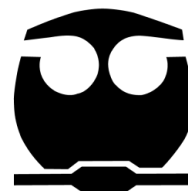




PROTOCOLO DE MUESTREO DE AGUA POTABLE (PARA USO Y CONSUMO HUMANO)



1. INTRODUCCIÓN

La NOM-127-SSA1-2021 define como agua para uso y consumo humano toda aquella que no causa efectos nocivos a la salud y que no presenta propiedades objetables o contaminantes en concentraciones fuera de los límites permisibles y que no proviene de aguas residuales tratadas.

La calidad del agua puede variar dependiendo de su origen, del tratamiento al que haya sido sometida y de las condiciones de distribución o almacenamiento. Estas variaciones pueden afectar su aptitud para el consumo humano y otros usos, por lo que es necesario contar con métodos confiables para evaluar sus características fisicoquímicas.

En este contexto, surge la necesidad de determinar si diferentes tipos de agua presentan condiciones adecuadas de calidad mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos obtenidos con un equipo multiparamétrico y compararlos con los criterios establecidos en la normatividad mexicana.

El Medidor HI9812-51 de Hanna Instruments es un equipo portátil y económico diseñado para medir pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura; utiliza la sonda multiparámetro HI 1285-5, la cual integra sensores de pH, conductividad (EC), sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura en un solo cuerpo de polipropileno relleno con gel. Se conecta mediante un conector DIN e incluye un amplificador interno que reduce el ruido eléctrico de bombas o motores.

Principio de funcionamiento por parámetro

- Medición de pH: Utiliza una membrana de vidrio que genera un potencial eléctrico dependiente de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El circuito amplificador interno procesa esta señal de alta impedancia para evitar interferencias.
- Medición de EC / TDS (Conductividad y Sólidos Disueltos): Emplea un sensor amperométrico con dos clavijas de acero inoxidable. Al aplicar un voltaje alterno, la corriente que pasa entre las clavijas varía de forma proporcional a la cantidad de sales presentes.
- Medición de Temperatura: Un termistor integrado capta los cambios térmicos de la muestra, permitiendo que el medidor aplique una compensación automática fija (del 2 %/°C) sobre las lecturas de CE y TDS.

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)
Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

PUMAGUA (el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua de la UNAM) extrae agua subterránea de tres pozos —uno de ellos ubicado en la Facultad de Química—, la desinfecta de forma automatizada con hipoclorito de sodio y la distribuye por gravedad a todo el campus de Ciudad Universitaria para consumo seguro.

Extracción y Desinfección

- Pozo Química: Extrae aproximadamente el 10% del total del agua que abastece a la universidad.
- Inyección de cloro: El agua extraída recibe un tratamiento automatizado con hipoclorito de sodio.
- Control de niveles: Se mantiene el cloro residual libre dentro de los límites de la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-2021).
- Almacenamiento: Tras la cloración, el agua pasa a tanques de regulación para distribuirse a los edificios y bebederos.

Monitoreo y Control de Calidad

- Sensores en red: Se mide de manera continua el cloro libre, la turbiedad, el pH, la temperatura y los sólidos disueltos totales.
- Análisis de laboratorio: El equipo de PUMAGUA revisa semanalmente muestras para descartar bacterias como coliformes totales y fecales, además de verificar nitratos y sulfatos.
- Puntos de consumo: El agua que llega a los dispensadores y bebederos es vigilada de forma rigurosa para garantizar que sea 100% potable y gratuita para la comunidad.

2. OBJETIVO

En función de 4 parámetros, temperatura, pH, conductividad electrolítica y sólidos totales disueltos, evaluar la calidad del agua en el punto de salida de la planta de tratamiento de agua para confirmar que existe un tratamiento adecuado, y en dispensadores ubicados en el Instituto, para asegurar que la red de distribución no altere la calidad del agua.

3. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO

- 1 Superficie de trabajo portátil (Mesa plegable o equivalente)
- 16 Envases de boca ancha de polietileno de alta densidad, con capacidad de 60 mL
- 1 Solución Hyclin 5% v/v en agua destilada
- **Medidor multiparamétrico Hanna HI-9812-51**
- 1 Piseta con agua desionizada
- 1 Paquete de servitoallas
- Soluciones de calibración de equipo multiparamétrico:
 - Solución de calibración de pH=4
Marca Meyer Lote: G0923767
 - Solución de calibración pH=7
Marca Meyer Lote: G0124014
 - Solución de calibración pH=10
Marca Meyer Lote: G0123010
 - Solución de calibración TDS=1382 ppm
Marca HANNA Instruments Lote: 0260

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

- Solución de calibración EC=1413 μ S/cm
Marca HANNA Instruments Lote: 8572
- Solución de KCl 3.5 M
- 1 Recipiente de boca ancha para residuos acuosos
- 3 Botellas de polietileno de alta densidad de 50 mL
- 6 Bolsas de plástico resellables
- 4 Recipientes de plástico de 4 L con tapa
- 16 Pipetas berales
- Marcador y cinta adhesiva

3.1. Equipo De Protección Personal

Tabla 2. Equipo y material de protección personal

Equipo/material	Cantidad	Observaciones
Bata de algodón larga y con mangas largas	1	Por cada analista
Guantes de nitrilo	6 pares	Dos pares por persona y 3 extras
Zapatos cerrados	1 par	No zapatos/tenis de tela
Ropa adecuada	1	Traer pantalón de mezclilla, evitar blusas cortas

Nota: Tener el cabello recogido

4. PROTOCOLO DE MUESTREO

4.1. Lavado especial para envases de boquilla ancha de polietileno de alta densidad (contenedores para las muestras)⁰

1. Preparar una solución desinfectante de Hyclin al 5 % v/v utilizando agua destilada.
2. Preparar un volumen suficiente de solución para permitir la inmersión completa de todos los envases de boquilla ancha de polietileno de alta densidad y sus respectivas tapas.
3. Verificar que todos los recipientes se encuentren libres de residuos sólidos visibles antes de la desinfección.
4. Sumergir completamente los envases y las tapas en la solución de Hyclin al 5 % v/v.
5. Mantener los recipientes en inmersión durante 24 horas para asegurar su adecuada desinfección.
6. Transcurrido el tiempo de inmersión, retirar los envases y las tapas de la solución desinfectante.
7. Colocar los recipientes sobre bandejas previamente desinfectadas con solución de Hyclin al 5 % v/v para evitar contaminación durante el proceso de enjuague.
8. Realizar un primer enjuague de cada envase y de cada tapa con agua destilada, asegurando la eliminación de los residuos de la solución desinfectante.
9. Realizar tres enjuagues consecutivos con agua desionizada para cada envase y su respectiva tapa, procurando que el agua entre en contacto con toda la superficie interna y externa del recipiente.

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

10. Colocar los envases y las tapas en un área limpia destinada al secado, evitando el contacto directo con superficies potencialmente contaminadas.
11. Cubrir los recipientes durante el secado con una bolsa de plástico limpia o con otro material protector que impida la deposición de polvo y otras partículas suspendidas en el ambiente.
12. Permitir que los envases y las tapas se sequen completamente al aire.
13. Una vez secos, almacenar cada recipiente y su tapa en bolsas plásticas resellables (tipo Ziploc®) limpias, manteniéndolos cerrados hasta el momento de su utilización para el muestreo.
14. Manipular los envases únicamente con guantes limpios o previamente desinfectados para evitar su contaminación antes del uso.

Nota: Se debe realizar el mismo procedimiento de lavado al finalizar el análisis y muestreo.

4.2. Muestreo de agua potable para consumo humano ¹⁵⁶⁷

Enjuagar tres envases de boquilla ancha de polietileno de alta densidad con el agua a analizar

1. Para obtener muestras a partir de un grifo de consumo:
 - 1.1. Obtener directamente de la salida de agua 3 muestras, una por cada envase.
Nota: El objetivo de analizar estas muestras es recolectar información sobre la calidad de agua como es consumida por usuarios. Para simular estas condiciones, se omite la limpieza del grifo, y se obtienen las muestras de primera extracción.
2. Para obtener muestras del efluente de la planta:
 - 2.1. Seleccionar un grifo o salida de agua conectado a la planta, con el menor trayecto por tubería posible.
 - 2.2. Desinfectar la salida de agua rociándola con solución *Hyclin* 5% v/v, y retirando con una servitoalla húmeda.
 - 2.3. Abrir la llave y permitir la salida de agua durante aproximadamente 3 minutos, o hasta garantizar que salga el agua contenida en la tubería.
 - 2.4. Obtener directamente de la salida de agua 3 muestras, una por cada envase
3. Para obtener muestras directamente en reservorio o cisterna:
 - 3.1. Tomar una botella de la base y sumergirla en el reservorio con la boca hacia abajo.
 - 3.2. Girar la botella hasta que la boca apunte ligeramente hacia arriba y dirigirla a la corriente (si hay) para permitir que se llene.
 - 3.3. Una vez llena, remover la botella del agua con la boca hacia arriba, evitando la presencia de burbujas de aire. Cerrar adecuadamente.
 - 3.4. Transferir la muestra a un envase de boquilla ancha de polietileno de alta densidad. Repetir el procedimiento un total de 3 veces.
4. Limpiar el espacio de trabajo con un trapo de tela húmedo con *Hyclin* al 5%
5. Mover el equipo multiparamétrico a la mesa de trabajo
6. Retirar el instrumento del embalaje y revisar atentamente para comprobar que no haya sufrido daños durante el transporte.
7. Retirar cuidadosamente la tapa protectora del electrodo antes de calibrar o realizar una medición (Si es necesario manipule las perillas de ajuste)
8. Girar las perillas/tornillos para que se pueda enjuagar con agua desionizada
9. Enjuagar el electrodo con agua desionizada para retirar la solución de almacenamiento y limpiar con una servitoalla

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

4.3. Conservación, manejo y transporte de las muestras ^{8 9}

10. Identificar inmediatamente cada envase con una etiqueta resistente al agua que contenga como mínimo Clave de la muestra. También se sugiere agregar:
 - Punto de muestreo.
 - Tipo de muestra.
 - Fecha.
 - Hora de recolección.
 - Nombre del analista.
47. Verificar que el recipiente permanezca perfectamente cerrado para evitar derrames o contaminación durante el transporte. Colocar inmediatamente las muestras dentro de recipientes térmicos limpios.
48. Mantener las muestras protegidas de la radiación solar directa durante todo el transporte.
49. Conservar las muestras a una temperatura aproximada de 4 ± 2 °C mediante el uso de hielo o paquetes refrigerantes, evitando el congelamiento.
50. Evitar la agitación excesiva de los recipientes durante el traslado.
51. Transportar las muestras al laboratorio en el menor tiempo posible.
52. Para los parámetros **temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales estimados**, realizar preferentemente las mediciones **in situ** inmediatamente después de la toma de muestra.
53. Cuando no sea posible realizar las mediciones en campo, efectuar el análisis en laboratorio dentro de las primeras **24 horas posteriores al muestreo**, manteniendo la cadena de conservación refrigerada.
54. Antes del análisis, permitir que la muestra alcance la temperatura requerida por el método cuando sea necesario.
55. Homogeneizar suavemente la muestra mediante inversión lenta del recipiente, evitando la formación de espuma.
56. No filtrar, acidificar ni adicionar conservadores químicos a las muestras destinadas exclusivamente a la determinación de temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales mediante equipo multiparamétrico.
57. Mantener los recipientes cerrados hasta el momento de efectuar cada medición para minimizar el intercambio con la atmósfera.
59. Registrar en la bitácora de campo:
 - Fecha y hora de muestreo.
 - Hora de inicio del análisis.
 - Temperatura de conservación.
 - Nombre del analista.

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

- Observaciones durante el transporte.

60. Desechar las muestras una vez concluidas todas las determinaciones siguiendo el procedimiento de manejo de residuos establecido por el laboratorio.

5. BRIGADA DE MUESTREO

5.1. Integrantes

La brigada de muestreo que asistirá al plantel se compone de 4 personas:

1 Responsable del proyecto de investigación

3 analistas, entre las cuales se designa una coordinadora del equipo de trabajo, y una encargada de calibración.

a. Responsable del proyecto de investigación:

Encargada de revisar y aprobar el protocolo de muestreo y análisis de agua potable, establecer comunicación con el ITMA y garantizar que se cuente con el permiso adecuado para llevar a cabo el muestreo.

b. Analistas:

Encargadas de obtener y analizar las muestras de agua potable en planta y grifo, ateniéndose a lo descrito en el protocolo de análisis y muestreo y a las indicaciones de la coordinadora y de la responsable del proyecto de investigación.

c. Coordinadora del equipo de trabajo:

Analista con mayor experiencia en la operación del equipo multiparamétrico. Además de desempeñar la función de analista, es la encargada de dirigir el proceso con base en el protocolo de análisis y muestreo, para garantizar la calidad de las mediciones y obtener resultados confiables.

d. Calibradora:

Analista designada a la calibración y verificación del equipo multiparamétrico en cada sitio de muestreo, siguiendo el procedimiento del protocolo de muestreo

En la siguiente tabla se establecen los nombres del personal designado para cada función

Tabla 2. Asignación de Roles y Responsabilidades de los integrantes

Integrante	Función	Firma
Dra. María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar	Responsable del proyecto de investigación	
Michelle García Gómez	Analista, Coordinadora del equipo de trabajo	

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

Frida Gabriela Arteaga Pereda	Analista, Encargada de calibración	
Maite Olivares Fernandez	Analista	

6. REFERENCIAS

1. Hanna Instruments Chile. (2024, 3 junio). *Sonda multiparamétrica de PH / CE / TDS - HI1285-51* | Hanna Instruments Chile. <https://hannachile.com/producto/sonda-multiparametrica-de-ph-ce-tds-hi1285-51>
2. 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/file/166767/NMX-AA-008-SCFI-2016.pdf>
3. 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.
4. Secretaría de Economía. (2016). *Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas 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/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>
5. 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.
6. Lipps, W. C., Braun-Howland, E. B., & Baxter, T. E. (2023). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. APHA Press.
7. *Guía para clientes. Muestreo de agua para análisis microbiológico*. (s.f.). PRIMUS LABORATORIOS DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.
8. 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/proy0909/proy-nmx-aa-003-2-scfi008.pdf>
9. 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>
10. Est. I.Q. 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
11. <https://labco.mx/producto/medidor-ph-ce-tds-hanna-hi9812-51/>
12. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/pumagua-garantiza-agua-potable-de-calidad-para-su-comunidad/
13. https://www.pumagua.unam.mx/calidad_agua_monitoreo.html

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

0. Nota: El presente procedimiento corresponde al acondicionamiento interno establecido por el Grupo de Investigación Formativa en Química Analítica Ambiental (GIFQAA) para minimizar el riesgo de contaminación de los recipientes de muestreo. Este procedimiento complementa las recomendaciones generales para el manejo y acondicionamiento de envases descritas en la NMX-AA-003/2-SCFI y la NMX-AA-003/3-SCFI, relativas a las técnicas de muestreo y a la preservación y manejo de muestras de agua.

7. AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS:

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

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
C. Osvaldo Ríos