

GUÍA PROTOCOLARIA PARA LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD AGUA

Febrero 2022



Shaping a more livable world.

TABLA DE CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN	2
1.1. OBJETIVO GENERAL:	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	2
2. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y BASE LEGAL	3
3. PROCESO MEDICIÓN	3
4. MUESTREO Y MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS EN AGUA.....	5
4.1. MEDICIÓN DEL CLORO RESIDUAL (TEST KIT DE CLORO)6	
4.2. MEDICIÓN DE PRESENCIA/ AUSENCIA DE BACTERIAS COLIFORMES	7
4.2.1. RECOPIACIÓN DE MUESTRAS.....	7
4.2.2. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA/AUSENCIA DE BACTERIAS COLIFORMES.....	8
4.3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	8
5. ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.....	9
6. BIBLIOGRAFÍA	10
7. ANEXOS	11
ANEXO 1. BOLETA DE CUSTODIA.....	11
ANEXO 2. BOLETA DE EXÁMENES CACTERIOLÓGICOS.....	11
ANEXO 3: EJEMPLO: PARA ELEMENTOS IDENTIFICADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.....	12
ANEXO 3: DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	13

1. PRESENTACIÓN

El presente documento es una guía interna del proyecto Nexos Locales para la vigilancia de la calidad del agua, en cumplimiento del Plan de Monitoreo de Gestión del desempeño, específicamente del Indicador 13: porcentaje de sistemas municipales de agua que proveen agua potable.

Brinda los pasos metodológicos, que deben seguir los responsables de realizar los muestreos calidad de agua en los sistemas urbanos de los municipios de cuatro departamentos ubicados en el Altiplano Occidental: Huehuetenango, El Quiché, San Marcos y Totonicapán, que son área de intervención del proyecto Nexos Locales. La guía establece los criterios básicos para el desarrollo del monitoreo de calidad del agua, considerando los parámetros y metodología de la toma de muestra, los sitios de muestreo, procedimientos de toma de muestras, preservación, conservación y medios de verificación para recolectar la información.

1.1. Objetivo General:

Contribuir a la mejora de la calidad del agua para consumo humano en municipios de cobertura de Nexos Locales.

1.2. Objetivos específicos:

- Establecer los procedimientos estandarizados a utilizar para una adecuada medición de la calidad del agua para consumo humano.
- Instruir al personal interno o externo del proyecto en la correcta aplicación de las técnicas de medición de la calidad de agua, uso de equipo, reactivos, almacenamiento y transporte.
- Indicar criterios técnicos normados en Guatemala para interpretar correctamente los datos de campo obtenidos que permitan elaborar las bases de datos adecuadas y el reporte final.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y BASE LEGAL

El presente instructivo aplica para «*Muestreo para la medición de calidad del agua para consumo humano*», provenientes de sistemas municipales de agua, de los servicios de abastecimiento de los cascos urbanos; como parte de la prestación de servicios públicos que ofrecen las municipalidades del área de influencia de los sistemas urbanos.

La base legal para la medición de los parámetros está basada en la *norma COGUANOR, Norma Técnica Guatemalteca -NTG- 29001. «Especificaciones de agua para consumo humano (agua potable)»*. La cual establece los valores de las características que definen los parámetros de calidad del agua apta para consumo humano. El agua potable es aquella que reúne, al menos dos estándares básicos de calidad especificados en la norma. El parámetro de cloro residual libre debe poseer una concentración de cloro en el rango aceptable de 0.5 a 1.0 mg/litro. En el análisis microbiológico, las bacterias coliformes totales y E.colí, no deben ser detectables en 100 ml. de agua (MSPAS, 2013).

3. PROCESO MEDICIÓN

El proceso de medición es un conjunto de actividades realizadas de forma continua y sistemática, para medir el comportamiento de la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento urbano. Se realiza anualmente durante dos períodos climáticos (verano - invierno) en los meses de marzo y septiembre, para ello se toman muestras de agua de manera puntual y representativa con procedimientos estandarizados que permita medir los parámetros (cloro residual, coliformes y E.colí) que representan la calidad de agua en puntos específicos para el muestreo

Deberá entenderse, que el resultado de una muestra puntual refleja únicamente, las condiciones específicas del sistema de abastecimiento en el lugar y tiempo en que se tomó la muestra. Para este proceso se establecieron los parámetros de medición, metodología de análisis, frecuencia, ubicación o sitio idóneo de toma de muestra y número de muestras por sitio; tomando como base la normatividad vigente para agua potable en la República de Guatemala y los procedimientos internos del proyecto Nexos Locales.

3.1. Parámetros de medición de calidad de agua

Se establecen para la medición, los parámetros con base en la norma COGUANOR NTG 29001. El parámetro de «cloro residual libre» debe poseer una concentración de cloro en

el rango aceptable entre 0.5 y 1.0 mg/litro y en el «análisis microbiológico», las bacterias coliformes totales y E. colí, no deben ser detectables en 100 ml. de agua. Estos parámetros por su naturaleza cambiante son tomados y medidos *in situ*, estos datos tomados deberán anotarse en las boletas de custodia y boletas de exámenes microbiológicos (anexo 1 y 2, respectivamente).

3.2. Ubicación y criterios para definir los puntos de medición

Las ubicaciones de los puntos de muestreo deberán cumplir los siguientes criterios:

Identificación: el punto de muestreo debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su ubicación exacta. Los puntos deberán presentarse en sistemas de coordenadas GTM.

Accesibilidad: las características del punto deben permitir un rápido y seguro acceso para tomar la muestra, no debe implicar riesgo para el que realiza el muestreo.

Seguridad: un aspecto para tener en cuenta, dentro de la ubicación de los sitios de medición, es el nivel de seguridad con el que contará el personal encargado de la toma de muestra. Se deben incluir medidas de seguridad para lograr el acceso a un punto de monitoreo según el caso lo requiera.

Preparación de condiciones previas a la etapa de campo:

- ✓ Preparación previa de todos los requerimientos técnicos de equipo, logística requerida y cronograma de visitas.
- ✓ Disponer de las bases de datos con nombres y números telefónicos de contactos de las dependencias municipales de agua –DMA- asegurando el acompañamiento del fontanero municipal.
- ✓ Disponer de las bases de datos de los puntos de posicionamiento global (GPS) del muestreo realizado en el periodo anterior a partir de septiembre de 2,015, para realizar la medición en los mismos puntos. El personal técnico deberá preparar el equipo y materiales con anticipación, realizando a su vez las gestiones necesarias para anunciar su llegada a cada una de las DMA, para asegurar el acompañamiento del fontanero.
- ✓ Disponer de una lista de comprobación de materiales como:
 - Documentación de campo: protocolo de muestreo, manuales de uso y calibración de los equipos de campo, normas de seguridad e higiene, libreta y hojas de campo (formatos para muestreo, listado de contactos, etc.).

- Caja conservadora de calor (hielera y gel), para el transporte de la muestra al incubador, se colocan los geles refrigerantes que permitirán mantener la temperatura a 4°C, para preservar íntegra la muestra.
- Frascos estériles de color transparente, con tapa rosca, con capacidad de 100 ml.
- Etiqueta y lapicero indeleble, para anotar los datos de identificación de la muestra.
- Incubadora de microbiología: ambiente donde se procesan las muestras de agua, para los análisis correspondientes, aplicando el método para la determinación del número más probable de coliformes (NMP/100 ml).
- Material de seguridad e higiene (guantes, gafas, etc.), en caso requerido.
- GPS-Geoposicionador.
- Material auxiliar (rollos de papel, cinta adhesiva, cuerdas, bolsas de plástico, cámara, etc.).

4. MUESTREO Y MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS EN AGUA

Dicho trabajo de campo incluirá las siguientes acciones:

- ✓ Asignar un código correlativo al punto de muestreo (en boleta de custodia física, dicho formato es proporcionado por el programa de Monitoreo y Evaluación del proyecto).
- ✓ Tomar la muestra de agua con los recipientes establecidos para el muestreo (para cloro residual y coliformes), utilizando las normas del manejo de muestras de agua con la esterilización requerida.
- ✓ Registrar la ubicación geográfica del punto de muestreo mediante sistema de posicionamiento global. Las coordenadas deberán ser GTM de acuerdo con el sistema definido para Guatemala (GTM). (Deberán coincidir las coordenadas con el punto donde se tomó las muestras anteriormente).
- ✓ Documentar con fotografías el punto de muestreo.

- ✓ Entrega de las muestras (frascos de 100 ml.), realizadas en campo a Monitoreo y Evaluación.

4.1. Medición del cloro residual (Test kit de cloro)

Para medir el nivel de cloro residual, se deberán hacer tres muestreos.

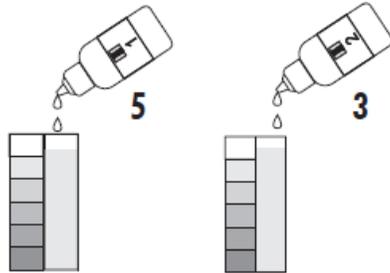
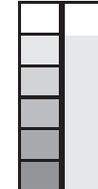
- La primera muestra se deberá tomar en el tanque principal de distribución municipal, idealmente en el chorro de salida del tanque, si no existiera, dentro del tanque de distribución principal, a una profundidad entre 30 y 60 centímetros medidos a partir de la superficie del agua;
- La segunda muestra de agua se podrá realizar en un chorro ubicado en la municipalidad o en un punto intermedio del sistema; y,
- La tercera muestra en el chorro más alejado de la red de distribución de agua potable (ver figura No.1).

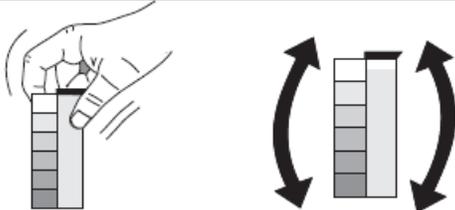


Figura No. 1. Puntos de muestreo.
Fuente: (Nexos Locales. USAID, 2016)

Para medir este indicador, Nexos Locales mediante la practica en campo utiliza el *Test Kit* de Cloro que determina la concentración de cloro libre en el agua utilizando un recipiente plástico para comparar el color que adquiere la muestra tomada de agua. La reacción química que se produce al añadir cloro al agua produce ácido clorhídrico e hipocloroso. El ácido hipocloroso actúa como agente desinfectante y decolorador. Esto es conocido como cloro libre, que se mide con el método de fotocolorimetría.

Lea todas las instrucciones antes de usar el *kit* de prueba:

 <p>Paso 1. Agregue 5 gotas de <i>Reactivo 1</i> (color azul) y 3 gotas de <i>Reactivo 2</i> (color amarillo) al recipiente para el color y</p>	 <p>5 mL</p> <p>Paso 2. Llene el recipiente para comparar el color con la muestra de agua hasta la marca de los 5 ml.</p>
---	---

mezcle agitando cuidadosamente el cubo en círculos estrechos.	
 <p>Paso 3. Cierre la tapa y mézclelo cuidadosamente, moviendo el recipiente en pequeños círculos, e inviértalo de vez en cuando.</p>	 <p>Paso 4. Determine a qué color de la banda se ajusta la solución del recipiente y registre el resultado en mg/L (ppm) de cloro libre.</p>

Fuente: (Hanna Instruments, sf)

4.2. Medición de presencia/ ausencia de bacterias coliformes

La metodología utilizada para determinar la presencia de bacterias coliformes totales y E. colí en el agua, se basa en la técnica de sustrato definido, en la cual las bacterias coliformes metabolizan los nutrientes del sustrato definido y la muestra toma una coloración amarilla, la muestra puede detectar simultáneamente estas bacterias a una concentración de 1 ufc/100 ml dentro de las 24 horas, hasta en presencia de 2 millones de bacterias heterotróficas por cada 100 ml de agua.

4.2.1. Recopilación de muestras

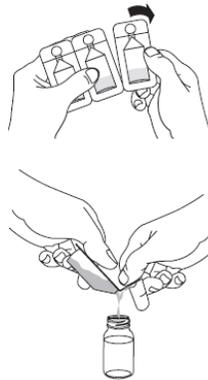
- ✓ Realizar el protocolo de seguridad e higiene que incluye la colocación de guantes y mascarilla.
- ✓ Identificar mediante etiquetado, los envases de la muestra (debe corresponder con el código correlativo establecido). Todas las muestras deberán ser etiquetadas para evitar confusiones o errores de identificación.
- ✓ Los datos que deberá incluir son: número de muestra, nombre de quien ha realizado la toma, fecha y hora de toma, e identificación del punto de muestreo (con rotulador de tinta indeleble).
- ✓ Evitar el contacto de manos y de los frascos estériles con la ropa, herramientas, materiales, equipo, objetos o cualquier superficie que no sea el cuerpo de agua.
- ✓ Tomar la muestra de agua a una profundidad de 30 a 60 centímetros de profundidad dentro del tanque de almacenamiento o distribución a una distancia no menor de 1.00 metro de la salida, chorro o caída del cloro disuelto después del clorador al tanque.

- ✓ Al momento de la toma, deberá resguardar la muestra de coliformes, introducirla y transportarla (adecuadamente), a su destino de incubación (de acuerdo con las indicaciones metodológicas que brindará el especialista del resultado).

4.2.2. Procedimiento para la determinación de presencia/ausencia de bacterias coliformes

El procedimiento siguiente debe de realizarse cercano al área de incubación en un máximo de 24 horas después de tomada la muestra, siempre y cuando esta, se encuentre en un óptimo estado de refrigeración, de asepsia y esterilización.

- ✓ Añadir el contenido de una dosis a una muestra de 100 ml en un recipiente estéril transparente, no fluorescente.



- ✓ Tapar y agitar el recipiente.
- ✓ Introducir la muestra a la incubadora en un lapso máximo de tiempo de 5 minutos después de haber aplicado el reactivo y agitado el recipiente.
- ✓ Incubar a $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- ✓ Los resultados se deben leer a las 24 horas de incubación.
- ✓ Leer los resultados de acuerdo con la **interpretación de resultados**: amarillo: positivo para coliformes totales. Amarillo y fluorescencia positivo para E. colí (Patente n° idexx.com/papents, 2015).

4.3. Procesamiento y análisis de la información

Involucra el procesamiento y manipulación de los datos recabados del/los consultores o los equipos de medición; se analizan los resultados de acuerdo con las indicaciones metodológicas según los parámetros establecidos en la boleta de custodia para el «Análisis de cloro libre» y «Análisis de presencia/ausencia de coliformes».

La información generada se envía al especialista del programa de Monitoreo y Evaluación, con copia al especialista de Agua para proceder a la revisión. Estos datos de monitoreo son comparados semestralmente en bases de datos y archivos electrónicos.

5. ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

El aseguramiento y control de calidad son parte esencial de todo sistema de monitoreo, comprende un programa de actividades (inducción al personal técnico, calibración de equipos y registro de datos), que garantizan que la medición cumple normas definidas y apropiadas de calidad con un determinado nivel de confianza, o puede verse como una cadena de actividades diseñadas para obtener datos fiables y precisos. Las funciones de control de calidad influyen directamente en las actividades relacionadas con la medición en campo, calibración de los equipos de campo, registro de datos y capacitación. Para garantizar el éxito de los monitoreos, es necesario que cada componente del esquema del aseguramiento y control de calidad se implemente de manera adecuada, para lo cual debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- ✓ Asegurarse que los frascos de muestreos cumplan con los requisitos técnicos establecidos en el presente protocolo.
- ✓ Enviar toda la documentación de las muestras (formatos, cadena de custodia, etiqueta, oficios, etc.), asegurando que los datos de campo no varíen en su descripción.
- ✓ Es esencial que el personal de campo esté debidamente capacitado para aplicar las metodologías estandarizadas y aprobadas en el presente protocolo y en el uso de los equipos de monitoreo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bernheim, G. (Enero, 2013). *Gender Theory*.

Congreso de la República. (Decreto número 12-2002). *Código municipal*. Guatemala: Autor.

Hanna Instruments. (sf). *Manual de instrucciones: HI 3831F test kit de cloro libre*. Autor.

IDEXX Laboratories, I. (2015). *EEUU Patente n° idexx.com/papents*.

MSPAS. (2013). Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Acuerdo ministerial no.523-2013. (pág. 7)*. Guatemala: Autor.

Nexos Locales. USAID. (2016). *Manual de gestión de sistemas de agua a nivel urbano y comunitario*. Guatemala: Autor.

Momento de la medición:	Año	Marzo	Septiembre
Fecha:			
Responsable (nombre/cargo/firma):			
Municipio:	Departamento:		



No.	Punto de muestreo	Código	Coordenadas			Hora	Tipo de muestra		Datos Cloro Residual (PPM)			Observaciones
			x	y	z		BAC	CR	<0.5	0.5-1.00	> 1.00	
1												
2												
3												
4												
5												

Croquis	
Persona que acompañó: Nombre: _____ Cargo: _____ Firma _____	Referencias TD (Tanque de Distribución) Viv (Vivienda) Mu (Municipalidad)

Anexo 3: Ejemplo: para elementos identificados en el municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Municipio: San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Código	Nombre del Elemento	Longitud (X)	Latitud (Y)	Altura (Z)
SRPC-TC-01	Tanque de Captación, <sector>			
SRPC-SC-01	Sistema de Cloración, <sector1>			
SRPC-SC-02	Sistema de Cloración, <sector2>			

Nota: Al final, se constituirán 7 capas GIS con los resultados del diagnóstico: microcuencas, tanques de captación, tanques de distribución, sistemas de cloración, plantas de tratamiento, puntos de encuesta, ubicación de las fuentes de agua.

Anexo 3: Definiciones de términos básicos.

Cloro residual: cantidad de cloro que permanece en el agua durante un tiempo y mantiene su efecto de desinfección, se puede medir con un instrumento llamado comparímetro.

Contaminación de muestra: es la alteración involuntaria de la muestra, causada por agentes físicos, químicos o biológicos, que la invalidan para los fines analíticos y de medición que se recolecta.

Contaminación: es la presencia en el ambiente de una o más sustancias que perjudiquen o resulten nocivos a la vida y el bienestar humano, la flora, la fauna o que degrade la calidad del ambiente causando cambios indeseables en el ecosistema.

Cuerpo receptor: es el recurso que recibe o al que se arrojan directa o indirectamente los residuos de cualquier actividad humana. Es decir, son los lagos, ríos, acequias, pozos, suelos, aire, etc.

Estación de muestreo: es un lugar específico cerca de o en un cuerpo receptor agua, en la cual se recoge la muestra. Su ubicación es fundamental para el éxito del programa de muestreo.

Estándar de calidad: es el que reúne los requisitos mínimos en busca de la excelencia dentro de una organización institucional.

Límite máximo permisible: nivel de concentración o cantidad de uno o más contaminantes, por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas, que es fijado por la autoridad competente y es legalmente exigible.

Monitoreo: es la determinación continua o periódica de la cantidad de contaminantes, físicos, químicos, biológicos o su combinación en un recurso hídrico.

Muestra simple: son aquellas tomadas en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual.

Muestra: es una o más porciones de un volumen de agua, colectadas en cuerpos receptores, descargas, efluentes o vertimientos industriales, redes de abastecimiento público, etc. Con el fin de determinar sus características físicas, químicas, físico químicas o biológicas.



Muestreo: es el proceso de tomar una porción representativa de agua, que permita medir los parámetros que representan la calidad de un cuerpo de agua.

Parámetros: son aquellas características físicas, químicas y biológicas, de calidad del agua, que puede someterse a medición.

SHAPING A MORE LIVABLE WORLD.

