total.- Capacidad cuantitativa de una muestra de agua para reaccionar con una base fuerte (iones OH-) hasta un pH de 8.3 [4].

Alcalinidad total.- Capacidad cuantitativa de una muestra de agua para reaccionar con los iones

hidronio hasta un pH de 4.5 y es la suma de todas las bases titulables [4].

Sólidos sedimentales.- Materiales que se depositan en el fondo de un recipiente debido a la operación de sedimentación [5].

Sólidos totales.- Suma de los sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos [5].

Sólidos totales volátiles.- Cantidad de materia, capaz de volatizarse por el efecto de la calcinación a 823 K (550°C) en un tiempo de 15 a 20 minutos [5].

Sólidos suspendidos totales.- Sólidos constituidos por sólidos sedimentales, sólidos en suspensión y sólidos coloidales, cuyo tamaño de partícula no pase del filtro estandar de fibra de vidrio [5].

Sólidos suspendidos volátiles.- Sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos coloidales, capaces de volatizarse por el efecto de la calcinación a 823 K (550°C) en un tiempo de 15 a 20 minutos [5].

Sólidos disueltos.- Substancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua [5].

Sulfatos.- Sales solubles en agua y pueden presentarse en las aguas naturales en numerosos minerales en un amplio intervalo de concentraciones [6].

Es necesario realizar estudios fisicoquímicos que caractericen el agua geotérmica de Los Azufres, que contribuyan en determinar su calidad, y comprobar si es conveniente para ser utilizada en uso industrial o recreativo, o comparar resultados respecto a estaciones anuales. Cabe considerar la posibilidad de que con base en los resultados de este estudio se pueda contribuir en investigaciones posteriores para la creación de medios de cultivo que favorezca el aislamiento o el crecimiento de algún microorganismo.

La caracterización fisicoquímica involucró la medición de: acidez, pH, alcalinidad, sólidos sedimentables, sólidos totales, sólidos totales volátiles, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles, sólidos disueltos totales y ion sulfato al agua de la región geotérmica de Los Azufres Michoacán, México durante el periodo febrero-julio del 2015.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los programas de muestreo de agua se efectuaron en diferentes zonas de Los Azufres, abarcando tres etapas de muestreo: La fecha de iniciación fue el 12 de febrero; como segunda fecha el 2 de junio y la tercera fecha el 12 de julio del año 2015.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron por duplicado para todas las muestras en las determinaciones llevadas a cabo; pH, acidez y alcalinidad, perfil de sólidos y sulfatos. Siguiendo las especificaciones y métodos de prueba acorde a lo señalado para agua natural por las normas mexicanas; NMX-AA-008-SCFI11, NMX-AA-036-SCFI-2001, NOM-AA-34-1976 y NMX-AA-074-198, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados alcanzados a partir de la aplicación de los métodos de prueba que establece la normatividad.

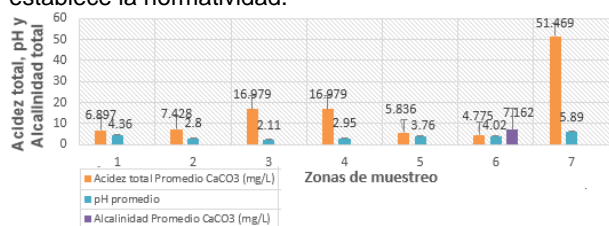


IMAGEN 1: Muestreo del 12 de febrero del 2015.

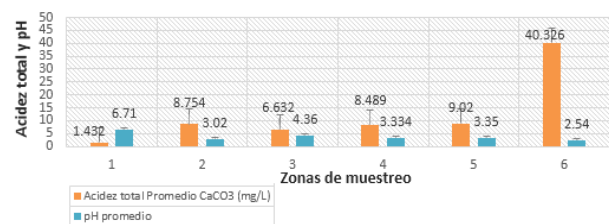


IMAGEN 2: Muestreo del 2 de junio del 2015.

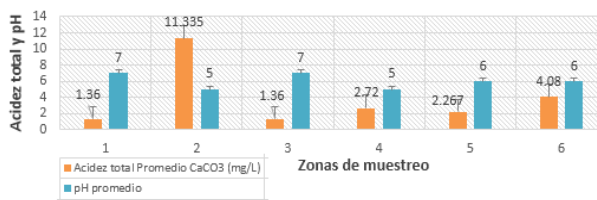


IMAGEN 3: Muestreo del 12 de julio del 2015.

Respecto a los valores guía de pH 6.5-8.5 basados en criterios ambientales, el muestreo de julio (Imagen 3) estuvo dentro del rango de calidad, solo excepto para la zona 2 con pH 5, aunque un valor de pH levemente fuera del rango ideal, no es un riesgo directo a la salud, pero pueden dar lugar a la corrosión en tuberías. En cuanto al muestreo de febrero (Imagen 1) y la mayoría de junio (Imagen 2) pH fue menor al rango establecido, por tanto estas aguas son corrosivas debido al anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución [7].

El pH puede disminuir cuando el dióxido de carbono atmosférico se disuelve en el agua formando ácido carbónico, así como a medida que la temperatura del agua sube, entre otras causas. Si el pH disminuye, aumenta la acidez [7].

Conociendo que el valor promedio para la acidez total en agua naturales el criterio de calidad recomendado es de 50 mg/L CaCO₃, casi todas las zonas cumplen a excepción de la zona 7 del muestreo de febrero (Imagen 1), donde se presentó una acidez de 51.469 mg/L CaCO₃, esto atribuido a la estación de invierno correspondiente al paso del fuerte frío, que reportó lluvias. La presencia de ácidos fuertes como la oxidación del H₂S en H₂SO₄, ácidos débiles y de fuerza media, que por evaporación se disuelven en las gotas de agua que forman las nubes y en las gotas de lluvia, retornando al suelo con las precipitaciones, lo que da lugar a la acidificación de la misma. También al CO₂ como la causa más común de acidez del medio, o bien a las sales de ácidos fuertes y bases débiles, y ciertos cationes metálicos como el Fe (III) y el Al (III) [8].

La zona 6 en el mes de febrero (Imagen 1) presentó alcalinidad de 7.162 mg/L CaCO₃, lo que pudo aumentar un poco el pH que indica una disminución en el contenido ácido, y pudo ser

debido a los iones provenientes de la alteración química de las rocas minerales e hidróxidos que se encuentran en forma de carbonatos y bicarbonatos de calcio, potasio, sodio y magnesio que corresponden con la geología ya que en estas zona hay muchas rocas calcarias las cuales son muy solubles al agua.

Tabla 1: Sólidos sedimentables (mL/L), sólidos totales (mg/L), sólidos totales volátiles(mg/L), sólidos suspendidos totales(mg/L), suspendidos volátiles (mg/L) y sólidos disueltos totales (mg/L) para el primer muestreo.

| Zona | Muestreo del 12 de febrero del 2015 | | | | | |
|------|-------------------------------------|----------|---------|------|-----|---------|
| | SS | ST | SVT | SST | SSV | SDT |
| 1 | 0.4 | 1041.379 | 212.068 | 42.5 | 25 | 998.879 |
| 2 | 0.5 | 907.829 | 183.928 | 68.5 | 27 | 839.329 |
| 3 | 0.3 | 551.785 | 130.654 | 18 | 13 | 533.785 |

Tabla 2: Sólidos sedimentables (mL/L), sólidos totales (mg/L), sólidos totales volátiles(mg/L), sólidos suspendidos totales(mg/L), suspendidos volátiles (mg/L) y sólidos disueltos totales (mg/L) para el segundo muestreo.

| Zona | Muestreo del 2 de junio del 2015 | | | | | |
|------|----------------------------------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | SS | ST | SVT | SST | SSV | SDT |
| 1 | 0.1 | 1408.333 | 80 | 41.666 | 240 | 1366.666 |
| 2 | 0.8 | 2123.333 | 151.666 | 181.666 | 105 | 1941.666 |
| 3 | 0.2 | 3183.333 | 280 | 91.666 | 375 | 3091.666 |
| 4 | 0.8 | 3376.666 | 276.666 | 635 | 671.666 | 2741.666 |
| 5 | 0.7 | 3026.666 | 260 | 186.666 | 261.666 | 2840 |
| 6 | 19 | 3895 | 526.666 | 1221.666 | 470 | 2673.333 |

Tabla 3: Sólidos sedimentables (mL/L), sólidos totales (mg/L), sólidos totales volátiles(mg/L), sólidos suspendidos totales(mg/L), suspendidos volátiles (mg/L) y sólidos disueltos totales (mg/L) para el tercer muestreo.

| Zona | Muestreo del 12 de julio del 2015 | | | | | |
|------|-----------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | SS | ST | SVT | SST | SSV | SDT |
| 1 | 0.05 | 288.333 | 211.666 | 88.333 | 80 | 200 |
| 2 | 1.2 | 1391.666 | 240 | 596.666 | 106.666 | 795 |
| 3 | 0.2 | 250 | 56.666 | 81.666 | 76.666 | 168.333 |
| 4 | 1.15 | 688.333 | 105 | 510 | 190 | 178.333 |
| 5 | 0.6 | 280 | 45 | 101.666 | 33.333 | 178.333 |
| 6 | 1 | 520 | 81.666 | 58.333 | 40 | 461.666 |

Como se puede apreciar los resultados, las mayores concentraciones de sólidos y sales disueltas, incluyendo sulfatos, fue en el mes de junio (Tabla 2), y aunque este evento pertenece

aún a primavera, las condiciones climáticas ya empiezan a presentar condiciones de alta precipitación, y que a través de la escorrentía aumenta la concentración de sólidos que se transportan depositándose en el agua, donde se pueden encontrar ya sea materia orgánica e inorgánica, mineral de sólidos, partículas coloidales o partículas disueltas presentes.

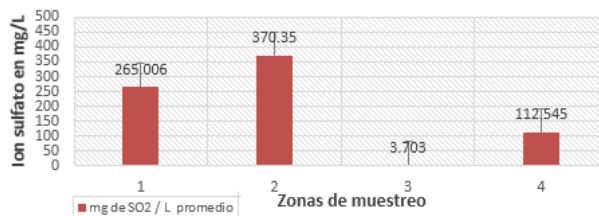


IMAGEN 4: Muestreo del 12 de febrero del 2015.

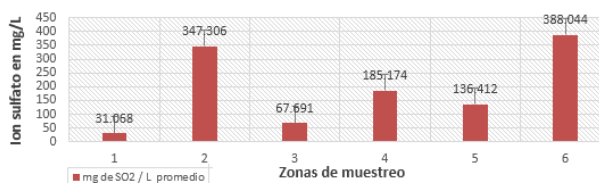


IMAGEN 5: Muestreo del 2 de junio del 2015.

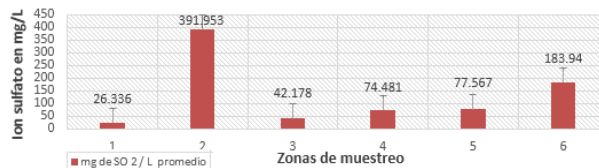


IMAGEN 6: Muestreo del 12 de julio del 2015.

De acuerdo al límite máximo de sulfatos para uso recreativo como nivel de tolerancia es de 400 mg SO₄²⁻ mg/L [9], y todas las zonas están por debajo del rango fuerte, por lo que si cumplen con éste parámetro de calidad.

Sin embargo, en la mayoría de los resultados de sólidos sedimentables, no fueron altos comparado con la característica típica de 20 mg/L considerada como fuerte en aguas residuales [9], esto debido probablemente a que menor fue la cantidad de sólidos que cuentan con una densidad mayor a la del agua, tal como sucedió en el muestreo de la zona 6 del mes de junio (Tabla 2).

CONCLUSIONES

Se analizaron variables fisicoquímicas como pH, acidez, sulfatos y perfil de sólidos del agua geotérmica de Los Azufres Michoacán, México mediante tres programas calendarizados de muestreo durante el periodo de febrero-julio del 2015.

Al comparar los resultados obtenidos se observó que las muestras presentaron cierta variabilidad respecto al clima, ya que la acidez se vio más incrementada durante el período de febrero, mes correspondiente al paso del fuerte frío, causando el aumento de la humedad relativa, donde el agua superficial se torna ácida al absorber el dióxido de carbono de la atmósfera, reaccionando inmediatamente el anhídrido carbónico y el agua donde finalmente se generan carbonatos y mayor acidez. En este mes también se reportaron lluvias, y también contribuyeron generando mayor acidez, ya que en las gotas de agua que forman las nubes y lluvia, es en donde se disuelven ácidos fuertes que han pasado por la oxidación tal como el H₂S que pasa a H₂SO₄, así como entre otros ácidos débiles y de fuerza media, que retornan al agua del campo geotérmico por precipitación, lo que da lugar a la acidificación y el pH disminuye, aunque ciertos elementos naturales como los volcanes y la vegetación en descomposición también pudieron causarlo.

Las mayores concentraciones de sulfatos, sólidos y sales disueltas fueron en el mes de junio cuando las condiciones climáticas presentaron alta precipitación, a través del agua de escorrentía sobre el medio aumenta la concentración de sólidos y sales que se transportan depositándose en el agua

Comparando los resultados respecto a valores guía basado en criterios ambientales para aguas naturales, en general, se mostró que la mayoría de las zonas de febrero y junio, presentaron un pH menor al rango sugerido, y aunque no sea un riesgo directo a la salud, es necesario que la industria tome medidas preventivas para evitar la corrosión. Ninguna zona presentó alta alcalinidad que dañe con incrustación y pérdida de eficiencia

en tuberías. Los bajos contenidos de sólidos sedimentables sugerirían un menor mantenimiento por obstrucción de tuberías en operaciones de trabajo para la industria geotérmica, pero son las elevadas concentraciones de sólidos en suspensión lo que provocarían incrustaciones sobre los tubos donde se depositan, en los sólidos también se puede encontrar alta carga de microorganismos, sales disueltas o ciertos cationes metálicos y minerales que inducen la corrosión, por lo que se deberá tomar un conjunto de medidas preventivas.

REFERENCIAS

- [1] León, J. L. (2011). Ciencias de la Tierra e Ingeniería de Reservorios.
- [2] Naranjo, A. P. (2012). Aprovechamiento del recurso geotérmico a través de las cimentaciones y otras estructuras. Universidad Politécnica de Catalunya, 1.
- [3] Salas, B. V. (2004). Corrosión en la Industria Geotermoeléctrica. *Omnia Science*, 2 Tolson, G. (2003). La Teoría de la Tectónica de Placas y la Deriva Continental. UNAM, 2.
- [4] Castro., R. M. (1998). Constituyentes mayoritarios. En R. M. C., *Composición química de las aguas subterráneas naturales* (pág. 18). México: Revistas científicas de América Latina.
- [5] Ocampo, A. M. (2003). Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEA Jalisco, 9-10.
- [6] Anaya, R. (2004). Parámetros y características de las aguas naturales. *Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas*, 7,22.
- [7] Echarri, L. (2007). Causas de la deposición ácida. En L. Echarri, *Procedencia de contaminación* (págs. 13-15). España: Universidad de Navarra.
- [8] NMX-AA-0361980. (s.f.). Determinación de acidez y alcalinidad en agua naturales. México D.F.
- [9] NADF-003-AGUA-2002. (s.f.). Gaceta oficial del D.F Secretaría del medio ambiente. México D.F.