

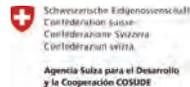


Guía de monitoreo participativo de la calidad de agua



Guía de monitoreo participativo de la calidad del agua

2018



La presentación del material de esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN o de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente los de la UICN o de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

Este material fue producido por el Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y Medio Ambiente "AGUA SUSTENTABLE" y el equipo técnico de la UICN, en el marco del proyecto Construyendo Diálogos para la Buena Gobernanza del Agua –BRIDGE-; financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación e implementado por UICN.

Publicado por:

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

Av. República del Salvador N34-127 y Suiza

Edificio Murano Plaza, piso 12

Quito – Ecuador

Telf: + (593 2) 33 30 6 84

www.uicn.org/sur

Programa BRIDGE – Construyendo Diálogos para una Mejor Gobernanza del Agua

Autores: **Carla Rodrigo Herrera, Paula Pacheco Mollinedo, María Elena Orihuela, María Laura Piñeiros, Emilio Cobo**

Revisión: **Rafael Gay-de-Montella**

Diseño, ilustración y diagramación: **Ana María Arroyo**

Forma de citar: *UICN (2018). Guía de Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua. Quito – Ecuador: UICN.*

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales, sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor, siempre que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Contenidos

Introducción	7
..... Planificación del monitoreo participativo de calidad de agua	
¿Qué es la calidad del agua?	11
¿Qué es la contaminación del agua?	11
¿Qué es monitoreo de calidad del agua?	12
Monitoreo participativo de calidad del agua	13
¿Cuál es el objetivo del monitoreo participativo?	13
¿Cómo hacer un plan de monitoreo de calidad del agua?	16
Paso 1: Definición del objetivo del monitoreo	17
Paso 2: Determinación de los parámetros a estudiar.	17
Paso 3: Determinación de los análisis a realizar y los equipos necesarios.	20
Paso 4: Determinación de los puntos de muestreo, frecuencia y periodicidad	22
Paso 5: Gestión de la información	24
Conclusiones: el monitoreo participativo como plataforma de gobernanza	29
..... Métodos de análisis	
Olor y sabor	32
Color verdadero	34
pH	36
Conductividad eléctrica	38
Oxígeno disuelto	40
Sólidos disueltos totales	42
Temperatura	44
Turbiedad	46
Medición de caudal	48
..... Anexos	
Anexo 1: Parámetros de Calidad de Agua – Bolivia, Perú	52
Anexo 2: Planilla de registro	56
Anexo 3: Calibraciones de equipos	59
Glosario	61
Bibliografía	67

Introducción



El agua es un recurso imprescindible para la vida, el funcionamiento de los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico de las comunidades. Los seres humanos utilizamos agua en múltiples actividades. En este aprovechamiento, alteramos su estado natural introduciendo nuevos compuestos que pueden afectar su condición. Estos cambios impactan tanto en la disponibilidad como en la calidad del agua; y en consecuencia en todos los ecosistemas y poblaciones que dependen de ella.

La calidad del agua se determina en función del uso que se le vaya a dar. Existen composiciones ideales y diferentes ya sea para agua potable, riego, uso industrial u otros. En todos los casos, se consideran distintos parámetros -físicos, químicos o biológicos- del agua, comparados con una norma definida. El monitoreo de estos parámetros debe realizarse de forma sistemática para garantizar resultados confiables, que permitan determinar el grado y la causa de las alternaciones en su calidad, y así tomar acciones y decisiones más oportunas e informadas para garantizar la seguridad de su uso.

Bajo un enfoque participativo, se promueve el involucramiento de los actores directamente relacionados al uso del agua en las actividades de monitoreo. El monitoreo participativo integra a las personas de las distintas comunidades, gobiernos locales, otros organismos gubernamentales, universidades y otros actores, como una estrategia para fortalecer la gobernanza del agua y generar mayor conciencia sobre los problemas y soluciones relacionadas a la gestión de este recurso vital.

Esta Guía de Monitoreo de Calidad del Agua está direccionada a comunidades y municipios interesados en monitorear la calidad del agua de sus localidades. Muestra los pasos básicos a seguir para planificar y ejecutar adecuadamente un control básico de la calidad del agua, una explicación de los parámetros a estudiar y una guía sencilla sobre la utilización de los instrumentos de medición en campo. Ha sido desarrollada para acompañar el proceso de formación de capacidades con grupos de Lideresas en el Lago Titicaca y en consecuencia recoge elementos de la legislación Boliviana y Peruana sobre calidad de aguas, así como detalles de monitoreo que se ajustan a los equipos de campo provistos durante los entrenamientos.



Planificación del monitoreo participativo de calidad de agua



the *Journal of Applied Behavior Analysis* (1974), and the *Journal of Experimental Psychology: Applied* (1975).

There are a number of reasons why the *Journal of Applied Behavior Analysis* is the most widely cited journal in the field. First, it is the only journal in the field that is peer reviewed.

Second, it is the only journal in the field that is published by a professional organization (the Association for Behavior Analysis).

Third, it is the only journal in the field that is published by a publisher (Sage Publications) that is known for its high quality of publication.

Finally, it is the only journal in the field that is published by a publisher that is known for its high quality of service to authors and readers.

These factors have contributed to the journal's high citation rate and its status as the most widely cited journal in the field.

The *Journal of Experimental Psychology: Applied* is also a highly cited journal in the field. It is the only journal in the field that is published by a professional organization (the American Psychological Association).

It is also the only journal in the field that is published by a publisher (American Psychological Association) that is known for its high quality of publication.

Finally, it is the only journal in the field that is published by a publisher that is known for its high quality of service to authors and readers.

These factors have contributed to the journal's high citation rate and its status as a highly cited journal in the field.

The *Journal of Applied Behavior Analysis* and the *Journal of Experimental Psychology: Applied* are the two most widely cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

They are both highly cited journals in the field. They are both highly cited journals in the field.

¿Qué es la calidad del agua?

La calidad del agua es el conjunto de características químicas, físicas y biológicas del elemento, que le hacen apto para distintos usos como: consumo humano, usos en la agricultura y ganadería, uso en la industria, uso para la generación de energía, uso para navegación, uso para recreación o para el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas.

Por lo general, la calidad se determina comparando las características de una muestra de agua con una línea de base, las concentraciones históricas de los elementos en el curso de agua; o leyes y estándares determinados por norma para cada uso. Esto nos lleva a saber si el agua examinada es segura o no para ese determinado fin. Por ejemplo, un curso de agua puede tener calidad suficiente para uso recreativo pero no tenerla para consumo humano. Esto quiere decir que la calidad depende del uso que se le quiera dar al agua. Así también, los esfuerzos que se hagan para mitigar o remediar la contaminación del agua deberán atender a la utilización del recurso.

En el caso de Bolivia, la normativa de calidad de agua está dividida en varios cuerpos: Consumo Humano, determinado por la Norma Boliviana 512 (octubre 2010) y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica incluido en la Ley 1333 de Gestión Ambiental (abril 1992), entre otros posibles. Para Perú, los estándares de calidad de agua están dictados por el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM (diciembre 2015) (Ver Anexo 1).

¿Qué es la contaminación del agua?

Por contaminación se entiende la presencia de sustancias, químicas o de otra naturaleza, disueltas o suspendidas, en un curso de agua, con concentraciones superiores o inferiores a límites establecidos. Esto condiciona su uso para un determinado fin. Todas las actividades humanas que utilizan agua, tienen un impacto en su calidad. Si no se realiza una gestión adecuada del agua residual y se devuelve en malas condiciones al ambiente, la calidad del agua del curso receptor queda comprometida y la disponibilidad para utilizarla en otras actividades es menor. Tanto los ecosistemas acuáticos y terrestres,

como otros usuarios del agua cuenca abajo, se ven afectados. Esto puede causar graves impactos sobre la biodiversidad, las funciones de los ecosistemas, la seguridad hídrica y alimentaria, y el desarrollo socioeconómico de las comunidades que dependen de este recurso.

La principal fuente de contaminación del agua son las actividades agropecuarias que transportan nutrientes en exceso, por escurrimiento o infiltración, hacia los cursos de agua. Este tipo de contaminación es difícil de controlar ya que no proviene de una fuente puntal. El nitrógeno y fósforo, en muchos casos, eutrofizan los cursos de agua superficiales, provocando un crecimiento pronunciado de algas que, a su vez, ocasiona trastornos en el equilibrio ecológico, incluyendo mortandad de peces.

Existen otros contaminantes como productos químicos utilizados en la agricultura o la industria, cuyos efectos biológicos todavía no se conocen. Así como sustancias de otras actividades como metales pesados, producto de la actividad minera; detergentes; fármacos y hormonas, producto de los usos domésticos; microbios y patógenos, productos de contacto con heces fecales humanas y de animales; aceites y residuos sólidos, producto de la escorrentía urbana; entre otros.

También existen fuentes puntuales de descarga que pueden ocasionar contaminación a los cursos de agua, por ejemplo, la descarga de residuos líquidos de una industria o el efluente de una planta de tratamiento de aguas servidas; sin olvidar mencionar las descargas ilegales y furtivas de aguas residuales. Es importante considerar estos puntos en un plan de muestreo, de manera que se pueda asegurar que los vertidos cumplen con los límites establecidos por norma y no están afectando al cuerpo de agua más allá de lo previsto

¿Qué es monitoreo de calidad del agua?

El monitoreo de calidad del agua es el control de los parámetros de interés de un curso de agua, siguiendo un orden y metodología rigurosos, para conocer su calidad y cantidad; y así poder tomar decisiones más informadas sobre cómo gestionarlo. Ayuda a evaluar si los impactos de los diferentes usos del agua (y los vertidos de aguas residuales) son aceptables o no (CAO, 2008). Gracias al monitoreo es posible establecer límites asociados a

los parámetros de control, generar alertas tempranas y adoptar medidas correctoras; antes de que el agua se convierta en no apta para un uso determinado (OMS, 2006). Además, la información del monitoreo puede emplearse para educar y concientizar a actores interesados en el curso de agua.

MONITOREO PARTICIPATIVO DE CALIDAD DEL AGUA

Es un proceso colaborativo para recoger y analizar los datos relacionados a la calidad y cantidad del agua, comunicar los resultados y manejar de manera conjunta el recurso. Busca involucrar a un número amplio de actores en todas las etapas del proceso, incorporando métodos de análisis e indicadores de calidad adaptados y significativos para cada uno de los participantes. Aprender a controlar la calidad del agua, no solo recoge información creíble sobre el estado del recurso; sino que empodera, genera relaciones de confianza y ayuda resolver conflictos acerca de los impactos de las actividades humanas sobre el agua (CAO, 2008).

¿Cuál es el objetivo del monitoreo participativo?

El monitoreo participativo tiene como objetivo empoderar a las comunidades y organizaciones sociales de base para que sean capaces de (CAO, 2008) (MMAyA, 2017):

- Evaluar la calidad de los recursos hídricos en sus localidades; sus variaciones temporales y espaciales; y proteger al público.
- Conocer la importancia de la calidad del agua y su relación con el bienestar humano y la salud de los ecosistemas.
- Conocer los requisitos relativos a la protección del recurso para diversos usos.
- Valorar los impactos de los usos del agua (y sus vertidos residuales) sobre los cursos de agua.
- Reconocer la importancia del control y la vigilancia de la calidad del agua, las alertas tempranas y las respuestas coordinadas y oportunas.

- Establecer una base de datos creíble y trazable que respalde las demandas de remediación y mitigación, o acciones específicas que mejoren la calidad del agua.
- Concienciar y educar sobre la calidad del agua a la que tienen acceso y las medidas necesarias para darle un uso adecuado.
- Identificar problemas específicos, existentes o emergentes, asociados a los cambios en la calidad del curso de agua.
- Reunir información para diseñar programas de prevención, mitigación o remediación.

“

El monitoreo participativo no es solamente científico, sino también social, político y cultural. Requiere apertura, una buena disposición para escuchar los diferentes puntos de vista, una aceptación del conocimiento y del rol de los diferentes participantes, y la capacidad de otorgar crédito donde corresponda.” (CAO, 2008)

La información recolectada puede servir como evidencia que refuerza demandas comunitarias y permite influenciar a actores como los gobiernos locales o centrales para que tomen acciones para mejorar la calidad del agua.

Monitoreo biológico / bio-indicadores

Otra opción para conocer el estado de un curso de agua es realizar monitoreo biológico que significa reconocer el tipo y número de plantas, peces e insectos que viven en el agua. Un cambio en la composición de especies o en el número de individuos puede ser un buen indicador de cambios en la calidad del agua. El monitoreo biológico puede incorporar conocimientos locales y también ser participativo.



Figura 1: Talleres de monitoreo participativo de la calidad del agua. UICN-Agua Sustentable. Foto: Alexis de Marco

¿Cómo hacer un plan de monitoreo de calidad del agua?

Planificar es orientar las acciones, de una manera ordenada y coordinada, para cumplir con un objetivo. En este caso, sería consolidar una base de datos acerca de la calidad del agua, que sirva para la toma de decisiones sobre el uso y conservación de este recurso. Se recomienda que un Plan de monitoreo de calidad del agua contenga, al menos, la siguiente información (OMS, 2006):

- Parámetros que deben ser controlados;
- Ubicación y frecuencia de la toma de muestras;
- Métodos y equipos de análisis y toma de muestras;
- Calendarios de toma de muestras;
- Responsabilidades y aptitudes del personal;
- Requisitos relativos a la documentación y la gestión de información, incluidos los formatos en que se anotarán y conservarán los resultados del monitoreo; y
- Requisitos relativos a la presentación de informes y la comunicación de resultados.

Se recomienda que exista un "Equipo Planificador" que pueda orientar y diseñar el plan de monitoreo. Este equipo se encargará de reunir la información preliminar necesaria para desarrollar el plan; evaluar el contexto geográfico y social; identificar a los actores interesados y su nivel de compromiso; establecer las necesidades de capacitación; identificar los recursos necesarios; y preparar un presupuesto y opciones de financiamiento (CAO, 2008).

Entonces, un proceso de planificación para monitorear la calidad del agua puede seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Definición del objetivo del monitoreo

El objetivo general de un Plan de monitoreo es consolidar una base de datos acerca de la calidad del curso de agua y sus tendencias naturales. También existen objetivos específicos para el monitoreo. Es muy frecuente que uno de ellos sea acumular evidencia que permita asegurar el cumplimiento de la normativa. Otros permiten obtener información acerca de eventos especiales o posibles fuentes de contaminación. Por ejemplo, monitoreos en época de aplicación de agroquímicos; cuando se autorice un nuevo punto de descarga de aguas residuales de una industria; cuando existe un riesgo extraordinario como el volcamiento de un camión de residuos; o cuando existe un brote de enfermedades relacionadas al consumo de agua.

Definir el objetivo del monitoreo es el primer paso para la planificación, ya que los parámetros; tipo de muestreo, preservación y análisis; y puntos de muestreo dependerán de aquello que se quiera controlar. Por ejemplo, el parámetro de conductividad eléctrica es necesario evaluar para agua de consumo humano pero no es requerimiento para el agua de uso recreacional.

Paso 2: Determinación de los parámetros a estudiar.

En la mayoría de los casos, un plan de monitoreo participativo para control de la calidad del agua se basa en observaciones o pruebas sencillas y rápidas, tales como la medición de la turbidez o del pH, que son indicadores eficientes de los cambios en los cursos de agua. Los análisis complejos suelen realizarse como parte de las actividades de vigilancia por la autoridad (OMS, 2006) o pueden ser solicitados por la comunidad cuando notan variaciones importantes en las tendencias de los parámetros a los que normalmente les hacen control.

Los resultados de las mediciones en terreno deberán contrastarse con los límites establecidos por la norma para un uso del agua determinado. También es posible establecer "límites operativos" (OMS, 2006), más exigentes que la legislación, para dar alertas tempranas y fomentar medidas de control antes de que el agua tenga restricciones importantes para ser utilizada.

Para definir un buen parámetro de seguimiento, se puede considerar que (OMS, 2006) (MMAyA, 2017) (ANA, 2016) (OMS, 2005) (CAO, 2008):

- Sea representativo de las sustancias que se espera encontrar en el agua y/o de los objetivos de muestreo;
- Sea medible y contrastable con un estándar definido;
- Se pueda medir con frecuencia suficiente para evidenciar tendencias;
- Permita establecer alertas tempranas y medidas correctoras;
- El costo de su determinación sea correspondiente a la importancia que tiene;
- Sea un buen indicador de otros parámetros que son más complejos o costosos de medir, por ejemplo la conductividad eléctrica puede ser un indicador de los sólidos disueltos totales;
- Los resultados obtenidos sean entendibles y se puedan comunicar fácilmente.

La selección de los parámetros de muestreo dependerá de los objetivos del monitoreo, las características del curso de agua, el equipo disponible, las capacidades de los muestreadores y otros factores. La legislación de Perú y Bolivia definieron los siguientes parámetros básicos para realizar el control de un curso de agua superficial:

Tabla 1: Comparación de parámetros requeridos de muestrear en cuerpos de agua superficiales. Adaptado de (MINAM, 2015) y (MMAyA, s/f)

PARÁMETRO	BOLIVIA (MMAyA, 2017)	PERÚ (ANA, 2016)	Considerados en esta guía
Conductividad eléctrica (Cond)	X	X	X
Oxígeno disuelto (OD)	X	X	X
pH	X	X	X
Temperatura (T)	X	X	X
Turbidez (UNT)	X	X	X
Sólidos disueltos totales (SDT)	X		X
Sólidos suspendidos totales (SST)	X	X	
Sólidos sedimentables	X		
Caudal (Q)	X		X
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)		X	
Aceites y grasas		X	
Nitrógeno (total, N-NO ₃ , N-NH ₃)		X	
Fósforo		X	
Metales (As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)		X	
Sulfuros		X	

Paso 3: Determinación de los análisis a realizar y los equipos necesarios

Cada parámetro tiene un método, instrumentos e insumos específicos para realizar una medición. Estos se explican en la siguiente sección. No obstante, algunas consideraciones generales para el muestreo se enumeran a continuación (ANA, 2016):

- Tomar en cuenta las necesidades de transporte, logística y coordinación necesarias para realizar el muestreo.
- Es necesario considerar todas las medidas de seguridad pertinentes, como el uso de brazos telescópicos, arnés de seguridad y/o chalecos salvavidas, para salvaguardar la seguridad de los muestreadores y evitar accidentes. Se recomienda no realizar muestreos en caudales muy turbulentos o en lluvias torrenciales.
- Se sugiere que siempre sea un equipo de, al menos, dos personas quienes colecten las muestras. Deben contar con la indumentaria y equipos necesarios. Además, tener medios de comunicación (celular o radio) y botiquín en caso de una emergencia.
- Para tomar la muestra se debe colocar el recipiente de muestreo cerrado hasta llegar a la profundidad deseada (20 o 30 cm) y contracorriente, para evitar la acumulación de residuos de la superficie. Una vez ubicado, abrir la tapa, enjuagar el frasco dos veces, colectar la muestra y volver a cerrar el frasco. La excepción a este procedimiento es la presencia de grasas y aceites que se quieran recolectar desde la superficie (APHA, 1999). Cuando se recolecta una muestra desde un río o arroyo, los resultados varían según la profundidad, caudal y distancia de la orilla, por lo que es necesario especificar estos datos también. Se recomienda tomar una muestra integrada, de arriba hacia abajo en la parte central del cauce; o de una orilla a otra, a media profundidad. Si solamente se puede tomar una muestra simple, se sugiere que sea en la mitad del cauce a media profundidad.
- Evitar colectar suciedad o sedimentos del fondo.

- Se deben enjuagar y secar cuidadosamente todos los instrumentos entre un punto de muestreo y otro.
- Evitar tocar el interior de los frascos.
- Asegurarse de llevar los equipos necesarios para el muestreo.
- Llevar la planilla de registro y completarla de manera legible.
- Mantener el buen funcionamiento de los equipos para garantizar la fiabilidad de las medidas. Esto incluye:
 - Revisar periódicamente el instrumento por daños físicos visibles,
 - Realizar calibraciones de rutina (ver anexo 3),
 - Mantener las baterías de los equipos con la carga adecuada.
- Realizar verificaciones de las mediciones, contrastando entre diferentes equipos, con muestras de referencia (blanco de agua destilada), tomando muestras duplicadas y/o con análisis realizados por laboratorios acreditados.

Un buen análisis de calidad del agua busca (CAO, 2008):

Exactitud: *qué tan cercano es el resultado del muestreo al valor verdadero. Para tener buenos resultados es importante el mantenimiento y calibración de los equipos, así como seguir adecuadamente el procedimiento de muestreo.*

Replicabilidad: *el resultado en la misma muestra se pueda repetir. Así se asegura que no existe error humano*

Reconocer la sensibilidad de los equipos: *se refiere al menor cambio o a la concentración más baja que el equipo es capaz de detectar. Los equipos deben ser adecuados para medir estas mínimas concentraciones.*

Paso 4: Determinación de los puntos de muestreo, frecuencia y periodicidad

Un punto de muestreo es el lugar en donde se recolectará el agua para el análisis. Cualquiera que sea el proceso de determinación de dichos puntos de muestreo, su frecuencia o periodicidad, es necesario dejar constancia de las razones por las que se establecieron los puntos. Para establecer eficientemente los puntos de muestreo, se busca que sean los suficientes para reflejar el estado del curso del agua sin que lleguen a ser demasiados como para incrementar de manera innecesaria los esfuerzos y costos de los análisis. Se recomienda conocer extensivamente la cuenca hidrográfica para identificar los puntos de muestreo. Se debe considerar toda la cuenca, desde el nacimiento hasta la desembocadura, con los tributarios y usos de suelo asociados. También es importante ubicar posibles fuentes de contaminación. Un diagrama de flujo y mapas de la cuenca hidrográfica suelen ser de mucha utilidad (OMS, 2005).

Un punto de muestreo debe ser (APHA, 1999)(MMAyA, 2017) (ANA, 2016):

- Accesible y seguro para el muestreador.
- Punto de control (referencia / blanco/valor inicial) en donde no se sospeche de contaminación.
- Representativo del curso de agua o de un sector importante del mismo. Por ejemplo, el nacimiento, parte media y baja de un río y su desembocadura en el mar. Las orillas y centro de un lago. Aguas arriba de la unión entre dos tributarios. Un pozo de aguas subterráneas. Aguas debajo de un embalse. Aguas dentro de áreas protegidas para la conservación de la naturaleza.
- Representativo de los usos del agua, las aguas residuales y las amenazas de contaminación. Por ejemplo, un punto aguas abajo a una descarga puntual como el desagüe de una industria. O un punto cercano a cultivos o ganadería.
- Identificable para que cualquier persona pueda recolectar la muestra sin depender de la memoria o guía personal. Idealmente, se deben detallar los puntos de muestreo dentro de un mapa, con fotografías o con la ayuda de señalética en terreno. También es recomendable georeferenciarlos con la ayuda de un GPS.

- Poco vulnerable a contaminación. A veces es necesario establecer una zona de protección alrededor del punto de muestreo.
- Punto de agua fresca, evitar lugares con excesiva turbulencia o agua estancada.
- Complementario con puntos de muestreo de otras redes existentes.

La frecuencia y periodicidad del muestreo se refiere al número de muestras que se harán en un tiempo determinado. Diferentes parámetros requieren diferentes frecuencias de muestreo. Por ejemplo, las concentraciones de minerales disueltos en un acuífero varían con menor frecuencia que la turbidez de un arroyo. También se puede tener consideraciones económicas al establecer las frecuencias de muestreo, por ejemplo, análisis y pruebas más costosos pueden espaciarse más que pruebas simples. Es importante considerar también si existe legislación atinente a la frecuencia de muestreo, por ejemplo normas ambientales sectoriales.

Hay tres tipos de frecuencias (OMS, 2006):

Periódica: cuyo objetivo es consolidar la base de datos de calidad del curso de agua y su establecimiento depende de factores como el tipo de parámetro, las amenazas de contaminación, el área representada, etc. Por ejemplo, una vez por mes de toda la cuenca.

Ocasional o aleatoria: cuando se quiere comprobar los resultados del plan de monitoreo. Por ejemplo, tomar muestras duplicadas para contrastar entre diversos equipos o solicitar una muestra especial a un laboratorio debido a una sospecha puntual de contaminación.

Mayor de la habitual: para reflejar eventos extraordinarios y/o sus medidas de control. Por ejemplo, cuando se autorice un nuevo punto de descarga o se inicie un plan de remediación, y se quiera conocer su efecto sobre el curso de agua.

Se deben considerar las variaciones temporales y espaciales. Los cursos de agua están sujetos a variaciones estacionales (invierno/

verano) debido a cambios naturales en la lluvia y escorrentía; o también a factores humanos como la temporada de siembra o cosecha. En consecuencia, es posible que existan periodos (meses/semanas del año) en donde sea necesario intensificar la frecuencia de muestreo debido a que las amenazas de contaminación también incrementan. Asimismo, factores como la temperatura pueden tener variaciones diurnas, por lo que se sugiere que la muestra, en un punto específico, se realice a la misma hora. Las variaciones espaciales pueden estar relacionadas con la distancia a las orillas, la profundidad del cauce o lago, si el punto de muestreo está aguas arriba o aguas debajo de la cuenca hidrográfica, etc.

En todos los casos, la frecuencia de monitoreo debe dar cuenta de estas variaciones. Si el curso de agua es más bien estable, se puede espaciar la frecuencia de muestreo. Se recomienda generar un cronograma de monitoreo que incluya el punto de muestreo, el día a recolectar la muestra, los análisis a realizarse y el responsable por la información. Una vez que se conozca el comportamiento del curso de agua, es posible reevaluar los puntos de muestreo y la frecuencia.

También es importante determinar la frecuencia de muestreo por razones económicas, ya que la cantidad de análisis a realizarse significa también logística (transporte, tiempo, etc.); insumos (reactivos, filtros, frascos, etc.); mantenimiento y reposición de equipos (desgaste, baterías, etc.); entre otros gastos en los que se incurre para realizar las campañas de muestreo.

Paso 5: Gestión de la información

La información generada durante las campañas de control de calidad de un curso de agua es muy importante. Cuando se comparte con una red de actores interesados en gestionar integralmente el agua, se convierte en una potente herramienta para orientar la toma de decisiones. La información debe estar disponible al público y el proceso de interpretación debe ser accesible y transparente.

Las planillas de registro deben diseñarse de manera que puedan alimentar bases de datos municipales o de las autoridades competentes (ver anexo 2). Corresponde que sean completadas en terreno, durante las campañas de muestreo. Se recomienda reconocer en gabinete los puntos de muestreo antes de salir

a terreno, para no cometer errores en la ruta. Llevar planillas impresas con anterioridad para no olvidar datos. Se debe ingresar la información de manera legible para que pueda ser sistematizada a formato digital y luego compartida con los miembros de la red y autoridades de gobierno. Es importante tomar fotografías durante las campañas de muestreo. También, mantener archivados los registros originales y escaneados como evidencia de la recolección de información. En caso de realizar análisis en laboratorios certificados, los resultados también deberán ser incorporados a la base de datos de control comunitario.

Es importante mencionar que no basta con recoger datos de terreno, sino que es necesario sistematizar y analizar la información. Se debe considerar quién, cómo y para qué se utilizarán los datos, lo que determinará el nivel de esfuerzo requerido para recopilar, analizar e informar los resultados (CAO, 2008). La gestión de información debe ser simple y enfocada en los resultados esperados (OMS, 2005).

Se recomienda generar una base de datos en hojas de cálculo que permitan hacer tablas y gráficos representativos de la calidad del curso de agua. Los análisis estadísticos simples (tendencia, promedio, mediana, moda) suelen ser de mucha utilidad. Idealmente, esta información debería ser procesada por la misma comunidad, para que conozcan de primera mano el estado del curso de agua del que dependen y si los impactos de las actividades humanas sobre el mismo son aceptables o no. Siempre es posible involucrar a otros actores (organismos no gubernamentales –ONG-, academia, municipios) en el análisis de la información para llegar a conclusiones más integrales que relacionen variables entre sí o con posibles fuentes de contaminación (ver tabla 2).

Mantener un registro histórico de los diferentes parámetros puede servir como evidencia para influir en la política pública cuando se quiere demostrar cambios debido a eventos de contaminación; modificaciones en el uso del suelo; o permisos de funcionamiento. Una revisión periódica de los registros del plan de monitoreo de calidad de agua es necesaria para reconocer las tendencias y tomar decisiones apropiadas y oportunas (OMS, 2005). La visualización en gráficos suele ser más amigable y comprensible, por lo tanto apoya mejor en campañas de concientización.

Evaluar los impactos sobre los recursos hídricos requiere un alto grado de coordinación entre funcionarios públicos y comunidades (CAO, 2008). Los municipios son la autoridad de gestión del agua más cercana a las comunidades y pueden usar esta información para tomar acciones directas en favor de una mejor calidad y cantidad de agua, así como enviar la información al gobierno central de forma directa. Por lo tanto, este es el primer nivel de gobierno con el que se debe trabajar; sin olvidar el coordinar con una pluralidad de otros actores provenientes de sectores como empresas privadas, universidades, comunidades vecinas, ONG, etc. Cuanto más amplia y diversa sea la red, más fácil será ejecutar el monitoreo y los resultados tendrán mayor impacto. Se pueden apalancar esfuerzos para frenar, mitigar o reparar los daños a los cursos de agua oportunamente.



Figura 2: Proceso de capacitación para el monitoreo de calidad del agua en el Lago Titicaca. UICN - Agua Sustentable. Foto: UICN

“ **Los datos generados por el programa de monitoreo participativo deben ser concretos y relevantes al problema, accesibles y entendibles, usables, y oportunos. Para ser efectivos, la entrega y la comunicación deben sugerir un curso de acción, y permitir que los que toman las decisiones pesen las consecuencias y hagan que los involucrados sientan que están en control del problema.**” (CAO, 2008)

USO DE LA TIERRA/ FUENTE POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN (adaptado de CAO, 2008)	PROBLEMAS PRINCIPALES	PARÁMETROS QUÍMICOS			PARÁMETROS FÍSICOS		
		Análisis de Campo	Análisis con Kit de Campo Especializado	Análisis de Laboratorio	Análisis de Campo	Inspección de Hábitat	Análisis de Laboratorio
Bosques	Sedimentos	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfatos, nitratos	Sedimentos suspendidos	Temperatura, flujo, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación, cobertura de cursos de agua, rápidos, pozas, recodos	Sólidos suspendidos totales (SST), distribución de tamaño de granos de lecho
Ganado	Bacterias, nutrientes	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato		Temperatura, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación	Sólidos suspendidos totales (SST), distribución de tamaño de granos de lecho
Cosechas	Sedimentos, fertilizantes, herbicidas y pesticidas, salinidad, caudal	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato	Pesticidas, herbicidas	Temperatura, caudal, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación	Sólidos suspendidos totales (SST), distribución de tamaño de granos de lecho
Minería	Sedimentos, drenajes ácidos, cianuros, metales pesados, vertidos	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Alcalinidad, algunos metales (hierro, arsénico, cobre), sulfatos	Principales cationes y aniones, metales pesados	Temperatura, flujo, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación, cobertura de cursos de agua, rápidos, pozas, recodos	Sólidos suspendidos totales (SST), distribución de tamaño de granos de lecho
Petróleo y gas	Sedimentos, salinidad, contaminantes orgánicos, metales pesados, caudal	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)	Sólidos disueltos totales (SDT), Hidrocarburos totales de petróleo (TPH), aceite y grasa, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), carbono orgánico disuelto (COD), fenoles, sulfuros, cloruros	Temperatura, flujo, turbidez		Sólidos suspendidos totales (SST)
Construcción	Sedimentos, productos químicos	pH, oxígeno disuelto, conductividad			Turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación	Sólidos suspendidos totales (SST)
Tratamiento de desagües	Bacterias, nutrientes	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato	Hidrocarburos totales de petróleo (TPH), aceite y grasas, metales pesados	Temperatura, caudal, turbidez		
Urbanización	Sedimentos, metales, compuestos orgánicos, escurrimiento	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato		Temperatura, flujo, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación	Sólidos suspendidos totales (SST)
Presas	Oxígeno disuelto, nitrógeno, caudal	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato		Temperatura, caudal, turbidez		

Conclusiones: el monitoreo participativo como plataforma de gobernanza

El establecimiento de un plan de monitoreo participativo va más allá de la recolección y análisis de datos acerca de la calidad del agua. Puede convertirse en una herramienta de apoyo para mejorar la gobernanza del recurso al empoderar a las comunidades, proveerles de evidencia para respaldar sus demandas, involucrar a otros actores y crear espacios de concertación para la toma de decisiones. Cuando la comunidad toma responsabilidad por el manejo de sus recursos, seguramente estos serán bien custodiados.

1. Formación de líderes: representantes de comunidades que se convierten en abanderados por la calidad del agua. Son usuarios directos o se ven afectados por distintos usos del agua dentro de la cuenca.

2. Desarrollo de capacidades: Entrenamiento teórico y práctico para la planificación y ejecución de planes de monitoreo y manejo de cuencas hidrográficas. Esto incluye capacidades como conocimiento del ciclo hidrológico, mapeo participativo, recolección de muestras, uso de equipos de análisis, interpretación de resultados, gestión y comunicación de la información.

3. Creación de espacios para tomar decisiones: Se puede conformar una red de monitoreo para compartir la información. Algunos actores importantes a considerar son las mismas comunidades, universidades, municipios, industria. Trabajar en equipo permite ser más eficiente para complementar la información del estado del curso de agua, refuerza los lazos de confianza, permite que la información llegue a una mayor audiencia, genera consciencia social y apalanca esfuerzos concretos para frenar, mitigar o reparar los daños a los cursos de agua. Cuanto más amplia y diversa sea la red, más fácil será ejecutar el monitoreo y los resultados tendrán mayor impacto. El monitoreo realizado por las comunidades puede convertirse en una eficaz alerta temprana de los cambios en la calidad del agua en la cuenca y validar acciones inmediatas para preservar los cursos de agua. En los espacios de concertación se puede analizar los resultados y las posibles soluciones a la problemática de calidad del agua y llegar a acciones conjuntas que afectan a toda la cuenca, por ejemplo, invertir en obras de saneamiento, programas de reforestación, etc.

Métodos de análisis





Olor y sabor

Definición. El conjunto de sensaciones gustativas, olfativas y otras que resultan a partir de la estimulación química de la lengua y la nariz. Las muestras de agua tomadas en la boca para el análisis sensorial siempre producen un sabor, olor o sensación en la boca, dependiendo de las sustancias químicas presentes.¹

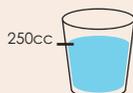
Causas / Sospecha de presencia de	Efectos
Minerales disueltos	Sabor a sal o metal
Ácido sulfúrico	Olor a huevo podrido, moho, pantano
Hierro y manganeso	Sabor a metal
Cloro o derivados	Olor a medicamento
Aceites y grasas	Olor a tierra o leña
Detergentes	Olor perfumante
Coliformes	Olor a heces fecales o nauseabundo

• • • • • Clasificación del Olor y Sabor

MATERIALES



Recipientes de vidrio, limpios y secos para cada tipo de agua



250cc de muestra de agua (un vaso)



250 cc de agua pura para control (un vaso)



250 cc de agua con 500mg de sal para control (un vaso + 30 cucharadas de sal)

ADVERTENCIA: La prueba de olor y sabor requiere **llevar el agua a la boca** del muestreador. Asegúrese que el agua sea apta para INGERIR. **Nunca realizar esta prueba** en aguas residuales de cualquier tipo, por ejemplo aguas de alcantarillado o vertidos industriales, o **aguas que puedan poner en peligro su salud.**

1 Basado en el Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 2160 C. Evaluación de Clasificación del Sabor (APHA, 1999)

La medida es totalmente organoléptica, no hay aparatos de medida y se basa en el entrenamiento del muestreador.

Método

1

Asegúrese que el muestreador conoce los criterios para calificar el agua de muestra como agua potable diaria.

- 1. Estaría muy feliz.
- 2. Estaría encantado.
- 3. Estoy seguro de que podría tomarla.
- 4. Podría aceptarla.
- 5. Tal vez podría aceptarla.
- 6. No creo que pueda aceptarla.
- 7. No podría aceptarla.
- 8. Nunca podría beber esta agua.
- 9. No puedo soportar esta agua en mi boca y nunca podría beberla

2



Presente las muestras a temperatura ambiente.

3



Realice un reconocimiento visual y del olor de la muestra. Si se sospecha que el agua es peligrosa para la salud, **detenga** el análisis y registre en la planilla.

4



Tome la mitad de la muestra en la boca, sostenga unos segundos y descarte sin tragar.

5



Formule una primera calificación y espere 1 minuto.

6



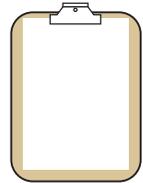
Tome la otra mitad el agua en la boca, sostenga unos segundos y descarte sin tragar.

7



Formule su calificación final.

8



Registre en la planilla.

Color verdadero

Definición. Un agua con color delata la presencia de iones, materia orgánica o residuos industriales. El "color aparente" de una muestra se determina sin filtrarla. El "color verdadero", en cambio, se determina después de pasar la muestra por un filtro con poro de 2 micrones o menor. El color se mide en unidades de color escala platino / cobalto (Pt/Co).²

Causas / Sospecha de presencia de	Efectos
Hierro	Color rojizo
Pasta de papel	Color marrón / café / pardo
Sangre	Color Rojo
Leche y derivados	Color Blanco

••••• Comparación Visual del Color

MATERIALES



Discos para comparación de color



Recipiente para recoger la muestra (limpio y seco)



Recipiente de vidrio para filtrar el agua (limpio y seco)



Filtros

Es método está limitado a aguas con coloración debido a materiales naturales, es poco efectivo en aguas industriales con mucho color.

² Basado en el Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 2120 B. Método de Comparación Visual para evaluar color (APHA, 1999).

Método

1



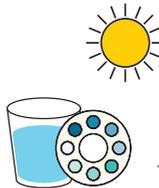
Sacar la muestra de agua en un recipiente limpio y seco.

2



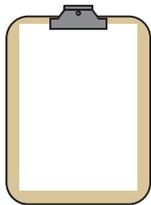
Filtrar el agua de la muestra hacia otro recipiente adecuado.

3



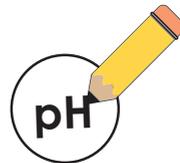
Mirando de arriba hacia abajo, contra una superficie blanca de fondo y suficiente luz ambiental, comparar el color de la muestra con aquel de los discos de color.

4



Registrar en la planilla el color que más se parezca.

5



Mida y registrar el valor del pH.

pH

Definición. El potencial de actividad del ion hidrógeno, o pH, indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. Es una de las pruebas más importantes en calidad de agua. Un agua "neutra" tiene un valor de pH 7. El pH se mide en unidades de potencial hidrógeno (pH).³

Causas / Sospecha de presencia de

Efectos

Agua Ácida (menor que 7)

Puede disolver iones metálicos y correr tuberías.

Agua Alcalinas (mayor que 7)

Puede generar incrustaciones de sales en tuberías y vajilla, sabor salobre, disminuir la espuma de jabones y detergentes.

pH menores de 4 y mayores de 11

Impacto en la biodiversidad.

Medición con Equipo pH Metro



Equipo pH metro



Recipiente para recoger la muestra (limpio y seco)



Agua destilada / embotellada / hervida previamente



Papel absorbente

Medición con Papel Indicador de pH



Papel indicador de pH



Recipiente para recoger la muestra (limpio y seco)



Cartilla de comparación de color

³ Basado en el Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 4500 H+B Método Electrométrico para lectura de pH (APHA, 1999) y manuales del equipo Pancellent TDS EC PH Meter.

Método con equipo pH metro

1



Asegurar que el equipo haya sido calibrado y las baterías estén cargadas.

2



Encender con el botón ON/OFF.

3



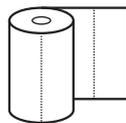
Retirar la protección del electrodo.

4



Enjuagar el electrodo con agua destilada.

5



Secar con papel absorbente tratando de no tocar el sensor.

8



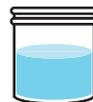
Mezclar ligeramente la muestra para homogenizar y sacar burbujas de aire.

7



Sumergir el electrodo en la muestra, hasta el nivel indicado, asegurando que el equipo permanezca recto, sin tocar el fondo o las paredes del vaso.

6



Sacar la muestra de agua en un recipiente limpio y seco.

9



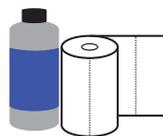
Esperar a que el equipo realice la medición (2min).

11



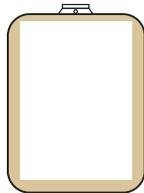
Apagar el equipo con el botón ON/OFF.

12



Enjuagar el electrodo con agua destilada y secar delicadamente sin tocarlo.

10



Leer el resultado y anotar en la planilla de registro.

13



Volver a poner la protección del electrodo.

Método con papel indicador de pH

1



Introducir el papel pH en la muestra de agua.

2



Esperar unos minutos.

3



Comparar el color de la tira con la cartilla de colores.

4



Anotar en la planilla de registro.

Conductividad eléctrica

Definición. La capacidad de una solución de transmitir una corriente eléctrica. Cuando una solución tiene compuestos inorgánicos (sales y metales) suele tener alta conductividad; en cambio, cuando tiene materia orgánica, suele tener baja conductividad. La conductividad eléctrica (CE) se mide en microSiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).⁴

Causas / Sospecha de presencia de

Efectos

Mineralización del agua.

Efectos nocivos en plantas y animales.

Aguas salobres con conductividad mayor que $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$. Tiene más sal disuelta que el agua normal de ríos y lagos, pero menos que el agua de los océanos.

Daños a los cultivos y el suelo.

Aguas duras, con conductividad mayor que $800 \mu\text{S}/\text{cm}$. Es aquella que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio.

Sarro en tuberías, daño de filtros.

..... Medición con Equipo Conductivímetro



MATERIALES

Equipo Conductivímetro



Recipiente para recoger la muestra (limpio y seco)



Agua destilada / embotellada / hervida previamente



Papel absorbente

⁴ Basado en el Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 2510 B. Método de laboratorio para medir conductividad (APHA, 1999) y manuales del equipo Panceilent TDS EC PH Meter.

Método

1



Asegurar que el equipo haya sido calibrado y las baterías estén cargadas.

2



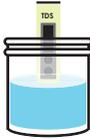
Encender con el botón ON/OFF.

3

SHIFT

Cambiar las unidades de medición con el botón SHIFT, presionando de manera constante hasta encontrar " $\mu\text{S}/\text{cm}$ ".

6



Sumergir el electrodo en la muestra, hasta el nivel indicado, asegurando que el equipo permanezca recto, sin tocar el fondo o las paredes del vaso.

5



Sacar la muestra de agua en un recipiente limpio y seco.

4



Retirar la protección del electrodo.

7



Mezclar ligeramente la muestra para homogenizar y sacar burbujas de aire.

8



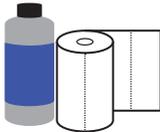
Esperar a que el equipo realice la medición (2min).

9

HOLD

Presionar la tecla HOLD para guardar la medida.

12



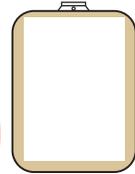
Enjuagar el electrodo con agua destilada y secar delicadamente, sin tocarlo.

11



Apagar el equipo con el botón ON/OFF.

10



Leer el resultado y anotar en la planilla de registro.

13



Volver a colocar la protección.

Oxígeno disuelto

Definición. _Es la cantidad de oxígeno disperso que se encuentra en el agua, así como se encuentra en el aire, y que las especies vegetales, animales y microorganismos necesitan para vivir. Muestra las actividades físicas, químicas y bioquímicas que suceden dentro del curso de agua, por tal motivo es un buen indicador de contaminación. El oxígeno disuelto (OD) se mide en miligramos de oxígeno disuelto por litro de agua (mg/l).⁵

Causas / Sospecha de presencia de

Contaminación

Efectos

Bajos niveles de oxígeno disuelto.

Muerte de especies acuáticas.

Medición con Equipo Oxímetro

MATERIALES



Equipo Oxímetro



Recipiente para recoger la muestra (limpio y seco)



Agua destilada / embotellada / hervida previamente



Papel absorbente



Fluido electrolito (para reemplazo si es necesario)



Membranas de medición (para reemplazo si es necesario)

El equipo se debe sumergir al menos 3 cm para que se active el control automático de temperatura.

Nota .- Este parámetro se debe medir inmediatamente después de sacar la muestra del curso de agua.

⁵ Basado en el Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 4500 OG Método Electrodo de Membrana para Oxígeno Disuelto (APHA, 1999) y manuales del equipo Dissolved Oxygen Pen – 850045 Sper Scientific.

Método

1



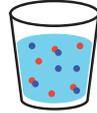
Asegurar que el equipo haya sido calibrado y las baterías estén cargadas.

2



Retirar la protección del electrodo.

3



Revisar que el nivel de fluido electrolito sea adecuado, caso contrario, reponer.

6



Cambiar las unidades de medición con el botón UNIT, presionando de manera constantemente hasta encontrar "mg/l".

5



Encender con el botón ON/OFF.

4



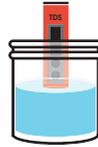
Asegurar que la membrana de medición del equipo esté en buen estado, caso contrario, reponer.

7



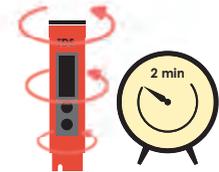
Sacar la muestra de agua en un recipiente limpio y seco.

8



Sumergir el electrodo en la muestra, al menos 3 cm, asegurando que el equipo permanezca recto, sin tocar el fondo o las paredes del vaso.

9



Mover el equipo a una velocidad constante mientras realiza las mediciones (2min).

12



Apagar el equipo con el botón ON/OFF.

11



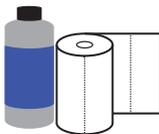
Leer el resultado y anotar en la planilla de registro.

10



Presionar la tecla HOLD para guardar la medida.

13



Enjuagar el electrodo con agua destilada y secar delicadamente, sin tocarlo.

14



Volver a poner la protección del electrodo.

Sólidos disueltos totales

Definición. Materia disuelta en el agua, es decir, que permanece después de pa-sar la muestra por un filtro de 2 micrones o más pequeño. Así se diferencian de los sólidos suspendidos, que son los que quedan retenidos por el filtro. Los sólidos disueltos totales (SDT) se miden en partes de sólidos por un millón de partes agua (ppm).⁷

Causas / Sospecha de presencia de

Sólidos disueltos

Efectos

Sabor indeseable, salado, amargo metálico.

Saturación de filtros y sarro en tuberías.

Medición con Equipo TDS

MATERIALES



Equipo TDS



Recipiente para recoger la muestra (limpio y seco)



Recipiente de vidrio, limpio y seco para filtrar el agua



Agua destilada / embotellada / hervida previamente



Papel absorbente



Filtro (tamaño de poro de 2 micrones o menor)

Algunos sólidos disueltos provienen de fuentes orgánicas como hojas, sedimentos, u algas. Otros, de desechos industriales y aguas residuales. Otras fuentes provienen del agua que escurre desde las ciudades y los campos.

⁷ Basado manuales del equipo Panceilent TDS EC PH Meter.

Otras referencias: Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 2540 C Medición de Sólidos Disueltos Totales a 180°C.

Método

1



Asegurar que el equipo haya sido calibrado y las baterías estén cargadas.

2



Encender con el botón ON/OFF.

3

SHIFT

Cambiar las unidades de medición con el botón SHIFT, presionando de manera constante hasta encontrar "ppm".

6



Filtrar el agua de muestra hacia otro recipiente adecuado.

5



Sacar la muestra de agua en un recipiente limpio y seco.

4



Retirar la protección del electrodo

7



Sumergir el electrodo en la muestra filtrada, hasta el nivel indicado, asegurando que el equipo permanezca recto, sin tocar el fondo o las paredes del vaso.

8



Mezclar ligeramente la muestra para homogenizar y sacar burbujas de aire.

9



Esperar a que el equipo realice la medición (2min).

12



Apagar el equipo con el botón ON/OFF.

11



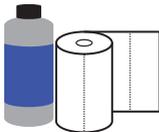
Leer el resultado y anotar en la planilla de registro.

10

HOLD

Presionar la tecla HOLD para guardar la medida.

13



Enjuagar el electrodo con agua destilada y secar delicadamente, sin tocarlo.

14



Volver a poner la protección del electrodo.

Temperatura

Definición. Es una medida del grado de calor o frío del agua. Los valores obtenidos generalmente sirven como datos auxiliares para realizar otras determinaciones como es el caso del oxígeno disuelto, alcalinidad, salinidad, conductividad y actividad biológica. La temperatura se mide en grados centígrados (°C).⁸

Causas / Sospecha de presencia de

Cambios en la temperatura.

Efectos

Impactos importantes en los ecosistemas y vida acuática.

Cambios en los ciclos de vida de bacterias.

Medición con Termómetro

MATERIALES



Equipo termómetro



Recipiente para recoger la muestra (limpio y seco)



Agua destilada / embotellada / hervida previamente



Papel absorbente

⁸ Basado en el Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 2550 B Medición de Temperatura (APHA, 1999) y manuales del equipo Panceilent TDS EC PH Meter.

Método

1



Asegurar que el equipo haya sido calibrado y las baterías estén cargadas.

2



Encender con el botón ON/OFF.

3



Cambiar las unidades de medición con el botón SHIFT, presionando de manera constante hasta encontrar "°C".

6



Inmediatamente, sumergir el electrodo hasta el nivel indicado.

5



Sacar la muestra de agua en un recipiente limpio y seco.

4



Retirar la protección del electrodo.

7



Presionar la tecla HOLD para guardar la medida.

8



Leer el resultado y anotar en la planilla de registro.

9



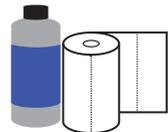
Apagar el equipo con el botón ON/OFF.

11



Volver a colocar la protección.

10



Enjuagar el electrodo con agua destilada y secar delicadamente, sin tocarlo.

Turbiedad

Definición. Indicación de la transparencia o claridad del agua. Es una expresión de la propiedad óptica del agua que hace que la luz se disperse o se absorba en lugar de transmitirse sin cambio de dirección través de la muestra. La turbiedad se mide en unidades de turbidez nefelométrica, (NTU).⁹

Causas / Sospecha de presencia de

Contaminación

Efectos

Agua turbia con sólidos que no se sedimentan

Medición con Equipo Nefelométrico



MATERIALES

Equipo nefelométrico



Celda de medición con referencia



Celda de medición para muestra

⁹ Basado en el Manual de Procedimientos Analíticos Estándar para la Evaluación de Agua y Aguas Residuales. Procedimiento 31230 B Medición de Turbiedad (APHA, 1999).

Método

1



Asegurar que el equipo haya sido calibrado y las baterías estén cargadas.

2



Encender con el botón ON/OFF.

3



Introduzca la celda de **referencia** en el equipo, siguiendo con cuidado las indicaciones de paso de la luz.

6



Asegurar que la celda de muestra tenga tapa y las paredes exteriores limpias y secas.

5



Sacar la muestra de agua en la celda del equipo.

4



Tapar el equipo y realizar la calibración.

7



Mezclar ligeramente la muestra para homogenizar y sacar burbujas de aire.

8



Introduzca la celda en el equipo, siguiendo con cuidado las indicaciones de paso de la luz.

9



Tapar el equipo.

12



Leer el resultado y anotar en la planilla de registro.

10



Esperar a que el equipo realice la medición (2min).

13



Apagar el equipo con el botón ON/OFF.

Medición del caudal

Se denomina caudal al volumen de agua que circula por el cauce de un río en un lugar y tiempo determinados. Es una medición esencial para la gestión del agua porque nos indica cuánta agua está disponible. Cuando se está definiendo la mejor manera de utilizar el agua, la cantidad es tan importante como la calidad. Sin embargo, la cantidad suficiente de agua es una noción que supera la simple medición del caudal, sino que involucra otras consideraciones legales como derechos de agua y demandas o limitaciones de uso (CAO, 2008). Generalmente, predecir caudales requiere modelos numéricos complejos, para los que es necesario el apoyo de otros miembros de la red interesados en la gestión del agua de la cuenca.

Una buena medición de caudal debería comenzar con un inventario de los usos del agua en el territorio y un registro de los datos meteorológicos. También, es interesante considerar los usos del agua subterránea. Con esta información se puede determinar si hay más o menos agua cada año y cuánta agua se tiene para el consumo humano así como para los ecosistemas.

MATERIALES



Varas para marcar las secciones del cauce (al menos 2)



Flexómetro / Cinta de medición



Flotador



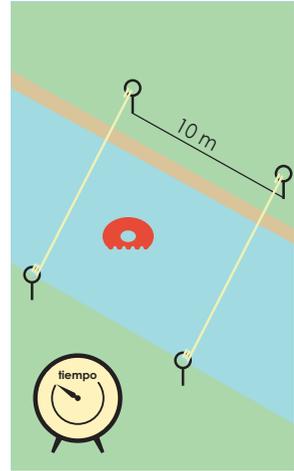
Reloj / Cronómetro

Método con flotador

1 Buscar un tramo del río ancho y uniforme, sin piedras grandes ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, ni impedimentos, en una línea recta (ver imagen).

2 En el tramo seleccionado ubicar dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y medir la **distancia** entre ellos (preferiblemente más de 10 metros). Por ejemplo, 12 metros.

3 Estimar la **profundidad** media del río, midiendo la profundidad entre punto A y B en intervalos de 50 cm. Para calcular la profundidad media, sumar todas las medidas y dividir por el número de mediciones que ha realizado, por ejemplo 1,5 metros.



4 Calcular el **área de la sección transversal** que acaba de medir, multiplicando la profundidad media por el ancho del río. Por ejemplo, una corriente de 6 metros de ancho con una profundidad media de 1,5 metros produciría una sección del área de 9 metros cuadrados.

5 Una persona se ubica en el punto A con el flotador y otra en el punto B con el reloj o cronómetro. Se **medirá el tiempo** de recorrido del flotador del punto A al punto B.

6 Se recomienda realizar un **mínimo de 3 mediciones** y calcular el promedio. Supongamos que el promedio del tiempo de recorrido fue de 8 segundos

7 La velocidad de la corriente de agua del río se calcula con base en la siguiente ecuación:

Velocidad = Distancia ÷ Tiempo de recorrido

Para nuestro ejemplo, tendríamos: Velocidad = $12 \div 8 = 1,5$ m/s

8 Calcular el **caudal bruto** multiplicando los **metros recorridos por el área de la sección transversal**. Utilizando el área de la sección transversal y la velocidad. En nuestro ejemplo sería: $1,5 \text{ m/s} \times 9 \text{ metros cuadrados} = 13,5 \text{ metros cúbicos por segundo (m}^3\text{/s)}$ de caudal bruto.

9 Debido a que el lecho de la corriente crea fricción contra el movimiento del agua, la parte inferior de la corriente tiende a moverse un poco más lenta que la parte superior. Esto significa que el **caudal "real"** es un poco menos, que lo que hemos calculado. Para corregir esto se **multiplica el caudal por 0,83**. En nuestro ejemplo obtenemos: $13,5 \times 0,83 = 11,205 \text{ m}^3\text{/s}$ de caudal real.



NOMBRE DEL LUGAR
Nombre y apellido
Fecha
Hora
Latitud
Longitud

Parámetro
pH
TDS
Cl
T₁

GAR: *Muelle del Puerto...*
 No: *Francisco Hidalgo Rosa Linares*
16-01-2018
10:25

Unidades	Resultado	BIMCH		
		Clase "B"	Clase "C"	Clase "D"
u. pt	5.22	6-9	6-9	6-9
mg/l	2.33	1000	1500	1500
ml/cm	5			
kg		menor 25%	menor 25%	menor 25%


 MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESQUERÍA Y RURALIDAD


 MINISTERIO DE SANIDAD, POLÍTICA CONSUMIDORES Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Anexos

ANEXO 1: Parámetros de Calidad de Agua – Bolivia / Perú

Perú

Perú tiene la siguiente clasificación para los usos de agua:

Categoría 1: Poblacional y recreacional	A	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
			A2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
			A3	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Categoría 2: Actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales	B	Aguas superficiales destinadas para recreación	B1	Contacto primario
			B2	Contacto secundario
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	C	Agua de mar	C1	Extracción y cultivo de moluscos
			C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
			C3	Otras actividades
			C4	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	D	Riego de vegetales Bebida de animales	D1	Riego de cultivos de tallo alto y bajo
			D2	Bebida de animales
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	E	Lagunas y lagos Ríos Ecosistemas marino / costeros	E1	Lagunas y lagos
			E2.1	Costa y sierra
			E2.2	Selva
			E3.1	Estuarios
			E3.2	Marinos

Adaptado de: (MINAM, 2015)

Y, en congruencia, los siguientes límites permisibles –se indican sólo los considerados en esta guía. Para el listado completo de parámetros, solicite a su municipalidad el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. También disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N%C2%BD0-015-2015-MINAM.pdf> (último acceso: octubre de 2018).

Parámetro y Unidades		Clasificación de Uso del Agua															
		A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	C3	C4	D1	D2	E1	E2.1	E2.2	E3.1	E3.2
Color Verdadero*	Unidades de Color escala PH/Co	15	100(a)	**	Sin cambio normal (b)	Sin cambio normal (b)	Sin cambio normal (b)	100 (a)	Sin cambio normal (b)	100 (a)	100 (a)	100 (a)	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
pH	Unidades pH	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0	6,0-9,0	**	7-8,5	6,8-8,5	6,8-8,5	6,0-9,0	6,8-8,5	6,8-8,4	6,5-9,0	6,5-9,0	6,5-9,0	6,8-8,5	6,8-8,5
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**			Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4	>= 4	>= 3	>= 2,5	>= 5	4	5	>= 5	>= 5	>= 4	>= 4	>= 4
Conductividad	µS/cm	1500	1600	**							2500	5000	1000	1000	1000	**	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000	1000	1500													
Turbiedad	UNT	5	100	**	100	**											

* Después de filtración simple ** No presenta concentración en esta categoría (a) Para aguas Claras (b) Para aguas que presentan coloración natural
 Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

Bolivia

El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, de la Ley 1333, hace la siguiente clasificación de los cuerpos de agua, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país:

	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
Para abastecimiento doméstico de agua potable después de:				
a) Desinfección sin tratamiento adicional	Si	No	No	No
b) Tratamiento físico y desinfección	No es necesario	Si	No	No
c) Tratamiento físico – químico completo	No es necesario	No es necesario	Si	No
d) Almacenamiento prolongado o pre sedimentación seguida de tratamiento físico – químico completo	No es necesario	No es necesario	No es necesario	Si
Recreación con contacto primario	Si	Si	Si	No
Protección de los recursos hidrobiológicos	Si	Si	Si	No
Riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada que sean ingeridas sin remoción	Si	Si	No	No
Para abastecimiento industrial	Si	Si	Si	Si
Para cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana	Si	Si	Si	No
Para abrevadero de animales	No	Si	Si	No
Para la navegación	No	Si	Si	Si

CLASE "A" Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios, verificados por laboratorio.

CLASE "B" Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE "C" Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE "D" Aguas de calidad mínima, que, para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

(MMAyA, s/f)

Y, en congruencia, los siguientes límites permisibles –se indican sólo los considerados en esta guía. Para el listado completo de parámetros, solicite a su municipalidad la Normativa de Gestión Ambiental del MMAyA. También disponible en: <http://bibliotecadologia.sirh.gob.bo/docs/pdf/208.pdf> (último acceso, octubre 2018)

Parámetro y Unidades		Clasificación de los Cuerpos de Agua			
		A	B	C	D
Color Verdadero*	Unidades de Color escala Pt/Co	<10	<50	<100	<200
pH	Unidades pH	6,0-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l	>80% sdI	>70%sdI	>60% sdI	>50%sdI
Conductividad	µS/cm				
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000	1000	1500	1500
Turbidez	UNIT	<10	<50	<100 <2000**	<200 10000**

* Valores máximos admisibles en cuerpos receptores

Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

*** Río en crecida

ANEXO 2: Planilla de Registro

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO

Lista de Materiales

Muestreador: _____ Distrito / Municipio: _____

Provincia: _____

Responsable del Plan de Monitoreo: _____ Departamento: _____

- | | | | | |
|---|---|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Recipientes limpios y secos para recolectar y filtrar muestras | <input type="checkbox"/> Papel absorbente | <input type="checkbox"/> Discos de color | <input type="checkbox"/> Equipo Cond /TDS/Temp | <input type="checkbox"/> Equipo OD |
| <input type="checkbox"/> Agua destilada / embotellada / hervida previamente | <input type="checkbox"/> Papel indicador pH | <input type="checkbox"/> Filtros | <input type="checkbox"/> Equipo pH | <input type="checkbox"/> Baterías y repuestos |

PARÁMETROS		CALIBRACIÓN	Punto de muestreo 1	Punto de muestreo 2	Punto de muestreo 3	Punto de muestreo 4	Punto de muestreo 5	Punto de muestreo 6	Punto de muestreo 7	Punto de muestreo 8	Punto de muestreo 9	Punto de muestreo 10
Nombre punto de muestreo		NO APLICA CALIBRACIÓN										
Coordenadas	Norte/Sur	NO APLICA CALIBRACIÓN										
	Este/Oeste	NO APLICA CALIBRACIÓN										
Altura	msnm	NO APLICA CALIBRACIÓN										
Clima		NO APLICA CALIBRACIÓN										
Hora / Código de fotografía		NO APLICA CALIBRACIÓN										
Olor y sabor		NO APLICA CALIBRACIÓN										
Color verdadero	Unidades de color escala Pt/Co	NO APLICA CALIBRACIÓN										
pH	Unidades pH											
Temperatura	°C											
Oxígeno disuelto	mg/l											
Conductividad	µS/cm											
Sólidos disueltos totales	ppm											
Turbidez	UNT											
Caudal / Profundidad*	m ³ /s o m											
Observaciones**												

* Para un río, indicar caudal. Para un lago, indicar profundidad.

** Características fuera de lo común como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas extraordinarias, presencia de animales u otros factores que alteren la calidad del curso de agua.

ANEXO 3: Calibraciones de Equipos

Calibración equipo para pH

(modelo Panceilent TDS, EC, pH Meter)

1. Colocar el equipo en la solución buffer 6.86.
2. Presionar el botón TEMP/CAL durante 3 segundos.
3. Esperar a que realice la medición
4. Limpiar con agua destilada.
5. Colocar el equipo en la solución buffer 4.00
6. Presionar el botón TEMP/CAL durante 3 segundos.
7. Esperar a que realice la medición.
8. Limpiar con agua destilada.
9. Vuelva a colocar el equipo en la solución 4.00 y realice la medición normalmente. Si la lectura es incorrecta, realice el procedimiento de calibración nuevamente.

Calibración equipo para sólidos disueltos totales y conductividad

eléctrica (modelo Panceilent TDS, EC, pH Meter)

- El equipo viene con calibración de fábrica.
- Contrastar con muestras tomadas con otros equipos.
- Contrastar con muestras analizadas en un laboratorio certificado.

Calibración equipo para oxígeno disuelto (modelo 850045 Sper Scientific)

1. Llenar completamente la cabeza del sensor con el líquido electrolito antes del primer uso.
2. Remueva la protección del sensor.
3. Asegúrese estar en un lugar fresco y bien ventilado.
4. Encienda el equipo utilizando el botón ON/OFF.
5. La pantalla mostrará "%O2" y "TEMP".
6. Presione y suelte la tecla HOLD.
7. Presione y suelte la tecla REC –la pantalla mostrará el mensaje "CAL" parpadeando y el indicador cambiará a 30. Luego inicia una cuenta regresiva desde 30 segundos.
8. Una vez que haya terminado la cuenta, aparecerá un mensaje END y luego regresará al mensaje de "%O2".
9. Debe indicar 20.9 que es la concentración típica de oxígeno en el aire. Caso contrario, realice nuevamente la calibración.

Glosario

A

Aforo: Mediciones dirigidas a la determinación del caudal de una corriente.

Agua cruda: Que no ha sido sometida a procesos de tratamiento. Estado en que se encuentra en las fuentes y cursos de agua.

Aguas residuales: Cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada por actividades de los seres humanos (uso doméstico, agrícola, industrial, minero, etc.). A las aguas residuales que provienen de usos domésticos también se les llama aguas servidas.

Amenaza de contaminación: Potencial de ocurrencia de la contaminación, con una magnitud dada, en un sitio y periodo específicos. Tiene que ver con las características del contaminante: su carga, concentración, persistencia, etc. Incidente o situación que puede llevar a la presencia de cualquier producto biológico, químico, agente físico o radiológico que tiene el potencial para causar daño (OMS, 2005).

C

Calidad del agua: La calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y biológicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua para distintos usos, para determinar si el agua es apta o tiene restricciones para dicho uso. Por ejemplo, para agua potable, estos estándares se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Existen normativas para cada uso del agua, por ejemplo: agua potable o consumo humano; aguas para recreación, con o sin contacto directo; agua para riego de vegetales, con o sin restricción; agua para bebida de animales; agua para cultivo de moluscos; etc.

Carga del contaminante: Medida que representa la masa de un contaminante que es vertida por unidad de tiempo desde una corriente residual hacia un curso de agua. Se mide en unidades de masa sobre tiempo, por ejemplo kg/día.

Caudal: Cantidad de agua que lleva una sección de una corriente en un tiempo determinado. Normalmente se mide en unidades de volumen sobre unidades de tiempo, por ejemplo, litros por segundo (l/s).

Caudal ecológico: Es la cantidad, calidad y régimen de caudal que se requiere para sostener a los ecosistemas de agua dulce y de estuarios así como los medios de subsistencia y bienestar de la población que depende de esos ecosistemas (Declaración de Brisbane, 2007).

Concentración del contaminante: Magnitud que expresa la cantidad de una sustancia (contaminante) por unidad de volumen. Por ejemplo, miligramos por litro (mg/l).

Contaminación: Alteración de cualquiera de los parámetros físicos, químicos y/o bacteriológicos del agua, como resultado de la actividad humana o procesos naturales, que conducen a que los parámetros medidos para un uso específico del agua estén por encima o por debajo de los límites establecidos por la regulación para dicho uso.

Contaminante: Sustancia que produce contaminación.

Control de la calidad del agua: Conjunto de actividades ejercidas en forma continua con el objeto de verificar que la calidad del agua cumpla con la legislación (Rojas, 2002) (OMS, 2006). Ver "Seguimiento y monitoreo".

Cuenca hidrográfica: Sistema geográfico e hidrológico formado por un río principal y todos los territorios asociados al origen del río y su desembocadura. Además, la cuenca hidrográfica incluye el área y los ecosistemas (territorios y ríos menores, aguas subterráneas o acuíferos, zonas costeras y su influencia) y sus interacciones, que inciden en el curso de agua, tanto en su calidad como en su cantidad (UICN).

Curso de agua: Sistema de aguas de superficie y subterráneas que, en virtud de su relación física, constituyen un conjunto unitario y normalmente fluyen a una desembocadura común (ONU, 1997).

E

Ecosistema: Área de tierra/agua, la biodiversidad que en ella habita y los factores físicos (aire, agua, rocas, etc.) con los que todos los elementos interactúan (UICN).

Eutroficación: Acumulación de residuos orgánicos en un curso de agua que causa la proliferación de materia orgánica. El enriquecimiento con nutrientes (nitrógeno y fósforo, principalmente) de un ecosistema acuático, favorece el crecimiento de algas u otras plantas, lo que a su vez impide el ingreso de luz a las profundidades, altera el ciclo de la fotosíntesis y el oxígeno disuelto en el agua; afectando de esta manera a peces y otros animales que viven en el fondo y promoviendo la aparición de compuestos tóxicos.

F

Frecuencia y periodo de muestreo: Número de veces en las que se toma una muestra durante un espacio de tiempo determinado. Por ejemplo, 5 muestras diarias.

G

Gestión integrada de los recursos hídricos: Es un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinados del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2011).

Gobernanza del agua: El ejercicio de la autoridad económica, política y administrativa en la gestión del agua. Se considera que la gobernanza es buena y democrática en la medida en que las instituciones, leyes y procesos sean transparentes. La buena gobernanza promueve la equidad, la participación, el pluralismo, la transparencia, la responsabilidad y el estado de derecho, de modo que sea efectivo, eficiente y duradero (ONU, 2017).

I

Indicador: Sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura. Por ejemplo, el valor de la turbiedad.

L

Legislación y normativa: conjunto de leyes por las cuales se regula una actividad determinada, en este caso, el aprovechamiento del agua. Establece una serie de parámetros e indicadores que se adoptan para la correcta utilización de este recurso.

M

Medidas de control: Acciones, actividades y procesos que se aplican para prevenir o minimizar los riesgos de contaminación (OMS, 2005).

Muestra de agua: Cantidad pequeña de agua que se considera representativa y que se toma con métodos adecuados para someterla a análisis.

Muestra simple: Se toma en un sitio determinado una sola vez.

Muestra compuesta: se compone una muestra en un sitio determinado con varias tomas en distintos momentos. Por ejemplo, una muestra compuesta de 24 horas.

P

Parámetro: Dato importante desde el que se examina un tema, es este caso el aprovechamiento del agua. Por ejemplo, caudal o turbiedad.

Parámetros organolépticos: Que puede percibirse con los sentidos (vista, tacto, olfato, gusto). En calidad de agua, se considera el olor y sabor.

Parámetros físicos: Tienen que ver con las características del agua. Entre los más importantes se puede mencionar: color, turbidez, conductividad y resistividad, temperatura, pH. Estas medidas son indicadores del impacto de los cambios de uso del suelo (CAO, 2008).

Parámetros químicos: Tienen que ver con las sustancias que están disueltas en el agua. Algunos de los más importantes son: dureza, sólidos totales suspendidos, sólidos totales disueltos, nitratos y otros nutrientes, etc. Estas medidas son indicadores de contaminación (CAO, 2008).

Parámetros microbiológicos: Estos parámetros son indicativos de la contaminación orgánica y biológica producto de la descomposición de materia fecal humana y animal, residuos domésticos, detergentes, etc. Los más utilizados son: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno. En temas de contaminación biológica, se estudia principalmente la presencia de diversos tipos de coliformes y otros patógenos.

Parámetros radioactivos: Indicativo de la presencia de radiación (emisión de energía, partículas o ambos, producto de la desintegración de los átomos).

Patógenos: Microorganismos que pueden causar enfermedades en otros organismos, ya sea en humanos, animales y plantas.

Persistencia del contaminante: Duración de un contaminante en el ambiente. Resistencia a la degradación / descomposición. Por ejemplo, compuestos orgánicos persistentes.

Plan de monitoreo: Delimitación de las acciones a llevarse a cabo para lograr una adecuada toma de muestras, que genere información precisa y suficiente para la gestión del agua. Incluye el tipo de muestra y los puntos, la frecuencia y los periodos de muestreo y la gestión de la información.

Punto de muestreo: Sitio específico destinado para tomar una muestra representativa de la calidad de agua o de una parte del proceso de tratamiento.

R

Recursos hídricos: Agua disponible en cantidad y calidad, en un espacio y tiempo determinados, para satisfacer las necesidades de los seres humanos y de los ecosistemas.

Riesgo de contaminación: Magnitud probable del daño al curso de agua, relacionado con la presencia de amenazas y su vulnerabilidad. Probabilidad de que una amenaza de contaminación cause daño a un curso de agua por un período de tiempo especificado, incluyendo la magnitud de ese daño y/o sus consecuencias (OMS, 2005).

S

Seguimiento y monitoreo: controlar minuciosamente el desarrollo de un suceso. Reunir datos e información sobre la calidad y cantidad de agua que sirven para sustentar su gestión, educar y evaluar los impactos humanos sobre el recurso así como el efecto de las medidas implementadas para mejorar su estado (CAO, 2008). Cualquier actor puede evaluar los parámetros de interés, con una periodicidad adecuada, de manera que se pueda gestionar eficazmente el agua. Por ejemplo, tomar muestras mensuales para estudiar la evolución en los indicadores de turbiedad o demanda bioquímica de oxígeno.

Seguridad hídrica: La provisión confiable de agua en cantidad y calidad aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua. (GWP, 2011)

T

Tendencia: Disposición natural del un parámetro. Por ejemplo, el caudal de un curso de agua tiene tendencia a aumentar en época de lluvia y a disminuir en la estación seca.

Trazabilidad: Permite seguir el proceso de muestreo en cada una de sus etapas.

V

Vigilancia de la calidad del agua: Actividades realizadas por las autoridades competentes para comprobar, examinar e inspeccionar el cumplimiento de las normas de calidad del agua (Rojas, 2002). La autoridad de vigilancia debe tener la competencia para determinar si los usuarios del agua están cumpliendo con sus obligaciones y la pronta adopción de medidas correctivas en caso contrario (OMS, 2006).

Vulnerabilidad / Suceptibilidad a la contaminación: Característica del curso de agua que lo hace propenso a ser contaminado. Grado de exposición. Que no reúne las características suficientes para ser preservado de un daño.

Bibliografía

AGUA SUSTENTABLE, UICN, 2017. Diseño del sistema de monitoreo público social de calidad de agua Lago Titicaca (Bolivia -Perú). La Paz, Bolivia.

ANA, 2016. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Lima - Perú: Autoridad Nacional del Agua.

APHA, 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC - USA: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

CAO, 2008. Monitoreo Participativo del Agua: Guía para Prevenir y Manejar el Conflicto. Washington, DC - USA: Oficina del Asesor en Cumplimiento/Ombudsman (CAO).

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M., 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba, Bolivia.

EDUCANDO, 2015. Disponible en: <https://goo.gl/6wUPwh>

GWP, 2011. Global Water Partnership South America - Qué es la GIRH?. [En línea] Disponible en: <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/por-que/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/> [Último acceso: 25 septiembre 2018].

GWP, 2011. Global Water Partnership South América - Qué es la seguridad hídrica. [En línea] Disponible en: <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/por-que/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-seguridad-hidrica/> [Último acceso: 25 septiembre 2018].

MDSMA, 1997. Metodologías para el diseño de redes de monitoreo, estadísticas, precisión de las determinaciones analíticas y control de calidad. Buenos Aires, Argentina.

Milacron Mexicana Sales. (s.f.). ¿Por qué es importante el Oxígeno disuelto?

MINAM, 2015. Decreto Supremo N° 015-2015: Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, Lima-Perú: El Peruano.

MMAyA, 2017. Guía para la Implementación de Sistemas de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad Hídrica. 1era ed. La Paz - Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

MMAyA, s/f. Normas de Gestión Ambiental, La Paz - Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

OMS, 2005. Water Safety Plans: Managing drinking water quality from catchment to consumer, Génova, Suiza: World Health Organization / Organización Mundial para la Salud.

OMS, 2006. Guías para la calidad del agua potable, tercera edición: Volumen 1 - Recomendaciones. Tercera ed. Genève, Suiza: Organización Mundial de la Salud.

ONU, 1997. Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos a la navegación. s.l., Organización de las Naciones Unidas.

ONU, 2017. Organización de las Naciones Unidas. [En línea] Disponible en: <http://www.un.org/es/globalissues/governance/> [Último acceso: 10 septiembre 2018].

Rojas, R., 2002. Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

El agua es un recurso imprescindible para la vida, el funcionamiento de los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico de las comunidades. La calidad del agua se determina en función del uso que se le vaya a dar. Se consideran distintos parámetros -físicos, químicos o biológicos- del agua, comparados con una norma definida. El monitoreo de estos parámetros debe realizarse de forma sistemática para garantizar resultados confiables, que permitan determinar el grado y la causa de las alteraciones en la calidad del agua, y así tomar acciones y decisiones más oportunas e informadas para garantizar la seguridad de su uso. Bajo un enfoque participativo, se promueve el involucramiento de los actores directamente relacionados al uso del agua en las actividades de monitoreo. Esta Guía de Monitoreo de Calidad del Agua está direccionada a comunidades y municipios interesados en monitorear la calidad del agua de sus localidades. Muestra los pasos básicos a seguir para planificar y ejecutar adecuadamente un control básico de la calidad del agua, una explicación de los parámetros a estudiar y una guía sencilla sobre la utilización de los instrumentos de medición en campo.

