



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DEL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN: BIOLOGÍA**

Informe Final de Servicio Social Actividades Vinculadas con la Profesión

Periodo: 1 de septiembre del 2023 al 8 de marzo del 2024

**Medición de la calidad del agua en la red y bebederos de Ciudad
Universitaria, UNAM, Ciudad de México.**

Programa: Uso y Reúso del Agua en la UNAM "PUMAGUA" en el área de
Calidad del Agua

Alumno:

Luis Manuel Monroy Arenas

2182044268

Asesor interno:

M. en C. Arturo Aguirre-León

Departamento El Hombre y su Ambiente

UAM-Xochimilco

Asesor externo:

Dra. Nallely Vázquez Salvador

Facultad de Ciencias, UNAM

1. Introducción

Hablar de sostenibilidad del agua significa que los ecosistemas permiten que las fuentes de agua subterránea y superficial continúen abasteciendo agua a las poblaciones que los habitan, incluyendo a la población humana. Pensar en el uso sostenible del agua requiere una visión de sistemas donde se conozcan y entiendan las interacciones entre los elementos que participan. En este sentido, los sistemas socioambientales consideran de manera integral los aspectos ecológicos, sociales y económicos del uso de los recursos naturales como es el agua (Espinosa, 2014).

La problemática que se vive a nivel nacional y global con respecto al abastecimiento y la calidad del agua, en parte es el resultado de las acciones emprendidas desde la perspectiva de los sectores de gobierno involucrados trabajando por separado, sin promover soluciones integrales en las que participen además de los diferentes niveles de gobierno, la sociedad civil y la academia (Espinosa, 2014).

La calidad del agua puede definirse como aquellos factores que describen las características químicas, físicas y biológicas del agua, dependiendo del uso que se le dé.

El agua apta para uso y consumo humano debe cumplir con parámetros mínimos que se establecen en la NOM-127-SSA1-2021. Para el cumplimiento de los parámetros es necesario conocer las características de la fuente de abastecimiento (subterránea o superficial) e identificar el mejor tratamiento para potabilizar el agua antes de distribuirla a los consumidores.

La problemática que se enfrenta en este trabajo es la contaminación y alteración de la calidad del agua, ya que esta puede venir determinada por factores naturales como el clima, el estado de las tuberías, la contaminación del terreno o la concentración de los elementos presentes en el mismo de manera natural. El agua en su recorrido por toda la red de distribución puede arrastrar ciertos elementos hasta llegar al punto de consumo final, que hacen que la calidad de esta se vea alterada, por ello es recomendable medir su calidad justo en el momento del consumo.

Es por lo que se desarrolla el Programa de Uso y Reúso del Agua en la UNAM "PUMAGUA" en el área de Calidad del Agua, cuyo objetivo es garantizar que el agua sea saludable para su manejo, uso y consumo humano, además de fomentar el riego eficiente de áreas verdes y un suministro de ahorro con el uso de muebles de bajo consumo. Este programa lleva a cabo diferentes acciones como el monitoreo continuo de los puntos de consumo para garantizar la buena calidad del agua.

2. Objetivos generales y específicos

Como objetivo general de este proyecto se planteó el garantizar que el agua sea saludable para su uso y consumo humano, en Ciudad universitaria, UNAM.

Para lograr esto se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Llevar a cabo un monitoreo quincenal de algunos puntos de consumo directo (bebederos).
- Analizar mensualmente los parámetros fisicoquímicos del agua en pozos y tanques de abastecimiento.
- Análisis bacteriológico para corroborar la presencia de alguna bacteria que representara un daño para las personas.

3. Metodología utilizada

3.1 Medición de cloro residual libre

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Es por lo que el cloro es ampliamente usado para desinfectar alimentos, así como el agua, sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos, a esto se le llama cloro residual libre (OMS, 2009).

Por esta razón si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados del agua y por lo tanto es seguro consumirla. A este procedimiento se le conoce como medición del cloro residual. Para llevar a cabo este procedimiento se usó el colorímetro portátil de cloro libre Checker H1701 HACH y el procedimiento para cada medición fue el siguiente:

- Primero se dejó correr el agua durante dos minutos aproximadamente, una vez transcurrido el tiempo se procedió a tomar la muestra en una celda especial de una capacidad de 10 ml.
- Una vez hecho se calibró el colorímetro a través del uso de una muestra en blanco para poder calibrar el colorímetro, después de esto se vertió el reactivo de cloro libre H193701-0 a la muestra de agua y se homogenizó.
- A continuación, la medición obtenida puede ir desde el valor mínimo que es 0 hasta el máximo que es de 2.5 mg/L dependiendo la concentración de cloro en el punto muestreado.

3.2 Medición de nitratos y sulfatos

El nitrato es una de las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales, residuales y residuales tratadas, se presenta generalmente a nivel de trazas en el agua de superficie, pero puede alcanzar niveles elevados en las subterráneas (SEMARNAT, 2001). El nitrato es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos, ha sido identificado como el determinante del crecimiento de estos. Una concentración alta de nitratos es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados. En las aguas de algunos pozos suele encontrarse cantidades apreciables de nitratos, lo que es objetable desde el punto de vista sanitario (SEMARNAT, 2001).

Por ello en este trabajo se llevaron a cabo mediciones para conocer la concentración de este nutriente en la red de agua de Ciudad universitaria (CU). Para la determinación de nitratos se utilizó la Técnica 8171, método de reducción de cadmio (Hach, 2014), en muestras obtenidas en seis puntos diferentes (tres tanques de abastecimiento y tres pozos de extracción).

En cuanto a los sulfatos estos son compuestos que se encuentran presentes en el agua de forma natural, debido al lavado y la disolución parcial de materiales del terreno por el que discurre (formaciones rocosas compuestas de yeso principalmente y suelos sulfatados) (Bolaños *et al.*, 2017). Los sulfatos, tal y como aparecen en el agua de consumo, no son tóxicos, sin embargo, en altas concentraciones, se ha observado un efecto de deshidratación e irritación gastrointestinal. Normalmente estas aguas tienen un sabor amargo y rechazable inmediatamente por los consumidores. Así, la presencia de sulfatos en el agua de consumo puede causar un sabor perceptible por el consumidor, produciendo un sabor amargo o medicinal no agradable (Bolaños *et al.*, 2017). La medición de los sulfatos se llevó a cabo mediante la Técnica 8051, método sulfaver 4, (Hach, 2018), en muestras obtenidas en seis puntos (tres tanques y tres pozos).

3.3 Análisis bacteriológico

La presencia de bacterias patógenas en el agua destinada al consumo humano es un riesgo siempre presente, que se incrementa en las áreas de mayor densidad de población. Por ello un punto importante para poder garantizar una buena calidad del agua es llevar a cabo análisis bacteriológicos. En este caso se usó la técnica de filtración a través de membrana. Esta se basa en el crecimiento, la identificación y el recuento de las colonias de los microorganismos retenidos en la superficie de un filtro, a través del cual se ha filtrado un volumen conocido de muestra de agua e incubada en un medio de cultivo durante un tiempo y a una temperatura adecuada (APHA, 2000).

El procedimiento se llevó a cabo en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) del Instituto de Ecología de la UNAM. Primero se procedió a la recolección de muestras las cuales fueron obtenidas de seis diferentes puntos, tres de tanques (Tanque Alto, Tanque Bajo, Tanque Vivero alto) y tres de pozos (Pozo Multifamiliar, Pozo Química y Pozo Vivero alto) una vez obtenidas las muestras se procedió con los siguientes pasos:

- Se colocó un filtro de membrana sobre un soporte con la ayuda de unas pinzas de acero previamente flameadas con alcohol.
- Se situó un embudo sobre el soporte hasta fijarlo.
- Se vertió la muestra de agua en el embudo (100 ml) y se aplicó vacío hasta que el líquido se filtró. Se hizo pasar la muestra de agua a través de un filtro de membrana de nitrocelulosa, en cuya superficie quedaron retenidos los microorganismos. Se utilizaron membranas que tienen un tamaño de poro de 0.45 micras ya que la mayoría de los microorganismos tienen un tamaño superior en diámetro.
- Se rompió el vacío y se extrajo el embudo con las pinzas flameadas e igualmente se extrajo el filtro del soporte.
- Se colocó el filtro dentro de una placa Petri sobre el medio de cultivo, con la cuadrícula hacia arriba, procurando que no se formaran burbujas entre la membrana y el medio de cultivo.
- Las placas se incubaron en posición invertida en la incubadora: Coliformes fecales y *Escherichia coli*, ambas durante 24 horas a 44°C y 37°C, respectivamente.
- Por último, una vez transcurrido este tiempo se procedió a su enumeración.

3.4 Medición de parámetros fisicoquímicos

La medición de estos parámetros se realizó in situ, en los pozos y tanques muestreados (seis en total). Los parámetros medidos en un periodo mensual fueron los siguientes:

- pH
- Temperatura
- Sólidos disueltos totales (TDS)
- Conductividad

Para poder medir el pH/TDS se usó el electrodo HANNA HI98130 y para medir la temperatura y conductividad de uso un electrodo HANNA H198311.

4. Actividades realizadas

Las actividades de la estancia de servicio social se realizaron durante un periodo de seis meses en PUMAGUA, en el área de Calidad del Agua. Con este proyecto se contribuyó al manejo de los recursos hídricos en Ciudad Universitaria de la UNAM, a través del monitoreo de la calidad del agua. Se realizaron actividades de manera combinada, tanto en campo como en el laboratorio. Estas actividades se llevaron a cabo durante el periodo del 1 de septiembre del 2023 al 8 de marzo del 2024, dichas actividades se detallan a continuación:

- Medición de cloro residual libre mediante el uso del colorímetro de cloro libre (Checker HC H1701) se realizaron las mediciones puntuales de cloro residual libre en el agua de la red y en el agua de los bebederos en Ciudad Universitaria con una frecuencia quincenal en la medición.
- Asimismo, cada mes se llevaron a cabo muestreos donde se recolectaron muestras de agua en tres tanques y tres pozos.
- Mediante el uso de electrodos se midieron los parámetros del agua como sólidos disueltos, conductividad, pH, temperatura, también de forma mensual.
- Las muestras obtenidas se analizaron en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) para obtener la concentración de sulfatos y nitratos en el agua.
- Y adicionalmente se hizo una revisión de cisternas y un muestreo bacteriológico en los distintos dispositivos de suministro de agua.

5. Objetivos y metas alcanzados

Durante el transcurso del servicio social, se llevó a cabo un programa de monitoreo destinado a evaluar la calidad del agua en el campus universitario. Los resultados obtenidos en todas las mediciones realizadas arrojaron datos sumamente alentadores, los cuales respaldan de manera contundente la idoneidad del agua para el consumo humano.

Se lograron realizar muestreos mensuales en los tres pozos (pozo Multifamiliar, pozo química y pozo vivero alto) y tres tanques (tanque Alto, tanque Bajo, tanque Vivero Alto) que constituyen las principales fuentes de abastecimiento de agua para CU. Estos muestreos, efectuados de manera rigurosa y sistemática a lo largo de un periodo de seis meses, permitieron evaluar con precisión la calidad bacteriológica del agua. Durante este periodo, no se detectó la presencia de bacterias nocivas en las muestras analizadas, lo cual brinda una garantía sólida de la seguridad sanitaria del suministro de agua en la zona.

Asimismo, se llevó a cabo un seguimiento exhaustivo de los parámetros fisicoquímicos del agua. Este monitoreo mensual permitió verificar que los valores

obtenidos se mantuvieron constantemente dentro de los límites establecidos por las normativas pertinentes, lo que indica una estabilidad y consistencia en la composición química del agua suministrada.

En cuanto al cloro residual, se implementó un programa de muestreo de llaves y bebederos distribuidos a lo largo de CU. La presencia de cloro residual en estos bebederos es una medida de prevención para la eliminación de posibles contaminantes bacterianos.

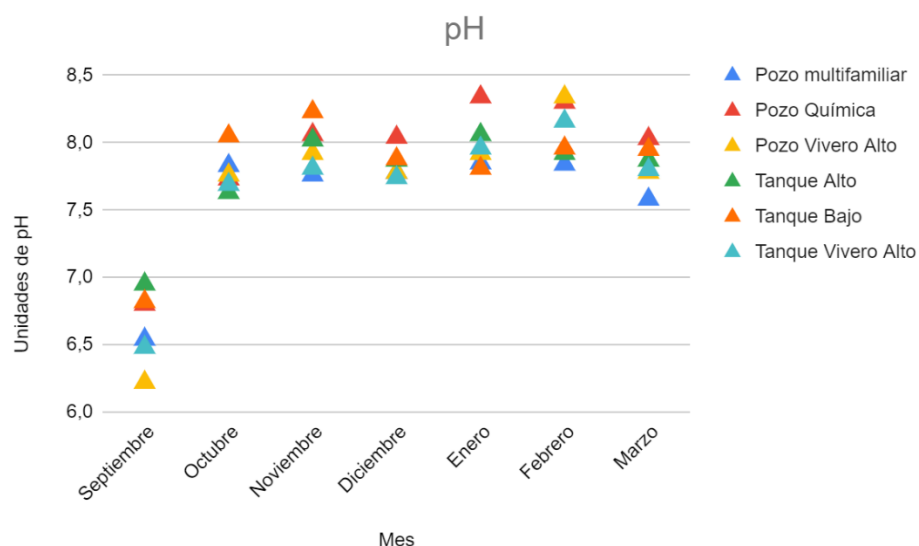
6. Resultados

Análisis bacteriológico

En cuanto a los resultados de los análisis bacteriológicos, se realizaron análisis en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS), centradas en la detección de bacterias coliformes fecales (CF) y *E. coli*. Estas pruebas arrojaron como resultado la ausencia de estas bacterias en todas las muestras analizadas durante los seis meses de muestreo.

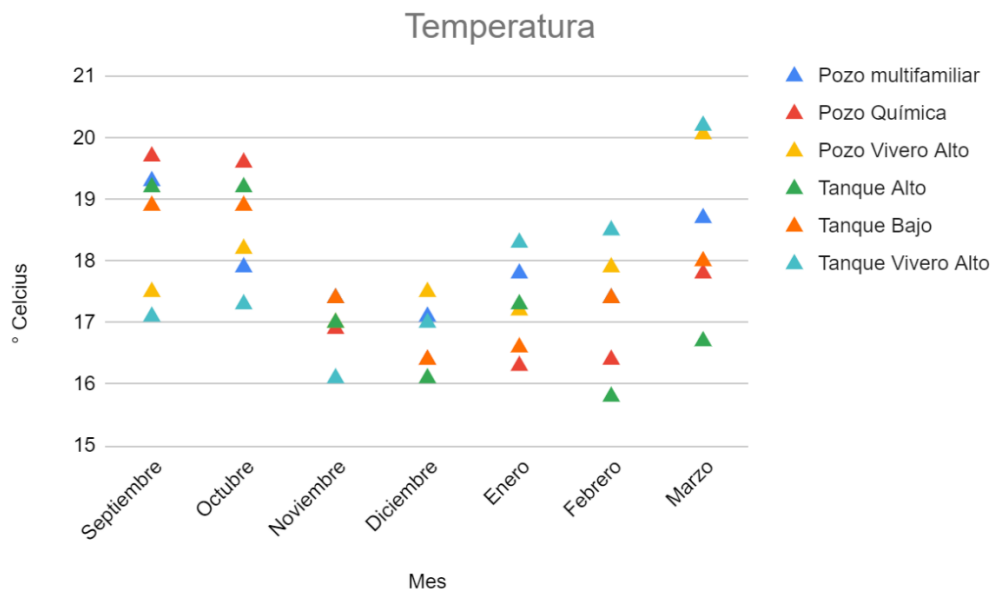
Parámetros fisicoquímicos

En la Gráfica 1 se representan las mediciones de pH realizadas en los tanques y pozos de CU. Durante el análisis se observó una tendencia particular, el pH alcanzó su valor más bajo en el mes de septiembre donde la medición en los seis puntos fue menor a 7.0. Sin embargo, en los meses siguientes se apreció un incremento gradual en este valor, manteniéndose constante en niveles entre 7.5 a 8.5 a lo largo del período de estudio, siendo el límite permisible de 6.5 a 8.5.



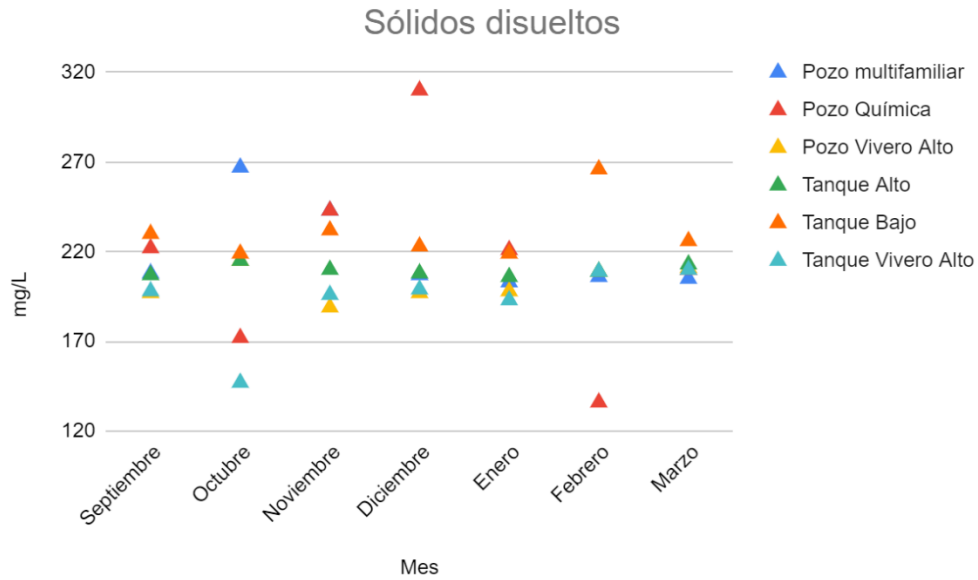
Gráfica 1. Mediciones de pH en los tres tanques y tres pozos de CU.

Durante el período de muestreo, la temperatura se mantuvo relativamente estable, oscilando entre los 15.5° y los 20.5° Celsius (Gráfica 2). Se observó una leve variación en los registros, pero en general, no se evidenciaron cambios significativos a lo largo del tiempo. Al analizar los datos se destaca que la zona con la temperatura más baja fue el tanque alto, particularmente en el mes de febrero donde se registró una temperatura de 15.8°C. Por otro lado, el punto con la temperatura más elevada se encontró en el tanque vivero alto durante el mes de marzo, alcanzando los 20.2°C.



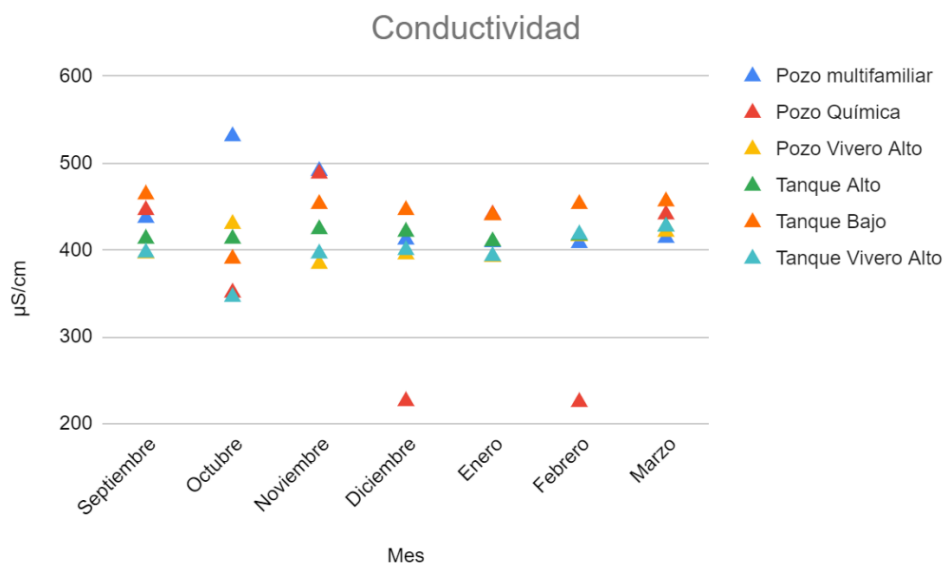
Gráfica 2. Medición de la temperatura en los tres tanques y tres pozos de CU.

Los meses de medición los sólidos disueltos totales (Gráfica 3) mostraron variaciones, aunque no se identificaron anomalías que representaran un riesgo para la calidad del agua. En la mayoría de los sitios analizados, se observaron alteraciones a lo largo de los meses de muestreo. Sin embargo, cabe destacar que tanto el tanque alto como el pozo vivero alto mantuvieron niveles constantes, sin presentar grandes variaciones a lo largo del periodo de estudio en comparación con otros puntos donde se registraron variaciones más marcadas, aunque dentro del límite permisible que es de 1000 mg/L de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2021.



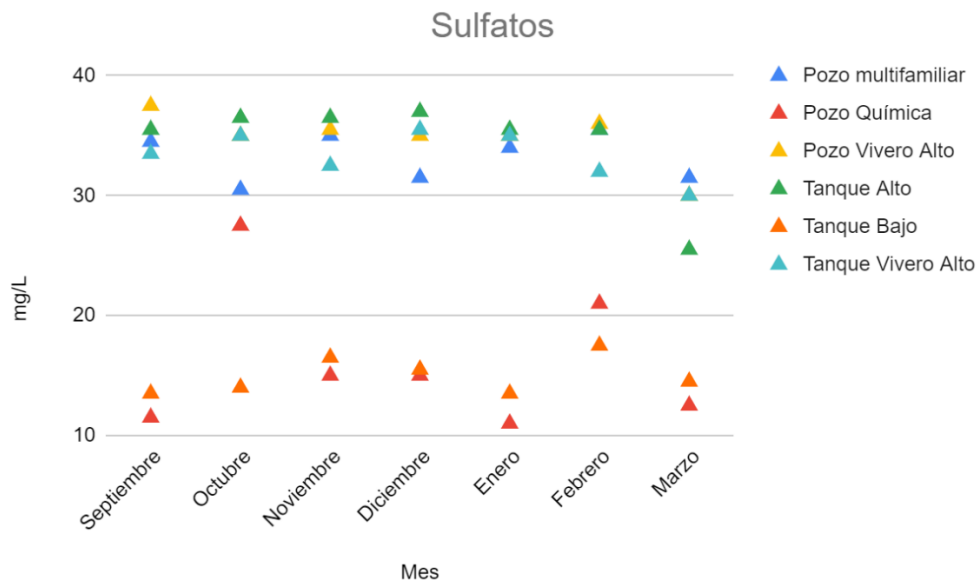
Gráfica 3. Medición de los sólidos disueltos en los tres tanques y tres pozos de CU.

En relación con la conductividad registrada (Gráfica 4), se observaron los niveles más bajos en el pozo de química durante los meses de diciembre y febrero, con lecturas de 226 y 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Por otro lado, el nivel más alto se registró en el pozo multifamiliar alcanzando un valor de 531. Mientras que los datos obtenidos en los demás puntos siempre se mantuvieron dentro de un rango inferior a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



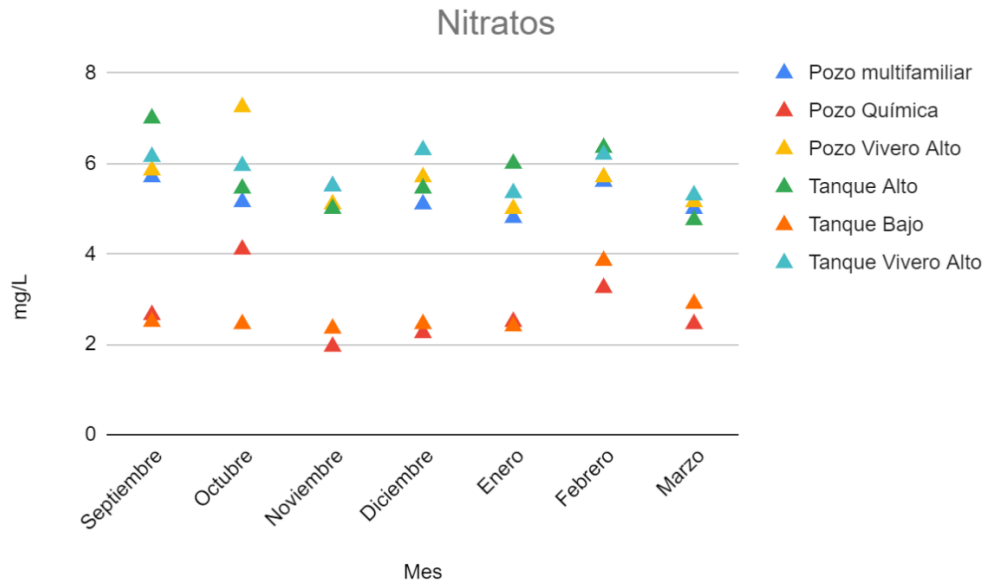
Gráfica 4. Medición de Conductividad en los tres tanques y tres pozos de CU.

La medición de sulfatos es crucial debido a su potencial impacto en la salud humana. Las mediciones efectuadas indican que los niveles se encuentran dentro del límite permisible el cual tiene que ser menor a 400 mg/L (Gráfica 5). Es notable que, tanto en el pozo de química como en el tanque bajo, los sulfatos se presentan en concentraciones menores en comparación con otros puntos de monitoreo. A lo largo del periodo estudiado estos lugares mostraron consistentemente niveles inferiores a los de los demás puntos.



Gráfica 5. Medición de los sulfatos en los tres tanques y tres pozos de CU.

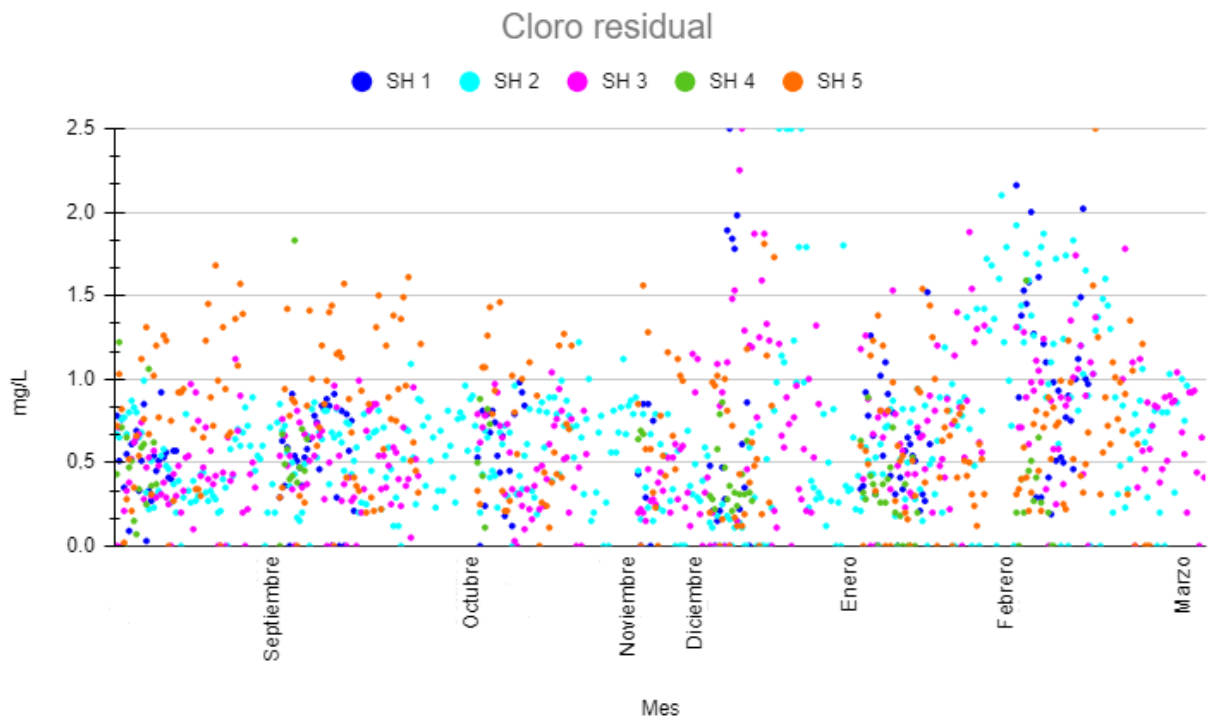
En el caso de los nitratos (Gráfica 6), también es importante considerar su potencial impacto en la salud cuando se presentan en concentraciones elevadas. Sin embargo, los análisis realizados no mostraron altas concentraciones durante los muestreos realizados. Similar a los sulfatos, los nitratos mostraron niveles más bajos en el pozo de química y en el tanque bajo. Estos puntos se caracterizaron por mantener niveles constantes a lo largo del tiempo. Y aunque otros puntos de muestreo mostraron valores más altos, estos no representan riesgo alguno para la salud humana ya que los valores están por debajo del límite permisible que es de 11 mg/L.



Gráfica 6: Medición de los Nitratos en los tres tanques y tres pozos de CU.

La medición del cloro residual se llevó a cabo en los bebederos y llaves distribuidas en todo CU, los cuales se pueden dividir en cinco sectores hidráulicos (SH) encargados de la distribución del agua (Gráfica 7).

Los resultados obtenidos mostraron una amplia variedad de valores de cloro, ya que se tomaron muestras de numerosos puntos. A pesar de esto, el cloro siempre se mantuvo dentro de niveles aceptables. De acuerdo con la norma NOM-127-SSA1-2021, el nivel de cloro debe estar comprendido entre 0.2 y 1.5 mg/L. En pocas ocasiones, el valor obtenido fue menor al mínimo establecido por la norma, sin embargo, es importante destacar que el cloro se utiliza principalmente como medida precautoria. Los análisis bacteriológicos indicaron que el agua suministrada a los bebederos y llaves no contenía bacterias dañinas. Por lo tanto, la ausencia de cloro en algunos puntos no representó un riesgo significativo para la salud. Es necesario mencionar que la falta de cloro fue esporádica y sólo se observó en casos aislados.



Gráfica 7. Medición de cloro residual en las llaves y bebederos de CU.

Conclusiones

La acumulación de datos obtenidos a través de este proceso de monitoreo permite afirmar que el agua disponible en Ciudad Universitaria posee una calidad óptima para el consumo humano. Durante los seis meses de estudio no se detectaron rastros de bacterias perjudiciales para la salud humana, lo cual respalda la seguridad del suministro hídrico en la zona.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados durante el periodo de muestreo se mantuvieron dentro de los rangos considerados como óptimos, sin evidenciar alteraciones significativas que pudieran comprometer la calidad del agua.

La adición de cloro al agua tiene un propósito preventivo, destinado a eliminar cualquier bacteria potencialmente presente en el suministro, con el fin de garantizar una calidad del agua aún más elevada. Este enfoque no solo vela por la salud y el bienestar de la comunidad universitaria, sino que también subraya el compromiso de los involucrados en el programa de Uso y Reúso del Agua en la UNAM, "PUMAGUA", para garantizar agua segura y bienestar a toda la comunidad universitaria.

Se puede afirmar de manera contundente que tanto el agua proveniente de la red como la de los bebederos de CU son seguras para el consumo humano, representando así un beneficio tangible para toda la comunidad universitaria.

Bibliografía citada

APHA, (2000). Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual. 17. ed. Editorial Díaz de Santos. Madrid, España, pp 1147.

Bolaños-Alfaro, J; Cordero-Castro, G; Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*. 30(4), 15-27.

Espinosa-García A. C, (2014). Calidad del agua. *Impluvium UNAM*, 3.

Hach, (2014). Water Analysis Manual. Nitrate, Cadmium Reduction Method (10.0 mg/l) Method 8171. Hach Company, 9 pp 6

Hach, (2018). Water Analysis Manual. Sulfate, USEPA SulfaVer 4 Method (10.0 mg/l) Method 8051. Hach Company, 2 pp 210.

Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-2021), (2021). Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario oficial de la federación.

Organización Mundial de la Salud OMS, (2009). Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud, Medición del cloro residual en el agua, *Guía técnica*, 11, pp 1-4.

SEMARNAT, (2001). Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas. Método de análisis de aguas NMX-AA-079-SCFI-2001.