

Análisis fisicoquímico de agua potable de ENMS Silao para su uso en laboratorios

Barroso-Ledesma, A. B.¹; García-Díaz, J. G.¹; Guevara-López, M.F.¹; Miranda-Palafox, L.G.¹; Ramírez-Vázquez M. F.¹; Romero-Montelongo, F.¹; Rubio-Cortés, J. E.¹

¹Escuela de Nivel Medio Superior de Silao | ab.barrosoledesma@ugto.mx; jg.garciadiaz@ugto.mx; mf.guevaralopez@ugto.mx; lg.mirandapalafox@ugto.mx; f.romero@ugto.mx; je.rubiocortes@ugto.mx

Resumen

El agua es indispensable para que se lleven a cabo las reacciones en los seres vivos y las actividades antropogénicas que realizan, como lo es su uso en los laboratorios de investigación y docencia al ser considerado el disolvente universal. El presente trabajo tiene como objetivo determinar la calidad fisicoquímica del agua proveniente de la tarja del laboratorio de Biología de la Escuela de Nivel Medio Superior de Silao (ENMS Silao) con base en la Norma Oficial Mexicana aplicable, es decir, la NOM-127-SSA1-2021. Concluyendo que (al menos para los parámetros evaluados por titulación), el agua se encontraba dentro de los límites permisibles.

Abstract

Water is essential for reactions to be carried out in living beings and for the anthropogenic activities they carry out, as is its use in research and teaching laboratories by being considered the universal solvent. The objective of this work is to determine the physicochemical quality of tap water in the Biology laboratory in the Escuela de Nivel Medio Superior de Silao (ENMS Silao) based on the applicable Norma Oficial Mexicana (NOM), that is, NOM-127-SSA1-2021 and it was concluded that (at least for the parameters evaluated by titration), the water was within the permissible limits.

Palabras clave: Análisis fisicoquímico; agua; Norma Oficial Mexicana (NOM); Escuela de Nivel Medio Superior de Silao (ENMS Silao)

Introducción

El uso de agua en los laboratorios de investigación y docencia resulta indispensable al ser considerado el disolvente universal. Los análisis fisicoquímicos del agua empleada en investigación juegan un papel muy importante al detectar la pureza o calidad de ésta. Lo anterior es de suma importancia, ya que el trabajar con agua de buena calidad minimiza o incluso anula por completo las interferencias o errores en los resultados experimentales causados por contaminantes de distinto origen, favoreciendo así, la veracidad de los resultados obtenidos.

En la Escuela de Nivel Medio Superior de Silao, de ahora en adelante ENMS Silao, se llevaron a cabo diversas valoraciones para determinar la calidad del agua de red del laboratorio.

La importancia del agua para la vida y el agua potable

El agua no es una sustancia que se encuentre fácilmente en el cosmos. La vida está ligada con el agua porque el ADN que constituye la base de todos los organismos requiere estar en contacto con agua para llevar a cabo las reacciones del metabolismo y la reproducción¹.

Los seres vivos son completamente dependientes del agua, la necesitan para su propio funcionamiento en la realización de actividades metabólicas, reproducción celular, ingestión, digestión, absorción de alimentos, circulación del oxígeno, respiración y evacuación de residuos.

La NOM-127-SSA1-2021, considera el agua potable o agua apta para consumo humano, toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud, es decir, cuando se encuentra libre de microorganismos patógenos y de sustancias tóxicas². Asimismo, existen Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP), cuya principal función es la remoción de sustancias tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc y otros tipos de contaminantes como las algas, las arenas o las bacterias y virus que pueden estar presentes en la misma. El tratamiento consiste en un proceso de seis etapas las cuales son: pretratamiento, coagulación-floculación, decantación, filtración, desinfección y finalmente un análisis de calidad. Posterior a comprobación y aprobación de calidad de agua potable, ésta es almacenada en grandes depósitos urbanos para ser transportada mediante tuberías a los hogares³.

Principales riesgos para la salud y contaminantes del agua

El agua contaminada crea un profundo daño ambiental que afecta a poblaciones, causando enfermedades de diferentes etiologías al incrementar la incidencia y prevalencia de diversos agentes nocivos para la salud⁴. Es por tal motivo, que el principal objetivo del análisis de agua radica en la determinación de la calidad de la misma previo a su uso y consumo humano.

Algunos de los escenarios que se pueden presentar son:

- Irritación al contacto con la piel o estómago (si es consumida), al poseer altas concentraciones de cloro o prevalencia de bacterias, protozoarios y virus patógenos al poseer bajas concentraciones⁵;
- Incremento en la dureza, al poseer altas concentraciones de calcio lo cual generaría una capa de sarro en las tuberías⁶;
- Acumulación de carbonato de calcio y magnesio (que incrementará la dureza), debido a niveles bajos de pH, es decir, medios ácido⁷

Por otro lado, los contaminantes se pueden clasificar con base en su origen en:

- Biológicos, aquellos que suceden sin ser provocados por el ser humano, por ejemplo, bacterias, virus, caspa de animales, saliva o desechos de animales, polvo, insectos y polen⁸;
- Químicos: son aquellos que suceden por causa del humano, por ejemplo, fertilizantes, pesticidas, fármacos, nitratos, fosfatos, plásticos e incluso sustancias radiactivas⁹.

Materiales y Métodos

La calidad del agua del Laboratorio de Biología de la ENMS de Silao se comprobó al comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles en la NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

La determinación de la dureza por medio de reacciones complejométricas (Figura 1), así como los cálculos subsecuentes para la cuantificación se realizaron con base en la metodología reportada en la NMX-AA-072-SCFI-2001¹⁰.



Figura 1. Determinación de la dureza mediante el uso del indicador Negro de Eriocromo T.

Por otro lado, la determinación de la alcalinidad por medio de reacciones de neutralización (Figura 2) y los cálculos para la cuantificación correspondiente reportados en mg CaCO_3/L se realizaron con base en la metodología reportada en la NMX-AA-036-SCFI-2001¹¹.



Figura 2. Muestra de agua sometida a prueba de alcalinidad, se observa el viraje del indicador fenolftaleína.

Asimismo, la determinación de cloruros por medio de reacciones de precipitación (Figura 3) y los cálculos para la cuantificación correspondiente reportados en mg Cl/L se realizaron con base en la metodología reportada en la NMX-AA-073-SCFI-2001¹².

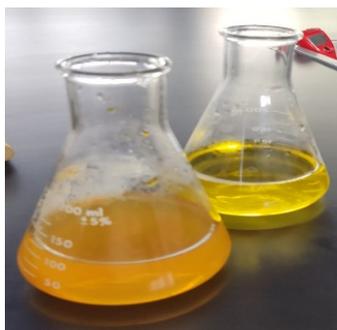


Figura 3. Muestra de agua sometida a prueba de determinación de cloruros empleando el método de Mohr dónde se emplea como indicador cromato de potasio.

El análisis de pH del agua se realizó con base en la NMX-AA-008-SCFI-2016 empleando un potenciómetro Hanna 19083 (Figura 4), y la medición de la temperatura con base en la NMX-AA-007-SCFI-2013, empleando un termómetro calibrado con escala -20 a 150°C con precisión de 1 °C.



Figura 4. pH-metro con la medición de pH.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1, se presenta la media de los resultados obtenidos de las distintas valoraciones y mediciones realizadas para la cuantificación de cloruros, dureza y alcalinidad. Cabe destacar que las muestras se corrieron por triplicado; mientras que, para el caso de la temperatura y el pH en las que únicamente se realizó un muestreo, la medición se realizó por triplicado. Adicionalmente, en la cuarta columna se aprecia el límite permisible por parámetro evaluado en la norma anteriormente mencionada para un mejor análisis de los resultados obtenidos.

Como se aprecia en la Tabla 1, todos los parámetros evaluados se encontraron dentro de norma, para las muestras de agua analizadas en el momento, lo cual es relevante mencionar, ya que esto no asegura que la calidad del agua previa o posterior a este tiempo se encontraba dentro de norma y es por tal motivo, que las autoridades sanitarias correspondientes poseen un programa de monitoreo continuo.

Tabla 1. Resultados de las valoraciones y mediciones de muestras de agua

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	mg Cl/L	5.55	250
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	112.33	500
Dureza	mgCaCO ₃ /L	246.66	500
Temperatura	°C	29	30
pH	-	7.8	6.5 a 8.5

Como se mencionó anteriormente, un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas, evitar el crecimiento de plantas y resultar tóxico para el consumo humano¹³. Además, el cloro puede reaccionar con distintos compuestos orgánicos, aumentando así el riesgo de producción de trihalometanos, que son compuestos carcinógenos para el humano.

La dureza es la responsable de la formación de incrustaciones en recipientes y tuberías lo que conlleva a fallas y pérdidas en la eficiencia de diferentes procesos industriales como lo pueden ser las unidades de transferencia de calor. El término dureza se empleó en un inicio para representar el agua en la que era más complicado o "duro" lavar la ropa, al requerir mayor consumo de jabón para asegurar su limpieza. En la mayoría de las aguas alcalinas esta necesidad de consumo de jabón está directamente relacionado con el contenido de calcio y magnesio¹⁴.

La Tabla 2, muestra la escala de Merk que es utilizada para medir que tan “dura o blanda” es el agua, comparando los resultados reportados en la Tabla 1, llegando a la conclusión de que el agua se clasifica como semi dura. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha determinado que la dureza del agua aparentemente no produce ningún efecto perjudicial para la salud de las personas¹⁵, sin embargo, el agua dura puede reseca ligeramente la piel y el cabello¹⁶ y precipitar restos de jabón en electrodomésticos y tuberías¹⁷. Adicionalmente es importante mencionar que, el agua dura posee un impacto “positivo” al proteger de la corrosión las tuberías, ya que con agua blanda se ve favorecida. Por ende, se establece que no hay alteraciones en la dureza y que se encuentra dentro de los límites permisibles.

Tabla 2. Escala de Merk

Muy blanda	0-79 mgCaCO ₃ /l
Blanda	80-149 mgCaCO ₃ /L
Semi dura	150-329 mgCaCO ₃ /L
Dura	330-529 mgCaCO ₃ /L
Muy dura	550 mgCaCO ₃ /L

La Tabla 3, muestra los intervalos de alcalinidad cortejando con un índice y el probable efecto que pueda ocasionar el intervalo obtenido. Haciendo la comparación con el resultado de alcalinidad mostrada en la Tabla 1 se describe el resultado como índice Ideal, es decir, que no posee efecto y está dentro de los límites permisibles.

La acidez se refiere a la presencia de sustancias disociables en agua y que como producto de disociación generan el ion hidronio (H₃O⁺), como son los ácidos fuertes, ácidos débiles y de fuerza media; también la presencia de ciertos cationes metálicos como el Fe(III) y el Al(III) contribuyen a la acidez del medio.

La alcalinidad se refiere a la presencia de sustancias hidrolizables en agua y que como producto de hidrólisis generan el ión hidroxilo (OH⁻), como son las bases fuertes, y los hidróxidos de los metales alcalinotérreos; contribuyen también en forma importante a la alcalinidad los carbonatos y fosfatos. La presencia de boratos y silicatos en concentraciones altas también contribuyen a la alcalinidad del medio¹¹.

Tabla 3. Intervalos de alcalinidad

Intervalos de alcalinidad	Índice	Efecto
0 a 100 mg/L CaCO ₃	Bajo	Agua corrosiva si el pH <7
100 a 200 mg/L CaCO ₃	Ideal	Sin efectos
>200 mg/L CaCO ₃	Alto	Depósitos o incrustaciones en tuberías

La medición de pH es el parámetro más importante utilizado en la evaluación de las propiedades corrosivas de un medio ambiente acuático. Asimismo, es importante para el funcionamiento efecto de los procesos de tratamiento de aguas y su control (por ejemplo en la floculación y la desinfección con cloro).

El resultado obtenido de la medición de pH en la muestra de agua potable en laboratorio que se muestra en la Tabla 1, indica que, aunque sea ligeramente alcalina, está estable.

Por último, la temperatura se establece como límite permisible 30°, como se muestra en el apartado de “límites permisibles” de la Tabla 1, porque no se pueden sacar los datos de dureza y cloruros cuando la temperatura se encuentra a 30°. En nuestro resultado se arroja que mide 29°, por lo que se establece que está dentro del límite.

Conclusiones

El análisis fisicoquímico del agua en la ENMS de Silao para el uso en laboratorios arroja resultados favorables de las determinaciones de la calidad del agua, es decir, la pureza del agua está dentro de los límites permisibles de las NOM oficiales empleadas.

Agradecimientos

A la Dirección de Apoyo a la Investigación y Posgrados (DAIP), de la Universidad de Guanajuato a través del Programa “XXVII Verano de la Ciencia” por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto. A los profesores Fernando Romero Montelongo y Javier Eduardo Rubio Cortés por su apoyo, asesoramiento y dirección en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Bibliografía/Referencias

- 1) Pozas, J. (2015). *Importancia del agua* [Archivo PDF]. <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/32302/1/secme-8622.pdf>
- 2) Secretaría de Gobernación. (2022, 02 de mayo). Diario Oficial de la Federación. NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0
- 3) Acciona. Business as unusual (12 de julio de 2023). *Potabilización del agua*. https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/?_adin=02021864894
- 4) Scielo. (20 de diciembre de 2021). *Salud y medio ambiente*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422022000300008
- 5) Ocasio, N. López, M. (n/a). *Uso del cloro en la desinfección del agua* [Archivo PDF]. https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/uso_cloro.pdf
- 6) Bebbia. (8 de octubre de 2021). *¿Qué es la dureza del agua y cómo afecta la salud?* <https://bebbia.com/blog/que-es-la-dureza-del-agua-y-como-afecta-la-salud/#:~:text=Las%20aguas%20duras%20con%20un,sabor%20amargo%20en%20el%20agua>
- 7) Boss Tech. (n/f). *¿cómo afecta el pH en la calidad del agua?* <https://bosstech.pe/como-afecta-ph-calidad-agua/#:~:text=En%20aguas%20muy%20%C3%A1cidas%2C%20algunos,otros%20aparatos%20que%20utilizan%20agua>
- 8) Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA). (14 de marzo de 2023). *Impacto de los contaminantes biológicos en la calidad del aire interior*. <https://espanol.epa.gov/cai/impacto-de-los-contaminantes-biologicos-en-la-calidad-del-aire-interior/#:~:text=Los%20contaminantes%20biol%C3%B3gicos%20se%20encuentran,0%20los%20ba%C3%B1os%20sin%20ventilaci%C3%B3n>
- 9) Iberdrola. (14 de julio de 2023). *La contaminación del agua: cómo no poner en peligro nuestra fuente de vida*. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua/#:~:text=Los%20principales%20contaminantes%20del%20agua,fecales%20y%20hasta%20sustancias%20radiactivas>
- 10) Secretaría de economía (2001) NMX-AA-072-SCFI-2001 [Archivo PDF] <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166788/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf>
- 11) Secretaría de economía (2001) NMX-AA-036-SCFI-2001 [Archivo PDF] <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166776/NMX-AA-036-SCFI-2001.pdf>
- 12) Secretaría de economía. (2001) NMX-AA-073-SCFI-2001 [Archivo PDF]. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>
- 13) Secretaría de economía. (2001) NMX-AA-073-SCFI-2001 [Archivo PDF]. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>
- 14) Secretaría de economía (2001) NMX-AA-072-SCFI-2001 [Archivo PDF] <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166788/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf>
- 15) FACSA. Ciclo integral del agua. (n/f). La dureza del agua. <https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/#:~:text=No%20se%20ha%20establecido%20l%C3%ADmite,la%20salud%20de%20las%20personas>

- 16) Elektro-Korrosion. (6 de julio de 2020) ¿Qué es un agua dura? | Elektro-Korrosion.
<https://youtu.be/0lcijhMlmis>
- 17) Aigües de Mataró. (n/a). Dureza del agua. <https://www.aiguesmataro.com/es/dureza-del-agua#:~:text=C%C3%B3mo%20afecta%20la%20dureza&text=Por%20otro%20lado%2C%20una%20agua,favorece%20la%20corrosi%C3%B3n%20de%20tuber%C3%ADas>).