



INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO

Interpretación de resultados del análisis de la calidad del agua de consumo y elaboración de informes al respecto





El Objetivo 6 de la Agenda de Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) busca “garantizar la disponibilidad de agua y saneamiento y su gestión sostenible para todos” e incluye, entre sus metas, el acceso universal al agua potable (Meta 6.1). Si bien se ha progresado, el mundo no está encaminado a alcanzar la Meta 6.1 y, según el informe del Programa Conjunto OMS/ UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento del Agua (PCM, 2021), alcanzar dicha meta solo sería posible si se cuadruplica el ritmo de progreso relativo a los servicios de agua potable gestionados de manera segura.

Monitorear la calidad del agua de consumo es una tarea importante para garantizar la disponibilidad de agua potable. El Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST) ha preparado información y recursos básicos sobre ocho temas clave asociados al agua potable y destinados a profesionales del agua, el saneamiento y la higiene (WASH) en países en desarrollo donde el acceso a los recursos es limitado:

- Inspecciones sanitarias
- Aspectos de la calidad del agua de consumo
- Muestreo de agua
- Análisis de aspectos microbiológicos del agua de consumo
- Control de calidad en el análisis de calidad del agua de consumo
- Análisis de aspectos relativos a la aceptabilidad del agua de consumo
- Análisis de aspectos químicos del agua de consumo
- Interpretación de resultados del análisis de la calidad del agua de consumo y elaboración de informes al respecto

RECURSOS EDUCATIVOS Y DE CAPACITACIÓN

Este documento forma parte de un conjunto de recursos para aprender y capacitar sobre nociones básicas del análisis de calidad del agua de consumo. Para acceder a otros recursos de CAWST sobre agua, saneamiento e higiene, visite la página <https://washresources.cawst.org/es>.

RESUMEN TÉCNICO: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO Y ELABORACIÓN DE INFORMES AL RESPECTO

1	Introducción	3
2	Pasos para interpretar datos	3
2.1	Recolectar datos para el análisis	4
2.2	Verificar la calidad de los datos	4
2.3	Elegir un método adecuado de análisis	5
2.3.1	Análisis comparativo	5
2.3.2	Análisis de correlación y de tendencia	5
2.3.3	Análisis estadístico	7
2.4	Interpretar datos en relación con los objetivos	7
2.4.1	Cálculo de la eficacia de eliminación	8
2.5	Elaborar informes con los resultados	8
3	Interpretación de informes de laboratorio	8
4	Puntos clave	10
5	Glosario	11
6	Recursos adicionales	12
7	Bibliografía	12
8	Apéndice: Ejemplo de formularios de registro de datos	13

1 INTRODUCCIÓN

La interpretación de datos le permite aprender de los resultados de los análisis de calidad del agua, le sirve para mejorar el programa de muestreo y es el verdadero motivo por el cual se recolectaron los datos en primer lugar. Será necesario analizar con atención los resultados e intentar entenderlos para elaborar las conclusiones y recomendaciones finales. Más allá de un informe sobre el análisis de determinados contaminantes, la mayoría de los laboratorios comerciales o kits portátiles de análisis no brindan muchas explicaciones de los resultados. La información que aporta este resumen le ayudará a comprender e interpretar los resultados del análisis de la calidad del agua.

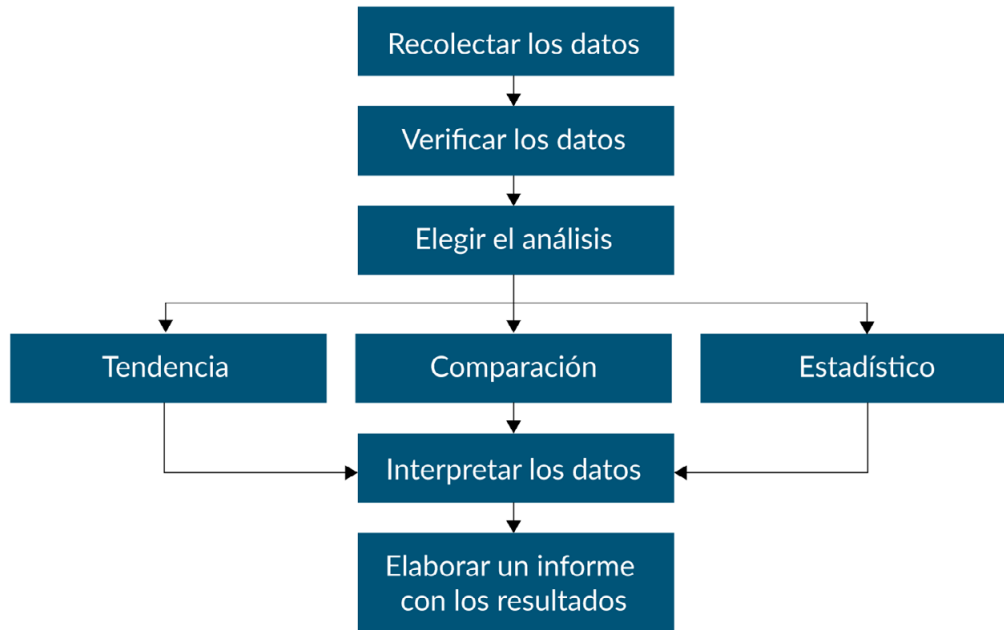
Si bien se ha separado el análisis de los aspectos químicos, microbiológicos y relativos a la aceptabilidad, resulta útil comparar los resultados para determinar correlaciones.

Hay tres enfoques principales para interpretar los resultados del análisis de calidad del agua, que se abordan en las siguientes secciones:

1. Se comparan los resultados con los estándares nacionales de calidad del agua o con los valores de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
2. Se analizan los resultados para ver cómo cambian a lo largo del tiempo o en función de la ubicación, para analizar tendencias o correlaciones.
3. Se realizan análisis estadísticos con fines académicos y de investigación científica.

2 PASOS PARA INTERPRETAR DATOS

1. **Recolectar** los datos para el análisis. Volcar los datos (resultados del análisis) de los formularios de registro de datos en la tabla, hoja de cálculo o base de datos que corresponda.
2. **Verificar** la calidad de los datos. Abordar cualquier resultado atípico que haya. Por ejemplo, si la cantidad de *E. coli* es mayor en el agua tratada que en la fuente, sería recomendable volver a tomar las muestras.
3. **Elegir** un método adecuado de análisis. Los métodos de análisis de datos se deberían elegir por anticipado y debería haber suficientes datos para analizar. La determinación del tamaño de la muestra es un tema por fuera del alcance de este resumen. Véase OMS (2012) y UNICEF (2008) para más información sobre diseño de encuestas de evaluación.
4. **Interpretar** los resultados para que sean significativos para los objetivos del proyecto y la situación del contexto local. Al dar resultados, tener en cuenta el control de la calidad y la confiabilidad del proceso de análisis.
5. **Elaborar** un informe con los resultados. Los resultados se deberían registrar en un formato sencillo y fácil de leer (p. ej., tablas, gráficos), acorde a los destinatarios. Se debe extraer conclusiones y dar recomendaciones.



2.1 RECOLECTAR LOS DATOS PARA EL ANÁLISIS

Se deberían utilizar formularios de registro de datos para documentar las muestras de agua y los resultados del análisis. Encuentre ejemplos en el “Apéndice: Ejemplo de formularios de registro de datos”. Estos formularios se pueden adaptar a las necesidades específicas del proyecto.

Se podrían usar muchos tipos de formularios, en función de cuántas muestras se tomen y la cantidad de análisis que se realicen. Por eso, es esencial elegir los formularios adecuados para el ingreso de datos.

Es importante juntar todos los formularios de registro de datos cada día durante la etapa de muestreo y análisis del agua. Así se garantiza que los formularios no se traspapelen ni se pierdan y que los datos se carguen en una tabla, hoja de cálculo o base de datos lo antes posible.

2.2 VERIFICAR LA CALIDAD DE LOS DATOS

Es necesario revisar minuciosamente los formularios de registro de datos para asegurarse de que toda la información se haya registrado de forma clara, correcta y completa. Si hay datos que faltan o están incompletos, se deben tomar medidas para recabar la información necesaria o volver a tomar las muestras.

Los errores más comunes que se cometen al registrar los datos son:

- Usar unidades equivocadas (p. ej.: ppm en lugar de ppb).
- Que la letra no se entienda.
- Datos faltantes o incompletos.
- Poner el separador decimal en el lugar equivocado.
- Registrar datos de la muestra equivocada.
- Registrar los resultados en el lugar equivocado.

Si faltan datos o son incorrectos, o si hay algún dato extraño, se debería tomar otra muestra y se debería repetir el análisis para tener información correcta y completa. Si continúa habiendo resultados inusuales, entonces podría haber problemas con la calibración de los equipos, las tiras reactivas o los medios de cultivo podrían estar vencidos o podría haber contaminación secundaria. Consulte el resumen técnico “Control de calidad en el análisis de calidad del agua de consumo” de CAWST, en el que se explica cómo reducir dichos errores.

2.3 ELEGIR UN MÉTODO ADECUADO DE ANÁLISIS

Hay tres enfoques principales para analizar los resultados de los análisis de calidad del agua:

1. Análisis comparativo
2. Análisis de correlación y de tendencia
3. Análisis estadístico

2.3.1 Análisis comparativo

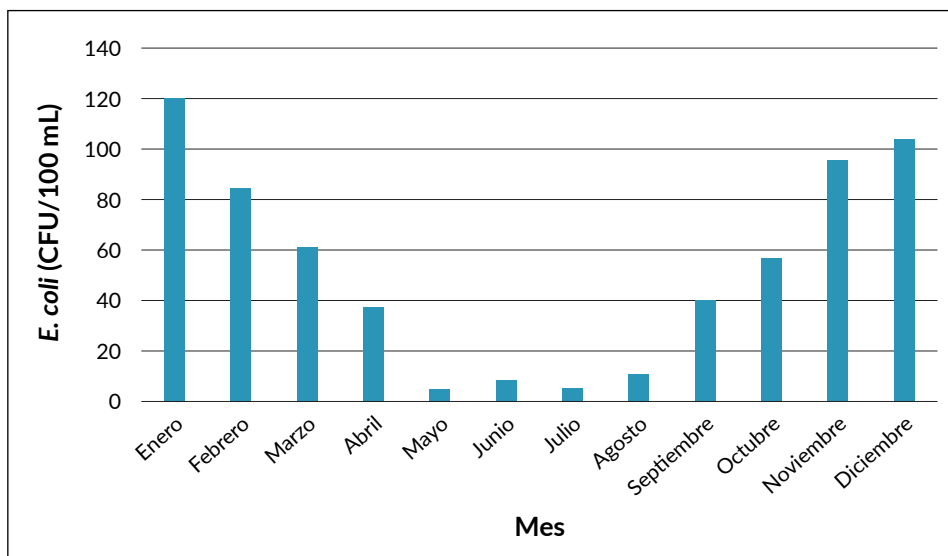
El análisis comparativo se suele realizar para comparar la situación actual con los estándares nacionales o los valores de referencia de la OMS. Este tipo de análisis se puede utilizar para comparar la calidad del agua o la eficacia del tratamiento del agua en distintas ubicaciones o grupos de usuarios, como hogares de ingresos altos, medios y bajos.

2.3.2 Análisis de correlación y de tendencia

El análisis de tendencia muestra el cambio de un parámetro físico, químico o microbiológico a lo largo del tiempo o según la ubicación. Los gráficos son una herramienta excelente para exhibir los datos y son muy útiles para analizar tendencias y correlaciones. Hay muchos tipos de gráficos, y lo alentamos a que busque distintas formas de visualizar los datos.

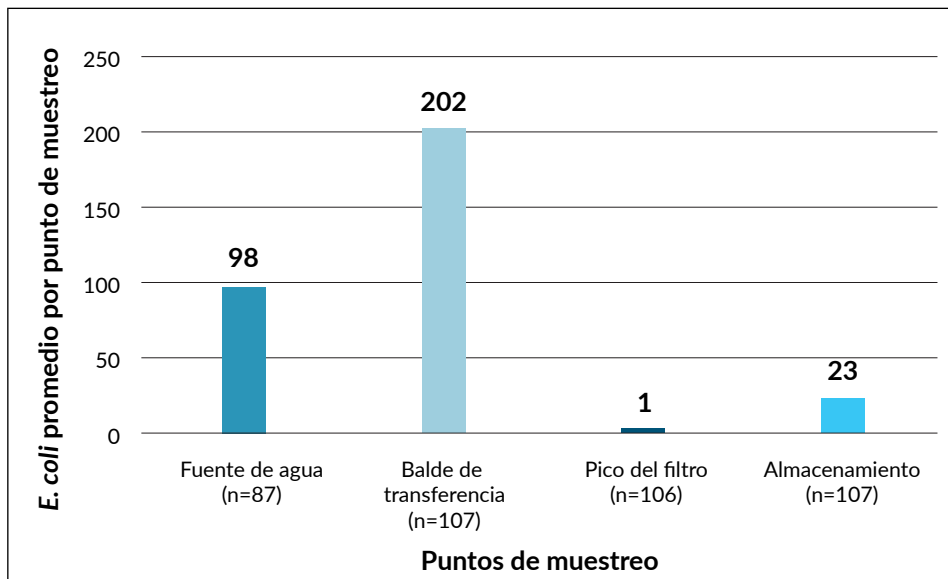
Los gráficos temporales pueden ilustrar cambios en la calidad del agua a lo largo de un período (p. ej.: horas, días, meses o años). Por ejemplo, el siguiente gráfico de barras muestra que los niveles promedio de *E. coli* de una fuente particular de agua se redujeron de forma gradual hasta mayo y luego empezaron a incrementarse a partir de agosto, lo cual es indicio de cambios estacionales (seco/húmedo) que afectan los niveles de contaminación.

Contaminación microbiológica del pozo abierto N°3



Se puede usar un gráfico espacial para mostrar la variación de la calidad del agua según el punto de muestreo. Este gráfico de barras muestra que el agua de la fuente y del balde de transporte tienen *E. coli*, pero en el agua del balde los niveles son más altos, probablemente a causa de la contaminación secundaria. El agua filtrada es de buena calidad; sin embargo, los resultados muestran que hay un problema de recontaminación del agua almacenada.

Contaminación microbiológica del agua de consumo



2.3.3 Análisis estadístico

Se realizan análisis estadísticos con fines académicos y de investigación científica. Hay programas de computación que pueden procesar los datos numéricos y realizar análisis estadísticos. Los programas de hojas de cálculo, como Microsoft Excel, también tienen una gran capacidad gráfica y estadística.

Los cálculos estadísticos del tamaño de la muestra para realizar una investigación más rigurosa o para fines académicos están por fuera del alcance de este resumen.

2.4 INTERPRETAR LOS DATOS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS

Al interpretar los resultados, es necesario tener en cuenta los objetivos del proyecto en su totalidad y del programa de análisis de calidad del agua. Objetivos diferentes pueden dar como resultado una interpretación distinta de los mismos datos. A continuación, se brinda una lista de ejemplos de objetivos del análisis de la calidad del agua:

- Identificar una fuente adecuada de agua de consumo.
- Identificar la fuente de un brote epidémico de una enfermedad relacionada con el agua.
- Investigar los cambios estacionales de la calidad del agua de consumo.
- Incrementar la concientización de los usuarios sobre asuntos relativos a la calidad del agua.
- Evaluar la eficacia que tiene el tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro (TANDAS) para reducir la turbidez y los patógenos.
- Evaluar los niveles de arsénico y fluoruro en el agua de consumo.
- Detectar y resolver problemas como parte de un programa de monitoreo continuo.
- Monitorear el cumplimiento de estándares o guías.
- Evaluar la eficacia de un proyecto de agua segura.

Los implementadores de proyecto con frecuencia realizan análisis de la calidad del agua para crear conciencia en la comunidad sobre la diferencia entre agua contaminada y tratada. (P. ej., usando una prueba simple de presencia-ausencia para indicar que hay contaminación microbiológica). En esas situaciones, los resultados se podrían mostrar de inmediato a la comunidad sin interpretar por completo los datos en su totalidad. Esa situación a veces puede salir mal si el análisis da un resultado inesperado frente a la comunidad y no se puede explicar el resultado o realizar un control de calidad para verificar el análisis realizado. Fácilmente, eso puede dar una impresión negativa sobre la implementación del proyecto y se debería evitar si es posible. Si es necesario dar resultados preliminares, es importante recalcar que el análisis está incompleto y que los resultados definitivos estarán disponibles después de que se hayan interpretado los resultados.

2.4.1 Cálculo de la eficacia de eliminación

La eficacia de eliminación, también llamada “eficacia de tratamiento”, mide cuán capaz de tratar el agua es una tecnología de tratamiento del agua a nivel domiciliario (TAND). Se puede expresar como el porcentaje de un contaminante específico que se elimina del agua, por ejemplo: “98,5% de las bacterias”.

Cómo calcular el porcentaje de eficacia de eliminación del tratamiento del agua

$$\frac{\text{Conteo de colonias de } E. coli \text{ del agua de origen} - \text{Conteo de colonias de } E. coli \text{ del agua tratada} \times 100}{\text{Conteo de colonias de } E. coli \text{ del agua de origen}} = \% \text{ eficacia de eliminación}$$

Se puede aplicar la misma fórmula para calcular la eficacia del tratamiento de parámetros químicos (p. ej., arsénico, fluoruro) o relativos a la turbidez del agua de consumo.

2.5 ELABORAR UN INFORME CON LOS RESULTADOS

El objetivo principal de un informe es compartir los resultados, las conclusiones y las recomendaciones con un público. El formato en que se presenta la información debería estar bien organizado y ser fácil de leer. Es especialmente importante incluir gráficos y tablas para hacer que el informe sea más fácil de comprender.

Los informes se deberían elaborar lo antes posible para que se tomen acciones correctivas para garantizar agua potable. Es importante compartir los resultados con los usuarios o la comunidad para que tengan conciencia de la calidad del agua que consumen y comprendan las acciones correctivas que es necesario tomar. Elaborar informes con los resultados sirve como retroalimentación para mejorar la manera en que se implementa el proyecto y para influenciar a los entes reguladores para que mejoren el suministro de agua en un nivel más alto.



Dado que la calidad del agua es un tema delicado, dar los resultados de los análisis sin interpretaciones ni recomendaciones podría llevar a malentendidos y a que se tomen acciones inadecuadas (en especial si el informe se difunde por fuera de la organización). El análisis de la calidad del agua puede ser una gran herramienta de creación de conciencia y movilización, siempre y cuando los resultados se interpreten y se presenten adecuadamente.

3

INTERPRETACIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO

Si se envían las muestras a analizar a un laboratorio comercial, ellos enviarán un informe con los resultados. La mayoría de los laboratorios dan pocas explicaciones adicionales de los resultados del análisis más allá de las unidades usadas o de una eventual nota al pie en caso de que se haya identificado un problema.

Un informe de laboratorio en general tiene una tabla de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que fueron analizados y la concentración medida de cada uno. Si surge cualquier tipo de problema para entender la forma en la que está plasmada la información en el informe, se debería contactar al laboratorio directamente para recibir una explicación.

En el informe de laboratorio que se incluye como ejemplo a continuación, se comparan los resultados de la muestra con los estándares de Zambia. También se proponen recomendaciones breves.



Ejemplo de un informe de laboratorio sobre la calidad del agua

Descripción de la muestra: pozo perforado con bomba manual

Fecha de muestreo: 16/01/2019

Ubicación: Kawama Ndola

Fecha del análisis: 16/01/2019 - 17/01/2019

Parámetro	Unidades	Resultados	Estándar de Zambia
<i>E. coli</i> (coliformes fecales)	UFC/100 mL	No detectado	0
Coliformes totales	UFC/100 mL	No detectado	20
Conductividad (CE)	μS/cm	238	1500
Sólidos disueltos totales	mg/L	159,46	1000
Turbidez	UNT	41*	5
pH	-	6,54	6,5-8,0
Dureza de calcio (CaCO ₃)	mg/L	65	500
Cloruro	mg/L	No detectado	250
Cloro (libre)	mg/L	0,006**	0,2-0,5
Magnesio	mg/L	No detectado	150
Cobre	mg/L	No detectado	1,0
Fluoruro	mg/L	0,41	1,5
Hierro	mg/L	1,95*	0,3
Manganeso	mg/L	0,009	0,1
Nitrato	mg/L	0,011	10
Nitrito	mg/L	No detectado	1,0
Sulfato	mg/L	No detectado	400
Zinc	mg/L	No detectado	3

*)= Por encima del límite recomendado. (**)= Por debajo del límite recomendado

Notas: El resultado de la calidad del agua dio negativo para la bacteria *E. coli* y para los coliformes totales. Todos los demás parámetros analizados se ajustan al estándar de Zambia, a excepción de la turbidez, el cloro libre y el hierro.

Recomendaciones: Realizar un monitoreo periódico de la calidad del agua.

Elijah Mutafya
Gerente adjunto

CC: Gerente de programas de AFMAC

Fecha: 17/01/2019

4

PUNTOS CLAVE

- Hay tres enfoques principales para interpretar los resultados de los análisis de calidad del agua:
 1. Análisis comparativo. Los resultados de la medición de los parámetros químicos, microbiológicos y relativos a la aceptabilidad se comparan con los estándares nacionales para la calidad del agua o con las guías de la OMS para la calidad del agua de consumo.
 2. Análisis de tendencia Se analizan los resultados para ver cómo cambian a lo largo del tiempo o en función de la ubicación, para analizar tendencias o correlaciones.
 3. Se realizan análisis estadísticos con fines académicos y de investigación científica.
- Estos son los pasos generales para interpretar los datos:
 1. Recolectar los datos para el análisis
 2. Verificar la calidad de los datos
 3. Elegir un método adecuado de análisis
 4. Interpretar los datos en relación con los objetivos
 5. Elaborar un informe con los resultados
- El objetivo principal de un informe es compartir los resultados, las conclusiones y las recomendaciones. Se debería organizar la información con un formato acorde al público destinatario del informe.
- La mayoría de los laboratorios comerciales dan pocas explicaciones de los resultados del análisis más allá de las unidades usadas o de una eventual nota al pie en caso de que se haya identificado un problema.
- Un informe de laboratorio en general tiene una tabla de parámetros que fueron analizados en la muestra y la concentración medida de cada uno. Si los resultados no son claros, se debería contactar al laboratorio directamente.

5 GLOSARIO

Bacterias	Organismos unicelulares, que en general tienen un tamaño de unos pocos micrómetros (μm). Pueden vivir en el agua, en el suelo, en los animales y en las plantas. En general, las bacterias no se pueden percibir a simple vista.
Bacterias fecales	Bacterias que están presentes en las heces de los seres humanos o animales de sangre caliente. Su presencia indica la contaminación fecal del agua y la posible presencia de patógenos.
Calidad del agua de consumo	Los parámetros químicos, físicos y microbiológicos del agua.
Coliforme	Grupo de bacterias generalmente inofensivas que podrían provenir de la materia fecal o del medioambiente.
Colonia (de bacterias)	Grupo de bacterias que prolifera en la superficie de un medio de cultivo. Una colonia comienza a reproducirse a partir de una sola bacteria y se muestra como un punto en el medio de cultivo.
Concentración	Proporción que hay entre la cantidad de una sustancia presente en una muestra de agua de determinado volumen o peso y el volumen o peso de la muestra (p. ej., mg/L, $\mu\text{g/L}$, ppm y ppmm).
Contaminación	Polución del agua por causas naturales o por actividades de los seres humanos.
Control de calidad	Tiene por objetivo identificar errores en el producto final. Es un proceso reactivo.
Eficacia de eliminación	Medición de la capacidad de una tecnología de tratamiento de eliminar contaminantes (microbiológicos, químicos o la turbidez).
<i>Escherichia coli</i>	Indicador bacteriano preferido para determinar la presencia de heces en el agua.
Estándar	Un límite de cumplimiento obligatorio que no debe excederse; los estándares en general reflejan una obligación o deber jurídico.
Implementación	El proceso de llevar a cabo un plan. La fase de implementación de un proyecto ocurre después de que el plan se haya creado.
Inspecciones sanitarias	Inspección in situ del sistema de suministro de agua que se realiza para identificar fuentes de contaminación existentes o potenciales.
pH	Medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua.
Suministro comunitario del agua	La gestión y la administración de un sistema de suministro de agua, que suele estar en manos de la comunidad local. Los sistemas de suministro comunitarios podrían incluir sistemas simples de suministro de agua corriente (agua entubada), pozos perforados con bombas mecánicas o manuales, pozos excavados o manantiales protegidos.
Turbidez	La "opacidad" o "suciedad" del agua. La turbidez es causada por partículas sólidas suspendidas, como la arena, el limo y la arcilla, que flotan en el agua. Las partículas dispersan la luz, lo que hace que el agua tenga un aspecto turbio y sucio. La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).
Valor de referencia	Un límite que no se recomienda exceder.

6 RECURSOS ADICIONALES

CAWST: Recursos sobre WASH. Interpretación de resultados. Disponible en:

<https://washresources.cawst.org/es/resources/5e5fd682/interpreting-results>

- Un módulo de aprendizaje virtual sobre interpretación de resultados del análisis de la calidad del agua. Muestra cómo extraer conclusiones básicas y hacer recomendaciones, y cómo identificar errores comunes que ocurren al registrar datos sobre el análisis.

7 BIBLIOGRAFÍA

Baker D.L. y W. F. Duke (2006). Intermittent Slow Sand Filters for Household Use - A Field Study in Haiti, IWA Publishing, Londres, Reino Unido. Disponible (en inglés) en:

https://www.survivalistboards.com/d3/downloads/81371-Slow_Sand_Filter.pdf

Seeds of Hope International Partnerships (2012). AFMAC Water Analysis Report. Ndola, Zambia.

UNICEF (2008). UNICEF Handbook on Water Quality. UNICEF, Nueva York, Estados Unidos. Disponible (en inglés) en:

<https://www.unicef.org/media/91301/file/Handbook-Water-Quality.pdf>

Organización Mundial de la Salud (2012b). Rapid Assessment of Drinking-Water Quality: A Handbook for Implementation. OMS, Ginebra, Suiza. Disponible en:

<https://www.who.int/publications/i/item/789241504683>

8 APÉNDICE: EJEMPLO DE FORMULARIOS DE REGISTRO DE DATOS

Ubicación:						Muestra tomada por:					
Fecha del muestreo:						Muestra analizada por:					
Descripción de la muestra	Muestra N°	Turbidez (UNT)	pH	Cloro (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fluoruro (mg/L)	Conteo de <i>E. coli</i> (UFC/100 mL)	x factor de dilución
											Conteo total (UFC/100 mL)
Observaciones y comentarios:											

El Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST, por su sigla en inglés) es una organización sin fines de lucro que proporciona capacitación y consultoría a organizaciones que trabajan directamente con poblaciones en países de ingresos bajos y medios que carecen de acceso al agua limpia y al saneamiento básico.

Este documento es de contenido abierto y está elaborado bajo la licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0). Para visualizar una copia de esta licencia, visite:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

CAWST actualizará este documento periódicamente. Por ese motivo, no se recomienda que lo almacene para descargarlo desde su sitio web.

Los directivos, empleados, contratistas y voluntarios de CAWST no asumen ninguna responsabilidad ni dan garantía alguna por los resultados que puedan obtenerse a partir del uso de la información dada.

Usted puede:

- Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
- Adaptar: editar, transformar y ampliar el material para cualquier fin, incluso comercial.

Bajo las siguientes condiciones:

- Atribución: debe atribuirle a CAWST el crédito de forma apropiada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Lo puede hacer de cualquier forma que sea razonable, pero no de una manera que sugiera que CAWST avala a su organización o el uso que le ha dado al documento. Por favor, incluya la dirección de nuestro sitio web: www.cawst.org.
- Compartir Igual: si usted edita, transforma o amplía esta obra, deberá distribuir el material nuevo usando la misma licencia que la obra original.



B12, 6020 – 2 Street SE
Calgary, Alberta T2H 2L8
Canadá.
+1 (403) 243-3265
resources@cawst.org
cawst.org

Manténgase actualizado y obtenga ayuda sobre:
Las últimas actualizaciones de este documento.

Otros talleres y recursos de capacitación
relacionados.

El uso de este documento para su trabajo.

Visite: resources.cawst.org