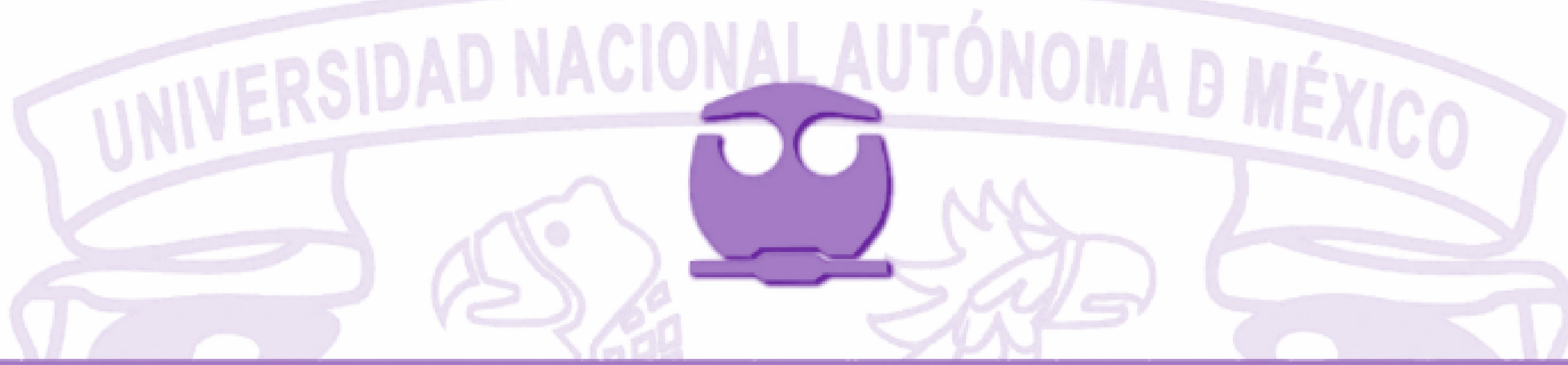




Programa de Estancias Cortas de Investigación

Evaluación de calidad de agua utilizando equipo multiparamétrico

1353/Q/7

OBJETIVOS

- Investigación formativa en normatividad ambiental con aplicación al análisis de calidad de agua
- Propuesta de diseño experimental para medición de parámetros físico-químicos utilizando equipo Hanna HI9812-51
- Aplicación de metodología analítica a muestras de agua
- Evaluación de resultados obtenidos con base en normatividad aplicable

HIPÓTESIS

Las propiedades fisicoquímicas del agua (pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos) variarán significativamente según el origen de la fuente y el tipo de tratamiento aplicado.

La Ósmosis inversa permite remover del agua una gran cantidad de sólidos disueltos, iones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño e implementación de un método rápido y confiable para el monitoreo de la calidad del agua potable es fundamental para optimizar los procesos de purificación y distribución, ya que permite identificar problemas que impactan negativamente la salud pública.

INTRODUCCIÓN

- La validez de la calidad del agua requiere un estricto control metrológico respaldado por la NOM-127-SSA1-2021 para el consumo humano.
- La NMX-AA-007-SCFI-2013 exige la verificación previa de termómetros mediante comparación con un patrón calibrado de 10 a 45 °C.
- Conforme a la NMX-AA-008-SCFI-2016, el pH se evalúa electrométicamente para vigilar la corrosividad y la eficiencia del tratamiento potabilizador.
- La NMX-AA-034-SCFI-2015 establece el método gravimétrico para sólidos totales disueltos, estimables en campo con sondas multiparamétricas.
- La NMX-AA-093-SCFI-2000 norma la conductividad electrolítica como un indicador directo de la mineralización del agua y su calidad sanitaria.

METODOLOGÍA



ANÁLISIS DE RESULTADOS

El valor promedio de pH es de 5.4, que es menor al límite inferior permitido por la NOM-127-SSA1-2021. Según lo reportado en la Guía de Calidad de Agua Potable de la OMS, este valor no genera en sí mismo un riesgo para la salud. Sin embargo, puede generar corrosión en tuberías metálicas. La planta del ITNM Milpa Alta está conectada mediante tubos y llaves de PVC, por lo que la acidez del agua no incrementa el riesgo de contaminación con metales.

El análisis de este valor atípico, en conjunto con la baja conductividad observada (20 µS/cm) permiten atribuir la acidez del agua a su reacción con CO₂ al momento de entrar en contacto con el aire. El CO₂ se disuelve en el agua, formando ácido carbónico (H₂CO₃) que se disocia en HCO₃⁻ y H⁺. Para análisis del agua es normal encontrar un pH cercano a 5, provocado por esta reacción.

Para obtener un pH que se encuentre dentro de los límites de la norma, se recomienda introducir al proceso de purificación un paso de remineralización.

Muestras que en los bebederos del PUMAGUA y en la tarja del lab 3A, se cumple con los límites establecidos en las Normas.

En la tabla 1, se evaluó la precisión y exactitud de las disoluciones patrón mediante mediciones por triplicado. En la tabla 2, se evaluó la precisión como %DER para las muestras de la Facultad de Química, donde se obtuvieron resultados para el grifo del laboratorio 3A, y en la planta purificadora de agua del ITMA, se obtuvieron en la salida de las cisternas, al final del filtro de suavizado, en el filtro de ósmosis y en el llenado de garrafones.

CONCLUSIONES

El multiparamétrico permitió obtener mediciones rápidas y confiables.

La ósmosis inversa fue la etapa que produjo la mayor disminución de conductividad y SDT.

El sistema PUMAGUA presentó valores homogéneos en todos los puntos de muestreo dentro de los valores normativos.

El agua pluvial presentó baja mineralización y un pH ácido.

En el agua tratada del ITMA, los sólidos totales disueltos (SDT) disminuyeron considerablemente; sin embargo, el pH final se encontró por debajo del intervalo establecido en la NOM-127-SSA1-2021 para agua de consumo humano, posiblemente por el bajo contenido de minerales, sin embargo, no se considera un daño a la salud ya que sus tuberías son de PVC.

MUESTREOS



Figura 1. Medición de los parámetros de los dispensadores del PUMAGUA



Figura 2. Muestreo en la planta purificadora de agua del ITMA

AGRADECIMIENTOS

Dra. María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar
Dr. José Luz González Chávez
Directora M.en D. Fátima Yaraset Mendoza Montero. Directora del Instituto Tecnológico Nacional de Milpa Alta
QFB. Joaquina Villegas Castillo
Ing. Jibrahan Homir Mondragón Santana
Alumnas de la carrera de Ing. Bioquímica:
Nayeli Iglesias Sánchez y Berenice Hernández Mejía
Dra. Daniela Franco Bodek
M. en C. Silvia Citlalli Gama González
Dra. Anaí Chiken Soriano

Dra. Minerva Monroy Barreto
Dr. Gustavo Tavizón Alvarado
Alumnos de la carrera de Q: Rodríguez Pacheco Oscar Uriel y Acoltzi Amador Diego
Alumno de la carrera de QFB: Sustayta Azuara Manuel Arturo
Alumno de la carrera de QA: Vera Jiménez Marcus Ian
Alumno de la carrera de IQ: Tovar Facundo Elvis Alejandro
Est. de Q. Olivares Fernández Maite
Est. de QFB. Arteaga Pereda Frida Gabriela
C. Osvaldo Ríos

RESULTADOS

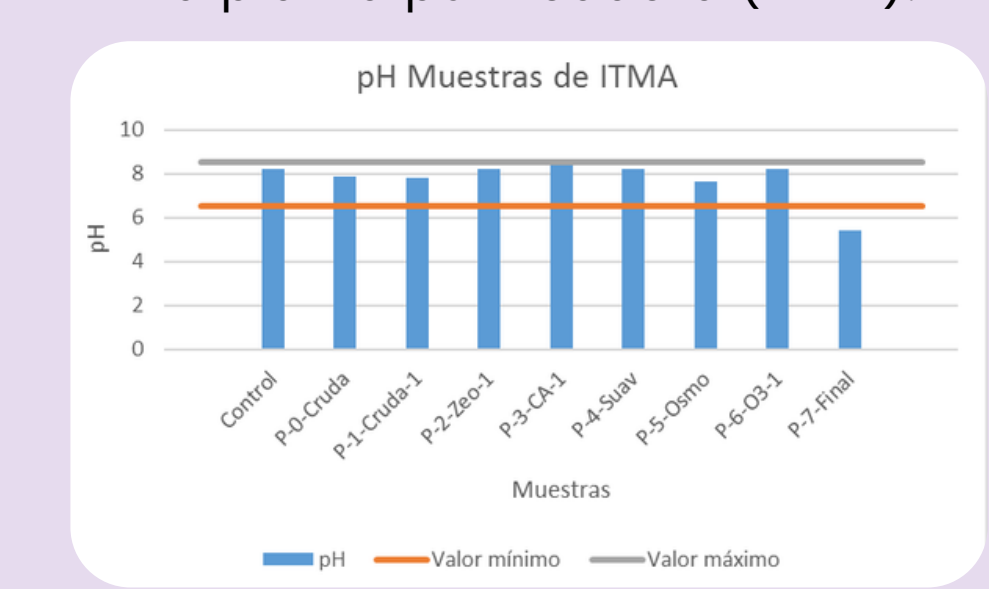
Tabla 1. Evaluación de precisión como % desviación estándar relativa (DER) y exactitud como % de recuperación.

	pH			Conductividad (µS/cm)	TDS (ppm)
Valor Nominal	4	7	10	1 413	1 382
$\bar{x}$	4.07	7	9.83	1 363.33	1 380
%DER	1.42	0	0.59	4.7	0
%Recuperación	101.41	100	98.24	96.4	99.86

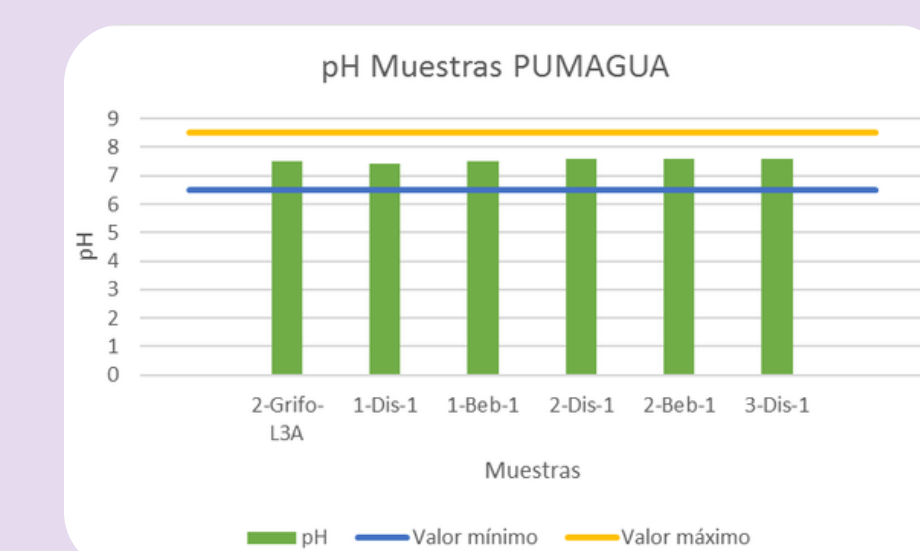
Tabla 2. Precisión como %DER para muestras de planta purificadora de agua ITMA.

	%DER (%)		
	pH	Conductividad (µS/cm)	TDS (ppm)
Cisterna	1.9	0	4.9
Suavizador	0.7	2.2	0
Ósmosis	0.8	57.7	43.3
Consumo	4.9	0	0

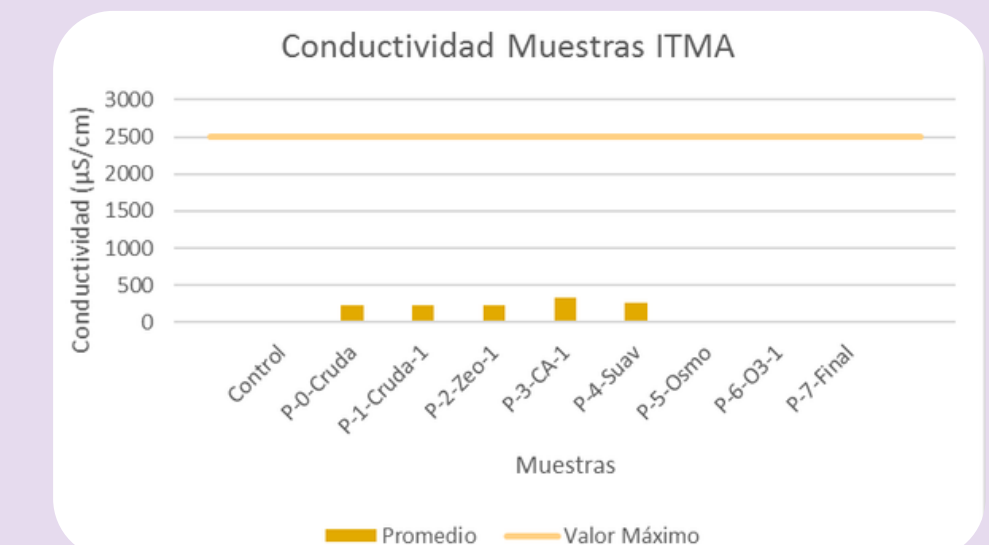
Gráfica 1. Resultados de pH analizado en la planta purificadora (ITMA).



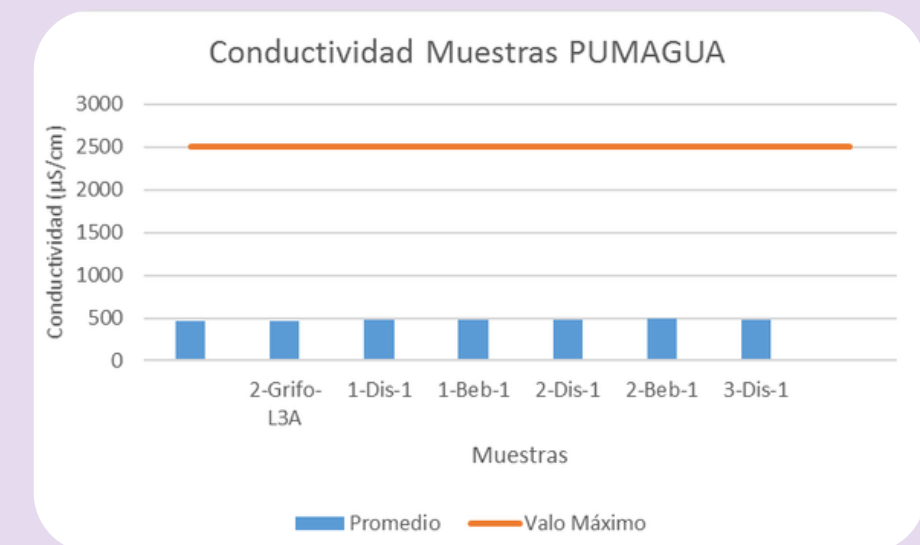
Gráfica 2. Resultados de pH analizado en grifo y dispensador para consumo del PUMAGUA.



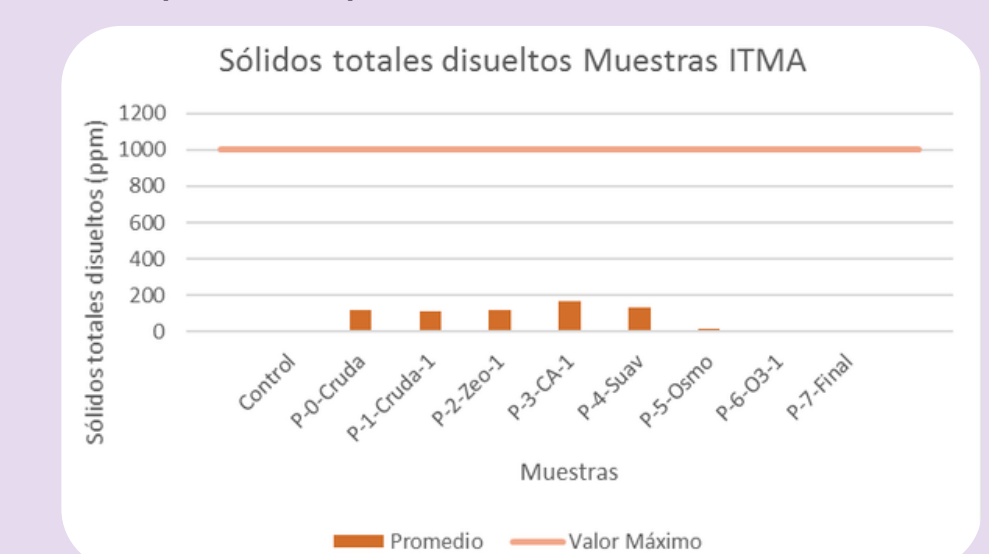
Gráfica 3. Resultados de conductividad analizado en la planta purificadora (ITMA).



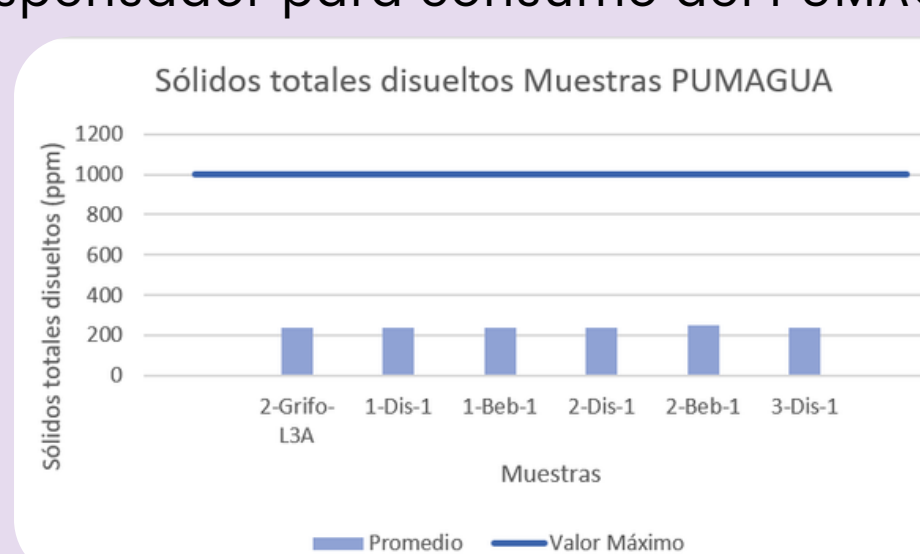
Gráfica 4. Resultados de conductividad analizado en grifo y dispensador para consumo del PUMAGUA.



Gráfica 5. Resultados de sólidos totales disueltos analizados en la planta purificadora (ITMA).



Gráfica 6. Resultados de sólidos totales disueltos analizados en grifo y dispensador para consumo del PUMAGUA.



QR DEL PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL MEDIDOR MULTIPARAMÉTRICO HANNA HI-9812-51



QR DEL PROTOCOLO DE MUESTREO DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO

REFERENCIAS

- Hanna Instruments Chile. (2024, 3 junio). Sonda multiparamétrica de pH / CE / TDS - HI1285-51 | Hanna Instruments Chile. <https://hannachile.com/productos/sonda-multiparametrica-de-ph-ce-tds-hi1285-51>
- Secretaría de Economía. (2016). Análisis de agua - Medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (NMX-AA-008-SCFI-2016). Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/166767/NMX-AA-008-SCFI-2016.pdf>
- Secretaría de Economía. (2000). NMX-AA-093-SCFI-2013. ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-093-1984). Dirección General de Normas.
- Secretaría de Economía. (2016). Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (NMX-AA-034-SCFI-2015). Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>
- Secretaría de Salud. (2022). NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación.
- Lipps, W. C., Braun-Howland, E. B., & Baxter, T. E. (2023). Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA Press.
- Guía para clientes. Muestreo de agua para análisis microbiológico. (s.f.). PRIMUS LABORATORIOS DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.
- Secretaría de Economía. NMX-AA-003/2-SCFI. Análisis de agua - Muestreo - Parte 2: Guía para las técnicas de muestreo. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/AA/proy0209/proy-nmx-aa-003-2-scfi008.pdf>
- Secretaría de Economía. NMX-AA-003/3-SCFI. Análisis de agua - Muestreo - Parte 3: Guía para la preservación y manejo de las muestras. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/AA/proy0909/proy-nmx-aa-003-3-scfi008.pdf>
- Est. I.O. Elvis Alejandro Tovar Facundo (2026). Guía Residuos EATF 20260306 Proyecto DGAPA-UNAM PAPIME PE201324. https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/20154/mod_resource/content/2/Gu%C3%ADa%20Residuos%20EATF%2020260306.pdf
- Secretaría de Economía. (2013). NMX-AA-007-SCFI-2013. Análisis de agua—Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—Método de prueba (cancela la NMX-AA-007-SCFI-2000). Dirección General de Normas.
- European Union (Drinking Water) Regulations 2023. S.I. 99/2023. Statutory Office, Dublin.
- Gemini. 2026. Flujiograma resumido del proceso de muestreo y análisis de agua [Generador de imágenes de IA]. Google. <https://gemini.google.com>
- Islam, R. 2017. Assessment of pH and total dissolved substances (TDS) in the commercially available bottled drinking water. *IOSR Journal of Nursing and Health Science (IOSR-JNHS), 6(15), 35-40