

## “CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS Y DEMANDA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES DE LA REGIÓN GEOTÉRMICA DE LOS AZUFRES”

Adrián Ulises Rangel López (1), Alberto Ayala Islas (2)

1 [Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | Dirección de correo electrónico:  
[adrian\_14\_rojo@hotmail.com]

2 [Ingeniería Bioquímica, ITESI Irapuato, Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | Dirección de correo electrónico:  
[ayala@itesi.edu.mx]

### Resumen

A las aguas naturales de Los Azufres, Michoacán se les caracterizaron algunos elementos de interés para saber cómo son los cambios que se presentan durante algunas estaciones del año y, de acuerdo a esto, probablemente utilizar esta agua para alguna finalidad en investigaciones futuras en otra área o para el desarrollo de algún tipo de producto o medio que fuese de importancia para algún microorganismo en específico. Se caracterizaron 6 zonas diferentes de Los Azufres Michoacán. Los elementos de importancia para la caracterización fisicoquímica fueron nitrógeno (N) y fósforo (P); para la demanda de oxígeno se realizó: Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Así como también la determinación de dureza en el agua y el metal aluminio presentes en estas aguas.

Hasta el momento, como conclusiones parciales tenemos que: conforme ha pasado el tiempo desde los meses febrero-julio, que fue el tiempo en que se muestreó, se han tenido variaciones en los resultados de estos parámetros, posiblemente debido a factores como las precipitaciones y las emanaciones que están presentes en estas zonas.

### Abstract

A natural waters of Los Azufres, Michoacan were characterized some elements of interest to know how are the changes that occur during certain seasons and according to this, probably use this water for any purpose in future research in another area or development of any type of product or part that was of importance to any specific microorganism. Characterized six different areas of Michoacan sulfur. The elements of importance for the physicochemical characterization were nitrogen (N) and phosphorus (P); for oxygen demand was made: Chemical oxygen demand (COD) and Biochemical Oxygen Demand (BOD). As well as the determination of water hardness and aluminum metal present in these waters.

Until now, as partial conclusions we have: as time has passed from the months February to July, which was the time it was sampled, have been variations in the results of these parameters, possibly due to factors such as rainfall and fumes that are present in these areas.

### Palabras Clave

Demanda Bioquímica de Oxígeno; Demanda Química de Oxígeno; Nitrógeno; Fósforo; Dureza.

## INTRODUCCIÓN

El 70% el planeta está cubierto por agua, pero el 97% de esta agua es salada, el 2% está congelada y el 1% es agua dulce adecuada al uso humano. El agua está dividida en: marinas y continentales (subterráneas, congeladas y superficiales). Dadas las propiedades fisicoquímicas del agua, esta se comporta como un buen disolvente tanto de compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que se pueden encontrar en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que modifican sus propiedades. [1]

Los Azufres, Michoacán está localizado a 200 Km Noroeste de la ciudad de México con 2800 m sobre el nivel del mar a 19.47° latitud Norte y 100.39° longitud Oeste. El campo geotérmico Los Azufres, tiene una extensión de 81 Km<sup>2</sup>, se localiza en la sierra de San Andrés, dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico mexicano a 80 Km al oriente de la ciudad de Morelia, compuesta por un bosque de coníferas, manantiales termales y pequeñas lagunas. Tiene un clima templado subhúmedo con temperaturas promedio anual mínima y máxima de 12 y 18 °C. La caracterización del agua puede ser por ejemplo: bacteriológica, fisicoquímica, y a la que se enfoca este trabajo es al estudio fisicoquímico, como es la realización de: Dureza total, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno, determinación de nitrógeno, fósforo y metales como aluminio, calcio y magnesio. [2]

### Dureza.

Originalmente, la dureza del agua se entendió como una medida de su capacidad para precipitar el jabón. El jabón es precipitado preferentemente por los iones calcio y magnesio. La dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato cálcico, en miligramos por litro. [3]. Una consecuencia de la dureza del agua se refleja de manera crítica en la industria en la formación de incrustaciones y sedimentos en unidades tales como calentadores y calderas, los cuales se ven

sometidos a aumentos variables de temperatura. [4].

Los principales cationes que causan dureza en el agua son: Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Sr<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Mn<sup>+2</sup>, Al<sup>+2</sup> y Fe<sup>+3</sup> (en menor grado); los principales aniones asociados son: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. [5]. De acuerdo a la dureza del agua puede clasificarse como:

Muy suaves 0 – 15 (mg/L)

Suaves 16 – 75 (mg/L)

Medias 76 – 150 (mg/L)

Duras 151 – 300 (mg/L)

Muy duras > 300 (mg/L)

[4]

### Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La demanda química de oxígeno expresa la cantidad de oxígeno necesario por parte de material orgánico e inorgánico presentes en un agua, para poder ser oxidados mediante un agente químico fuerte oxidante llamado dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Por lo tanto, la DQO medirá la materia orgánica e inorgánica presente en la muestra de agua. La DQO se lleva a cabo en medio ácido a una temperatura alta (150 °C). La DQO dará un resultado más alto a comparación de la DBO, debido a que la DQO oxida todo lo orgánico e inorgánico.

### Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar los compuestos orgánicos degradables en agua por microorganismos. El proceso de degradación se lleva a cabo por un periodo de 5 días a una temperatura de 20 °C. La demanda bioquímica de oxígeno es una característica cuantificable de la contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables. Una mayor DBO presente en un agua, quiere decir que tiene un alto grado de contaminación. Por lo contrario, si el DBO es menor, dicta que el grado de contaminación es bajo. Generalmente el valor de DBO es menor al valor de DQO. [4]

### Fósforo.

El fósforo se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, clasificados en ortofosfatos, fosfatos

condensados piro, meta y otros polifosfatos, y los ligados orgánicamente. Se presentan en solución, partículas o detritus, o en los cuerpos de organismos acuáticos. Los fosfatos se utilizan ampliamente en el tratamiento de aguas de calderas. Los ortofosfatos aplicados como fertilizantes a la tierra cultivada agrícola o residencial son arrastrados a las aguas superficiales con las lluvias y, en menor proporción, con la nieve derretida. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en procesos biológicos. El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser el nutriente limitador de la productividad primaria de un cuerpo en el agua. [3]

### Aluminio.

El aluminio ocupa el tercer lugar en orden de abundancia entre los elementos de la corteza terrestre, formando parte de minerales, rocas y arcillas. Esta amplia distribución es la causa de la presencia del aluminio en casi todas las aguas naturales como sal soluble, coloide o compuesto insoluble. El aluminio soluble, coloidal e insoluble puede encontrarse también en aguas tratadas o en aguas residuales como residuo de la coagulación con material que contiene aluminio. [3]

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos para la presente investigación se realizaron con las normas mexicanas para la determinación de los parámetros fisicoquímicos que se realizaron a las diferentes zonas muestreadas. Las normas utilizadas fueron las siguientes:

Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas: NMX-AA-072-SCFI-2001.

Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas: NMX-AA-036-SCFI-2001.

Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO<sub>5</sub>) y residuales tratadas: NMX-AA-028-SCFI-2001.

Fosforo total: Método del ácido vanadomolibdofosfórico (manual HI 83221:“fotómetro multiparamétrico de sobremesa, HANNA, instruments).

Nitrógeno total: Método del ácido cromotrópico (manual HI 83221:“fotómetro multiparamétrico de sobremesa, HANNA, instruments).

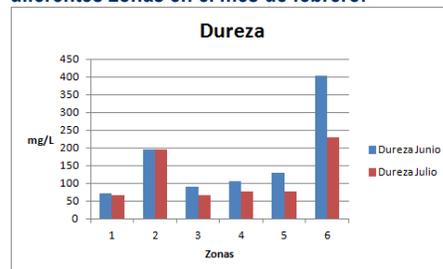
Demanda Química de Oxígeno (DQO): Método del dicromato de potasio (manual HI 83221:“fotómetro multiparamétrico de sobremesa, HANNA, instruments).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

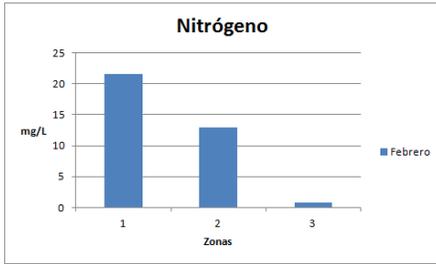
Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos realizados a las diferentes zonas de los azufres en los meses febrero, junio y julio se muestran a continuación:



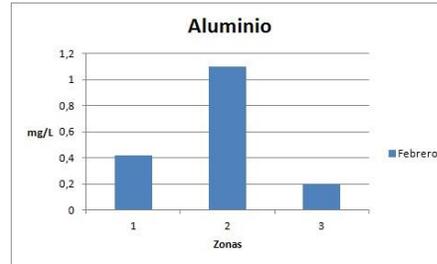
**IMAGEN 1:** Variación de las concentraciones de dureza en diferentes zonas en el mes de febrero.



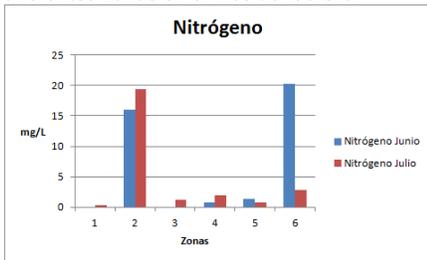
**IMAGEN 2:** Variación de las concentraciones de dureza en diferentes zonas en los meses de junio y julio.



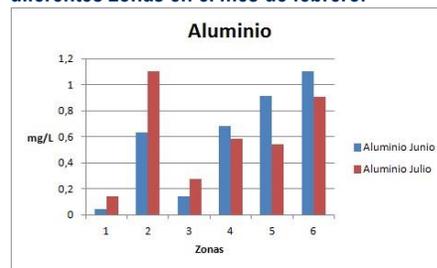
**IMAGEN 3:** Variación de las concentraciones de nitrógeno en diferentes zonas en el mes de febrero.



**IMAGEN 7:** Variación de las concentraciones de Aluminio en diferentes zonas en el mes de febrero.



**IMAGEN 4:** Variación de las concentraciones de nitrógeno en diferentes zonas en los meses de junio y julio.



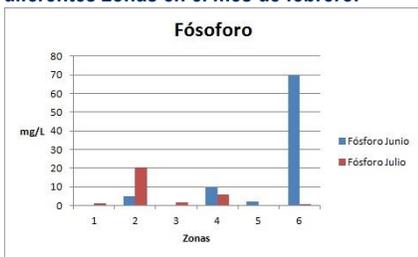
**IMAGEN 8:** Variación de las concentraciones de Aluminio en diferentes zonas en los meses junio y julio.



**IMAGEN 5:** Variación de las concentraciones de fósforo en diferentes zonas en el mes de febrero.



**IMAGEN 9:** Variación de las concentraciones de la DQO en diferentes zonas en el mes de febrero.



**IMAGEN 6:** Variación de las concentraciones de fósforo en diferentes zonas en los meses junio y julio.



**IMAGEN 10:** Variación de las concentraciones de la DQO en diferentes zonas en los meses junio y julio.

La dureza que se presentó en los meses que se muestreó, los resultados presentados (imagen 1 y 2), existe una clara variación en la concentración de los iones  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ , debido a las precipitaciones existentes, en los meses de junio-

julio. Los resultados obtenidos para el nitrógeno (imagen 3 y 4), fósforo (imagen 5 y 6) y aluminio (imagen 7 y 8), muestran que hay una variación clara en las concentraciones de fósforo, nitrógeno y aluminio, como se mencionó antes, una de las principales causas fue la lluvia, ya que estuvieron presentes en el tiempo en que se muestreó, pero también al llover, las escorrentías que se estuvieron presentando en Los Azufres pudo favorecer a las altas y bajas concentraciones, debido a que pudieron haber pasado por ciertas rocas, suelos, materia orgánica, seres en descomposición y zonas ricas en concentraciones de sales de nitrógeno, fósforo y aluminio, que al combinarse con el agua llegaron las zonas donde se muestrearon haciendo subir las concentraciones de nitrógeno, fosforo y aluminio; las zonas que tenían poca concentración, disminuyeron aún mas debido a la lluvia, como se muestra en la concentración de nitrógeno, zona 5, imagen 4. Los resultados arrojados de la DQO en el mes de febrero (imagen 9) y en los meses de junio-julio (imagen 10), como en los parámetros anteriores, también existe una variabilidad en las concentraciones de la DQO, en las zonas donde las concentraciones son altas, puede ser debido principalmente al aumento en las concentraciones de materia orgánica e inorgánica que emana estas zonas, en el tiempo de lluvia (junio-julio) fueron arrastradas hasta estas zonas. Las zonas que disminuyeron (zona 3, 5 y 6) son arroyos con aguas muy claras, por lo que la DQO es pequeña y con la lluvia presentada, disminuyó más la concentración de la DQO.

En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), se realizó en febrero, junio y julio, desafortunadamente no se reportó, debido a que no se tiene una confiabilidad en los resultados que se obtuvieron, debido a factores como los instrumentos utilizados en su determinación: medidor de oxígeno, así como también la incubadora, que variaba la temperatura, es por ellos que no se reportan, sin embargo ya están en proceso de análisis nuevamente.

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron variaciones en las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos realizados: DQO,

nitrógeno, fósforo, aluminio y dureza en los meses que se muestreó.

Las variaciones en las concentraciones probablemente son debidas a las precipitaciones que se suscitaron en los meses junio-julio y a las emanaciones de la zona en que se muestreo, por las escorrentías de la lluvia.

## AGRADECIMIENTOS

Al presente trabajo, agradezco la colaboración de mi compañera Alejandra Elizabeth Gutiérrez Alfaro, por el apoyo brindado para hacer posible este trabajo realizado.

Agradezco a mi profesor investigador, el maestro Alberto Ayala Islas, por apoyarme y guiarme para hacer posible este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Jiménez, A. A. (09 de Diciembre de 2008). *ocw.uc3m*. Obtenido de ocw.uc3m: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- [2] Ernesto Mendoza Rangel, C. H. (Julio-Diciembre de 2004). La protección ambiental en el campo geotérmico del los azufres, Mich. 2-9.
- [3] APHA-AWWA-WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Diaz de Santos, S.A.
- [4] Suárez, J. t. (2007). *Manual de análisis de aguas*.
- [5] Minerva Juárez Juárez, M. O. (2009). *Manual de prácticas de laboratorio de química ambiental I*.