

# GUÍA DE MONITOREO PARTICIPATIVO DE CALIDAD DE AGUA



REGIÓN SELVA MAYA  
2023



La Guía de Monitoreo Participativo de Calidad de Agua para la Región Selva Maya 2023 ha sido elaborada por Agua Clara Ciudadanos por Bacalar A.C., en el marco del “Programa de fortalecimiento de capacidades para el monitoreo de la salud ambiental de Laguna Bacalar, Quintana Roo” el cual se realiza bajo el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte, Institución de Asistencia Privada.

Para su elaboración se contó con la colaboración y asistencia técnica de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), y el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo (GIZ) a través del Programa regional Selva Maya.

El contenido del mismo es responsabilidad exclusiva de Agua Clara Ciudadanos por Bacalar A.C. y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista del Gobierno de México, ni del Gobierno de Alemania.

## AUTORES

### Agua Clara Ciudadanos por Bacalar AC

Melina C. Maravilla Romero

Elías Fonseca Chicho

Liliana Isabel Gamboa Magaña

Citlali Gpe. Carrillo García

### Conagua

Este proyecto se realiza bajo el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte, Institución de Asistencia Privada

Impreso y hecho en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente.



**Agua Clara**  
Ciudadanos por Bacalar A.C.

CON EL APOYO DE:



**RÍO ARRONTE**  
FUNDACIÓN



Implementada por:  
**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Activar la participación ciudadana

Generar datos

Interpretar resultados





Implementar planes



**¡Hola! Soy Goti,  
acompañame en  
ESTE RECORRIDO**

# CONTENIDO

	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
	<b>¿Qué es la calidad del agua?</b>	<b>9</b>
	<b>¿Cómo se contamina el agua?</b>	<b>11</b>
	Contaminación puntual	12
	Contaminación difusa (o no puntual)	12
	<b>Clasificación de aguas</b>	<b>13</b>
	<b>¿Qué es el monitoreo de la calidad del agua?</b>	<b>14</b>
	<b>¿Por qué es importante monitorear la calidad del agua?</b>	<b>15</b>
	<b>Sitios de muestreo de calidad del agua en la Selva Maya</b>	<b>16</b>
	<b>Monitoreo participativo</b>	<b>19</b>
	<b>Pasos para realizar un Monitoreo Participativo de calidad del agua</b>	<b>21</b>
	Propósito del muestreo de la calidad del agua	21
	Diseño del plan de muestreo	22
	Interpretación y comunicación de resultados	26

	<b>Parámetros de medición de la calidad del agua</b>	<b>27</b>
	<b>Principales parámetros y métodos para la medición de la calidad del agua en el monitoreo participativo</b>	<b>28</b>
	<b>Intervalos de referencia de calidad del agua</b>	<b>53</b>
	<b>Vinculación Ciencia y Sociedad</b>	<b>57</b>
	<b>Anexos</b>	<b>58</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>61</b>



# INTRODUCCIÓN

*De acuerdo a la ONU (2016), la calidad del agua se basa en su caracterización física, química y microbiológica, y la comparación con normas y estándares de calidad. De esta manera, es posible definir si el agua es idónea para los requerimientos asociados a un uso específico. Así, el deterioro de la calidad del agua se da por procesos naturales o antropogénicos, por lo que resulta importante establecer iniciativas de monitoreo que permitan el seguimiento de las condiciones de los cuerpos de agua.*



La presente guía surge por el interés de homologar criterios, metodologías, y resultados de diversas iniciativas para la medición de la calidad del agua entre las instancias que realizan monitoreos en la región. Esta herramienta de apoyo está dirigida a comunidades, sociedades organizadas y todo grupo interesado en monitorear la calidad del agua de sus localidades. Así mismo, esta guía se enfoca en los cuerpos de agua de la región Selva Maya (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco y Chiapas).



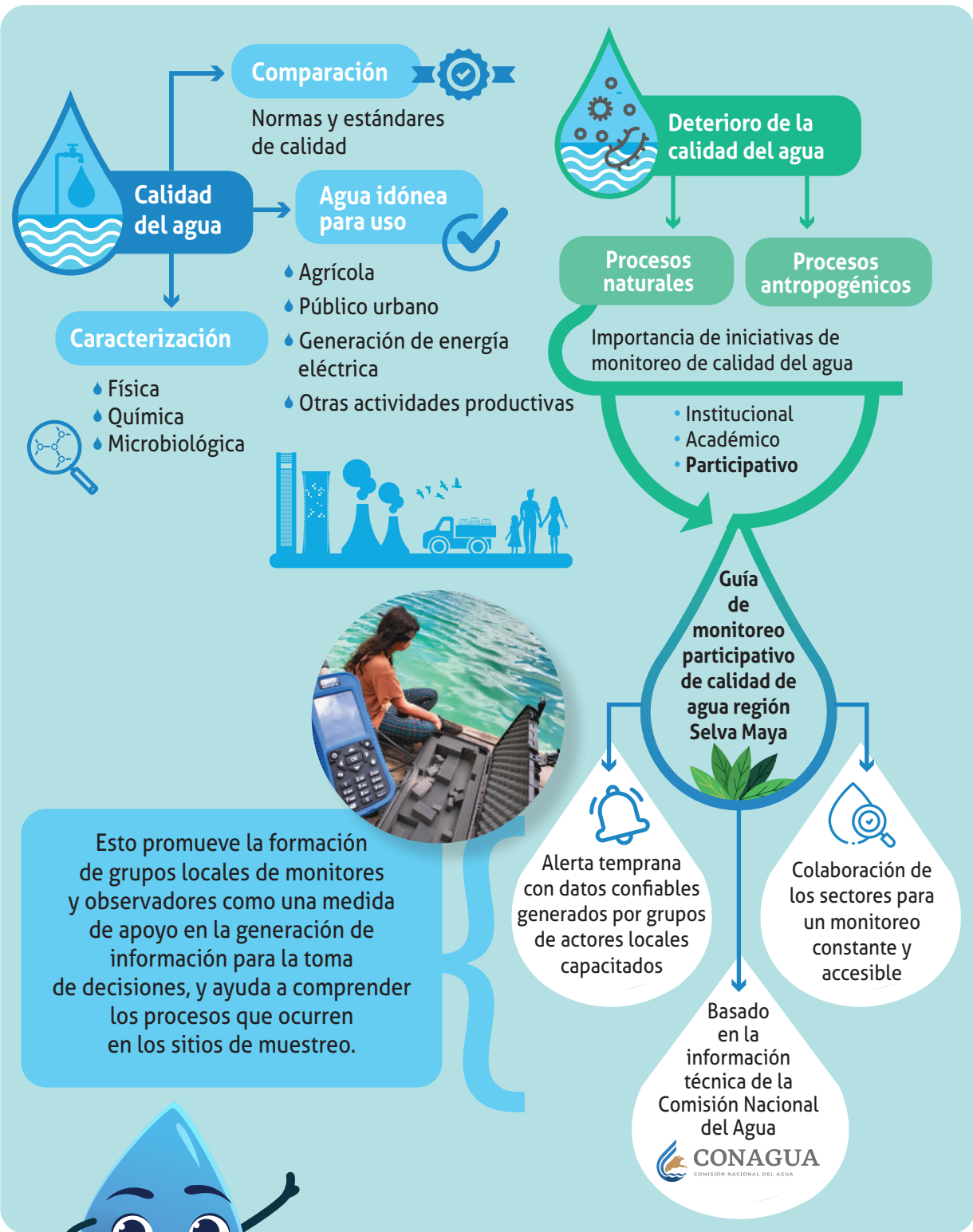
Esta iniciativa es una base para establecer una alerta temprana con datos confiables generados por grupos de actores locales capacitados en la toma de muestras, análisis e interpretación de parámetros para conservar la calidad de los recursos hídricos en la Selva Maya.

Promueve también la colaboración de los sectores para un monitoreo constante y accesible de un sistema acuático para la comunidad, a mediano y largo plazo, a fin de responder a asuntos de interés público.

La información técnica de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) es el fundamento de la guía por su experiencia en campo con la caracterización y selección del sitio de estudio, metodología, análisis, y diagnóstico de la calidad del recurso hídrico.

Así, la implementación de un monitoreo participativo bajo los protocolos y normas vigentes en México de acuerdo a la Conagua reduce la incertidumbre en el proceso de diseño, ejecución y análisis. Esto promueve la formación de grupos locales de monitores y observadores como una medida de apoyo en la generación de información para la toma de decisiones, y ayuda a comprender los procesos que ocurren en los sitios de muestreo.



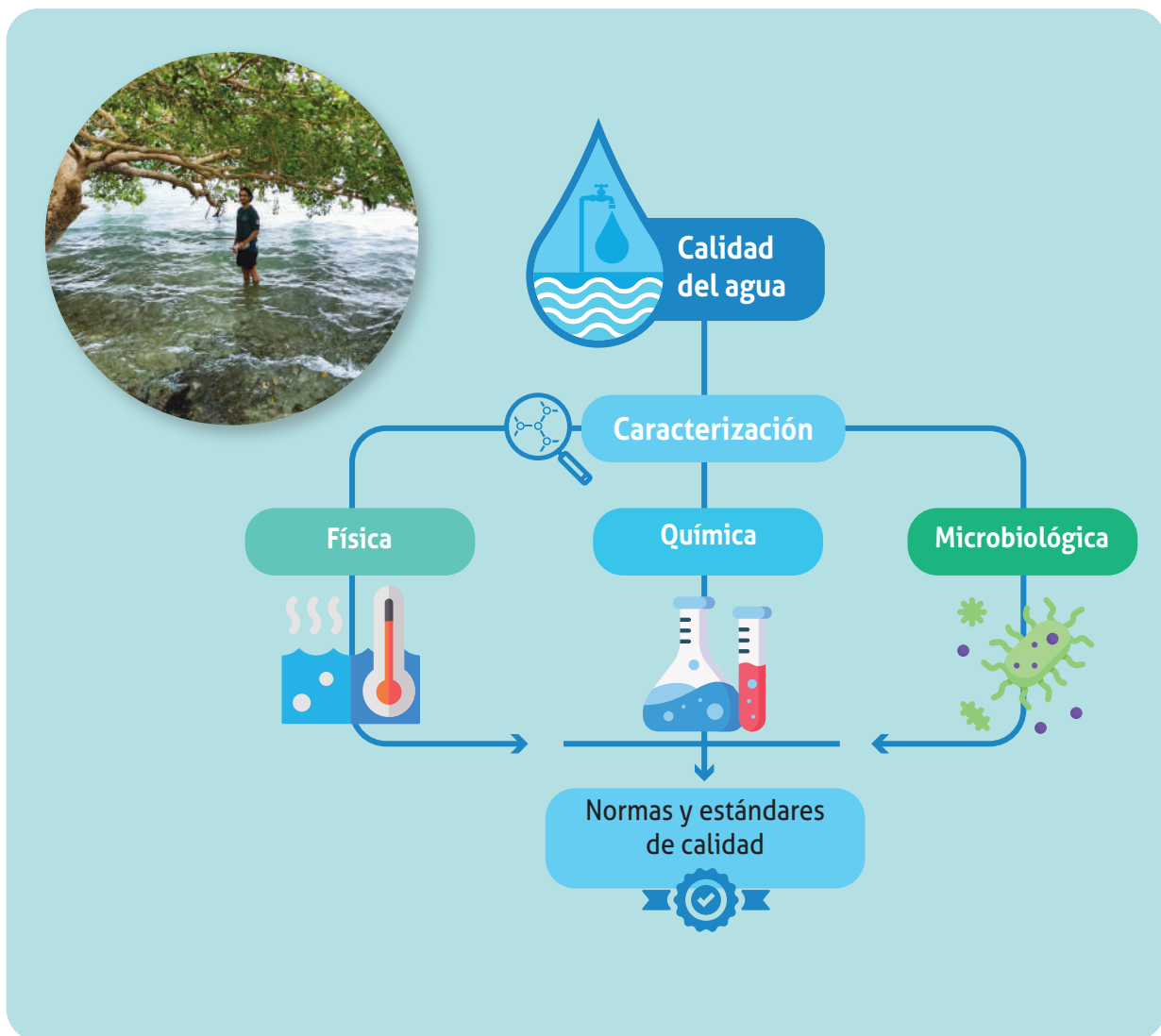






# ¿Qué es la calidad del agua?

Según la ONU (2016), la calidad del agua se determina mediante la caracterización física, química y microbiológica de muestras de agua y su comparación con normas y estándares de calidad. De esta forma se puede identificar si el agua es idónea para los requerimientos de calidad asociados a un uso determinado, como por ejemplo, el consumo humano o el ambiente, y en su caso, los eventuales procesos de depuración requeridos para la remoción de elementos indeseables o riesgosos.





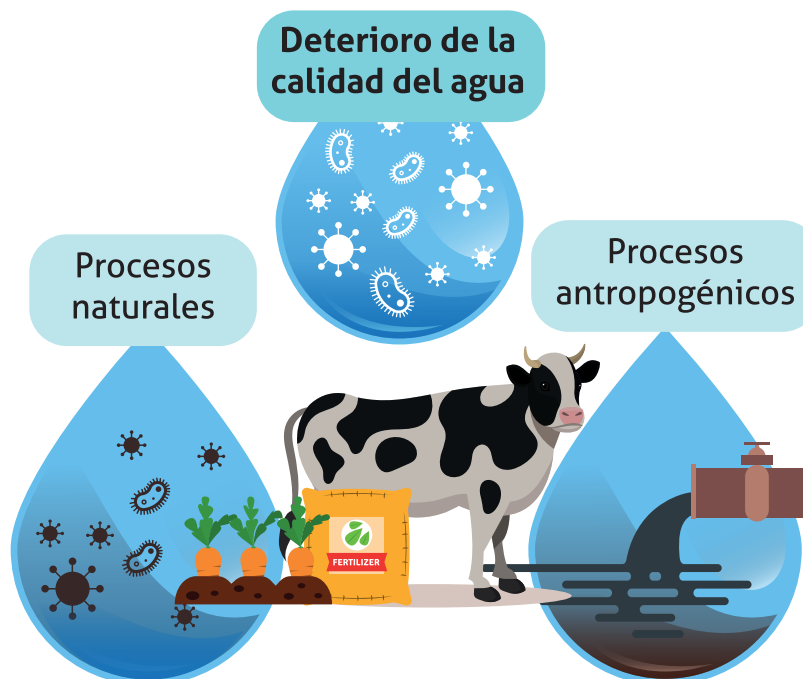
Para determinar la calidad del agua es necesario saber qué uso tendrá. Según la Ley de Aguas Nacionales, los usos del agua son los siguientes:





## ¿Cómo se contamina el agua?

La presencia de diferentes sustancias y la acción de otros agentes que sobrepasen los límites máximos permisibles establecidos para cada uso, contamina el agua y reduce su calidad. Una gestión adecuada del uso del agua es importante porque toda actividad humana sobre el agua siempre tendrá un impacto en su calidad.

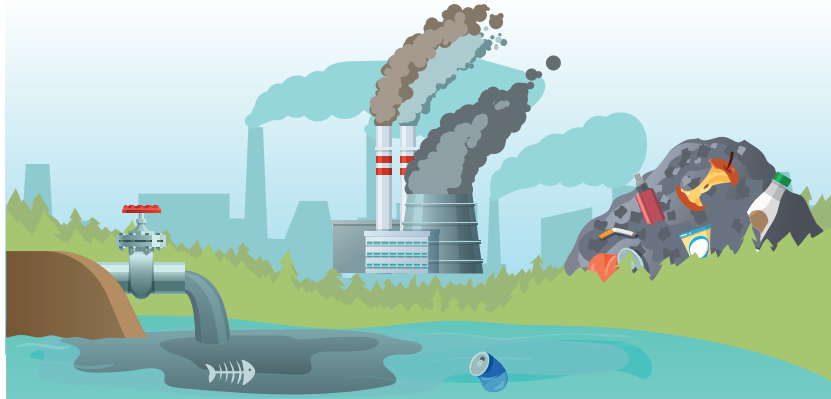


Una de las mayores fuentes de contaminación del agua son las actividades agropecuarias que transportan nutrientes en exceso, por escurrimiento o infiltración, hacia los cauces de agua.

## Contaminación puntual

Estas son las descargas de contaminantes fácilmente identificables. Por ejemplo, los efluentes de aguas residuales, la descarga de residuos líquidos de una industria o el efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales

Adicionalmente, existen descargas ilegales y furtivas de aguas residuales, tiraderos a cielo abierto y basureros no regulados.



## Contaminación difusa (o no puntual)

La contaminación **no puntual** es el conjunto de sustancias arrastradas como:



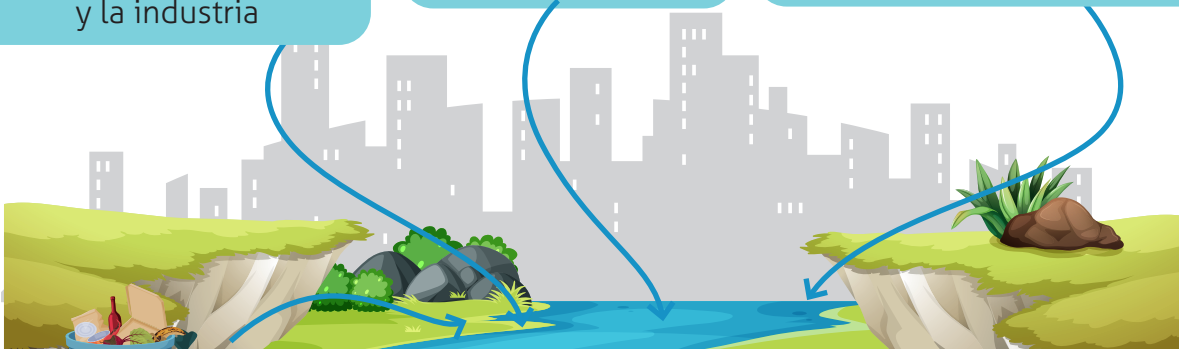
Los productos químicos utilizados en la agricultura y la industria



Metales derivados de la minería



Detergentes, fármacos de uso doméstico y aceites



Residuos sólidos llegan a los cuerpos de agua siendo arrastrados mediante diferentes agentes como el aire, las escorrentías por el agua de lluvia. Son fuentes de contaminación no identificables.



# Clasificación de aguas

Para fines de esta guía y de acuerdo con su origen, el agua se puede clasificar como:

## Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Conagua, 2019)



## Aguas naturales

Compuesto por aguas superficiales y subterráneas

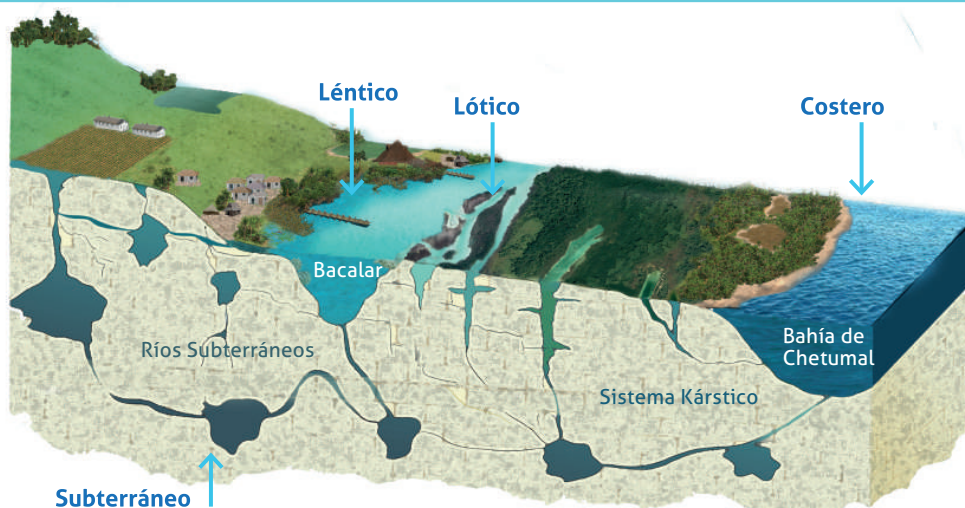


**Tabla 1.** Clasificación de aguas superficiales y subterráneas.

Grupo	Tipo	¿En dónde se encuentran?
Subterráneo	Subterráneo	Pozos, cenotes, galerías, manantiales
	Lótico	Ríos, arroyos, manantiales, riachuelos y canales
Superficial	Léntico	Lagos, lagunas, estanques, humedales y pantanos
	Costero	Playas, bahías, marismas, estuarios

Fuente: Conagua

**Imagen 1:** Clasificación por Tipo cuerpo de agua.

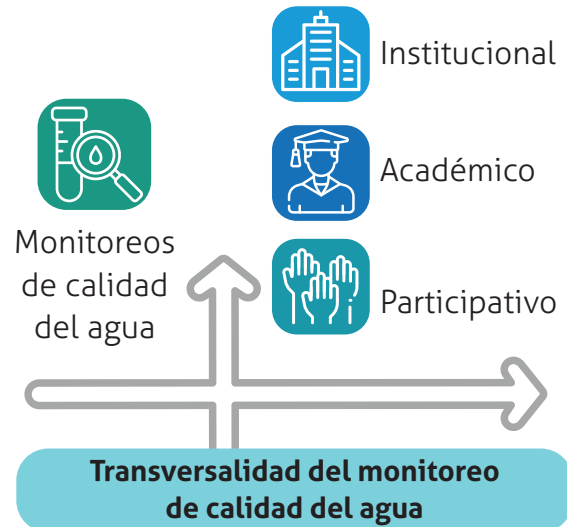
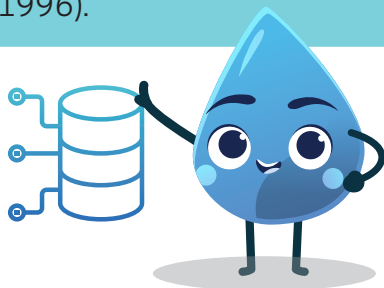


# ¿Qué es el monitoreo de la calidad del agua?



Un monitoreo de agua es un instrumento de evaluación con orden y metodología rigurosas. Su objetivo es evaluar la calidad del agua utilizando determinados parámetros. Los resultados obtenidos en el monitoreo impulsan una toma de decisiones certera para su gestión socioambiental, porque ofrecen alertas tempranas que permiten establecer límites y medidas correctivas para evitar que el cuerpo de agua analizado se convierta en no apto para el uso atribuido (OMS, 2006)(CAO, 2008).

Los monitoreos generan bases de datos para analizar las variables en el tiempo que pueden estar afectando la calidad del agua para el uso asignado. Los datos obtenidos ayudan a establecer recomendaciones de gestión encaminadas a mejorar y proteger el bienestar de la salud pública y proteger el ecosistema (Chapman, 1996).





# ¿Por qué es importante monitorear la calidad del agua?

Según la Conagua (2015) la calidad de agua es medida para:

Generar información que permita crear programas específicos de prevención o remediación de la contaminación a mediano y largo plazo.



Respetar la ecología nativa.



Elevar la calidad y nivel de vida de la población local y el turismo.

Monitorear el agua también permite:



Caracterizar la calidad del agua identificando los cambios en el tiempo.



Crear alertas tempranas, identificando problemas emergentes o existentes asociados a la calidad del agua.



Definir si la calidad de los cuerpos de agua es aceptable, de acuerdo con el o los usos establecidos.



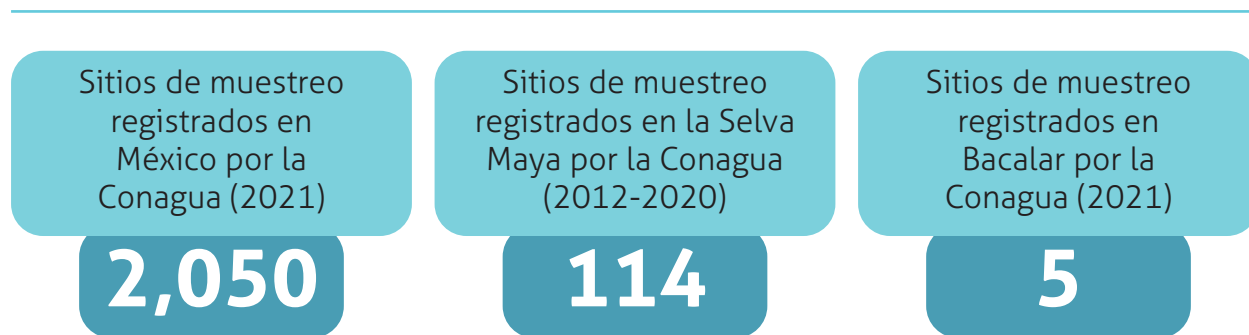
Sensibilizar a diferentes grupos sobre el uso del agua

# Sitios de muestreo de calidad del agua en la Selva Maya



En México, la Conagua es el organismo encargado de monitorear los principales cuerpos de agua, a través de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua.

**Tabla 2.** Sitios de muestreo registrados por la Conagua.



¿Sabías que Agua Clara realiza un monitoreo de calidad de agua en **26 puntos** de la Laguna de Bacalar?

<https://www.aguaclara-por-bacalar.org/>



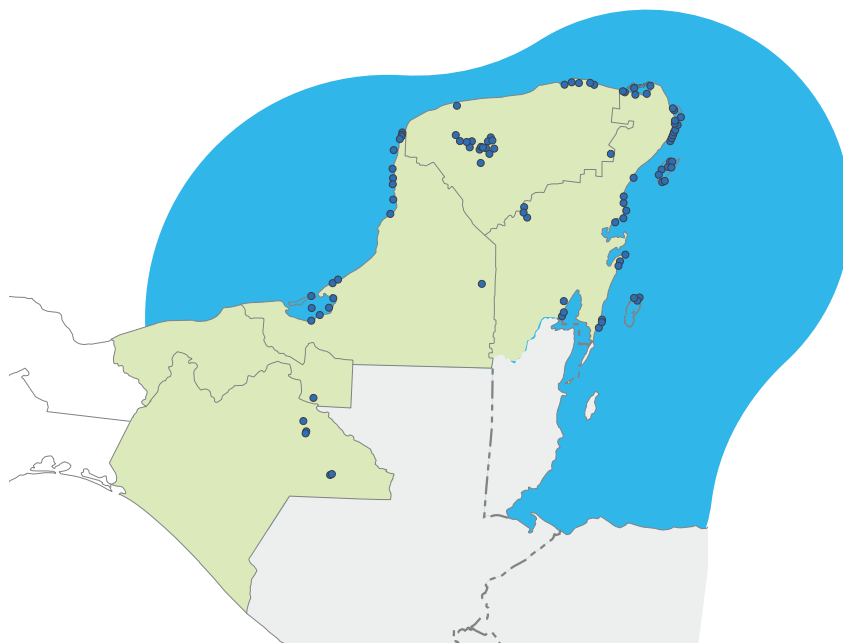




La región Selva Maya está conformada por los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Chiapas y Tabasco. A continuación, se mencionan algunas características de importancia hidrológica:

- ◆ La península de Yucatán cuenta con una vasta red de cuerpos de agua subterránea.
  - ◆ Posee un relieve cárstico con suelo poroso, rocas compactas y solubles, generalmente calcáreas y con numerosas corrientes de agua subterráneas.
- ◆ La región Selva Maya es relevante en términos hidrológicos debido a la gran cantidad de agua dulce en el ecosistema.
  - ◆ Dentro de esta región se encuentran dos de las trece regiones hidrológico-administrativas de México: Península de Yucatán y Frontera Sur.

**Imagen 2.** Sitios monitoreados por la Conagua en la región Selva Maya 2012-2020.



En el 2020, dentro del análisis de calidad del agua superficial y subterránea realizado por la Conagua, se midieron los indicadores desglosados en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Parámetros medidos en agua superficial por la Conagua.

	Fisicoquímicos	Microbiológicos	Otros
Conagua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólidos Suspendedos Totales</li> <li>- Demanda Bioquímica de Oxígeno</li> <li>- Demanda Química de Oxígeno</li> <li>- Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto</li> <li>- pH, REDOX, temperatura, turbidez, cloruros, sulfatos, SAAM, nitrógeno y fósforo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coliformes fecales</li> <li>- <i>Escherichia coli</i></li> <li>- Enterococos fecales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicidad</li> <li>- Manganeso</li> </ul>

**Tabla 4.** Parámetros medidos en agua subterránea por la Conagua.

	Fisicoquímicos	Microbiológicos	Otros
Conagua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcalinidad</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> <li>- Dureza</li> <li>- Sólidos disueltos totales</li> <li>- Fluoruros</li> <li>- Nitratos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coliformes fecales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arsénico</li> <li>- Cadmio</li> <li>- Cromo</li> <li>- Mercurio</li> <li>- Plomo</li> <li>- Manganeso</li> <li>- Hierro</li> </ul>



¿Sabías que los parámetros medidos por Agua Clara en agua superficial son: *E. Coli*, pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales, Potencial de oxidación y reducción, Temperatura, Turbidez, Clorofila DBO<sub>5</sub>, Nitrógeno y Fósforo?



# Monitoreo participativo

**A**demás de los monitoreos realizados por la Conagua, cada vez se hacen más presentes los monitoreos participativos conformados por la sociedad civil interesada en conocer la calidad de los cuerpos de agua de sus localidades.

Esta actividad es posible a través del acompañamiento que brindan instituciones de gobiernos, universidades y organizaciones no gubernamentales, quienes en conjunto crean alianzas con las comunidades con el objetivo de identificar cualquier anomalía en la calidad del agua y hacer un llamado temprano a las instituciones correspondientes sobre la pertinencia de establecer nuevos sitios de monitoreo y/o identificar fuentes puntuales de contaminación.

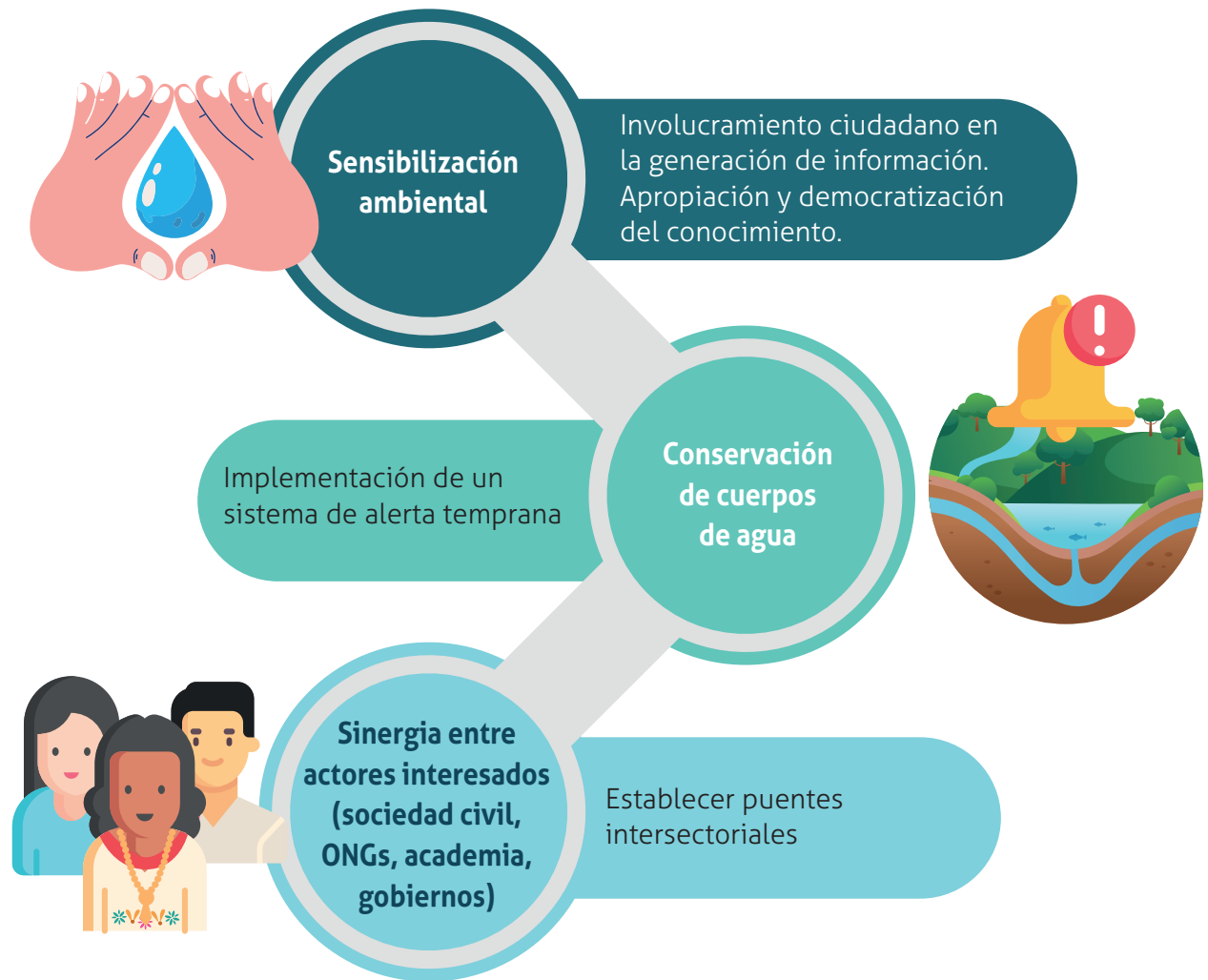


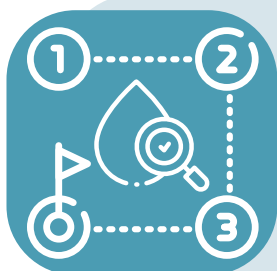
Proceso transparente e incluyente para la obtención de datos confiables, mediante técnicas adecuadas y participación activa de la comunidad



Monitoreo participativo de la calidad del agua

De manera general, un monitoreo participativo de calidad del agua tiene tres ejes transversales:





# Pasos para realizar un Monitoreo Participativo de calidad del agua



## 1. Propósito del muestreo de la calidad del agua

Por qué surge el interés de estudiar el cuerpo de agua



¿Cuál es el objetivo particular de este monitoreo?

Es importante definir el motivo que incentiva esta iniciativa; corroborar la calidad de agua en balnearios (uso recreativo), verificar que se cumpla la normatividad ambiental, tener evidencias de posibles sospechas de agentes contaminantes.

¿Cuáles son los parámetros que se requieren medir?

La elección de los parámetros depende del objetivo particular planteado, así como la accesibilidad a material, equipo y reactivos.

De la correcta elección de parámetros se hablará en el siguiente apartado

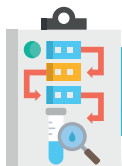
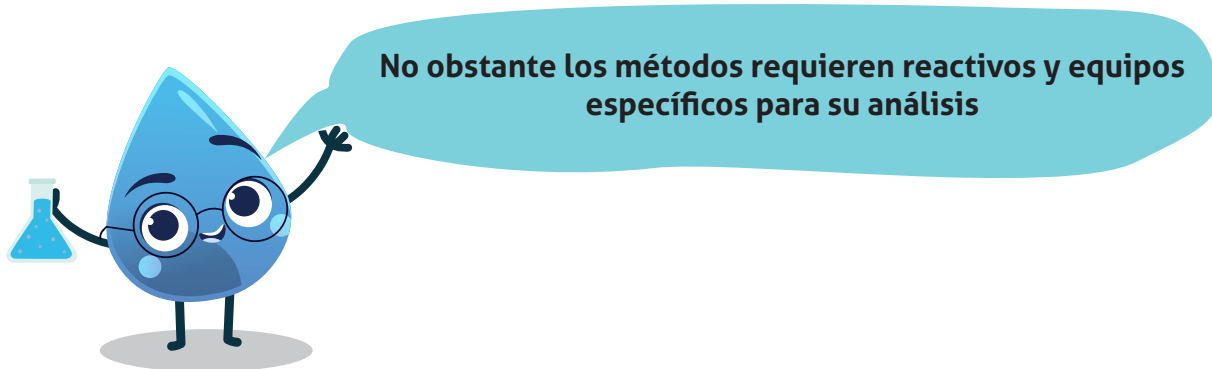
¿Cuáles son los puntos de interés?

La elección de los puntos dependerá del objetivo particular, pero también de la facilidad de acceso y seguridad de la zona.

Los parámetros sugeridos en esta guía se han seleccionado con base en los trabajos realizados por la Conagua y grupos organizados que realizan el monitoreo participativo. Así mismo, las normativas mencionan algunos parámetros que se deben medir en el agua dependiendo de su uso (Tabla 5).

**Tabla 5.** Parámetros seleccionados en función del uso del agua

Análisis de agua	Parámetros
Agua purificada. NOM-201-SSA1-2015	Color, Sabor, Turbiedad, Cloro residual libre, Sólidos disueltos totales, Coliformes totales.
Agua para uso y consumo. NOM-127-SSA1-1994	Color, Olor, Turbiedad, Cloro residual libre, Cloruros, Dureza Total, pH, Sólidos disueltos totales, Sulfatos, DQO, Coliformes totales, <i>E. Coli</i> , Coliformes fecales.
Agua para riego agrícola. Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales 2022	Cloruros, Sulfatos, Materia flotante, pH, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Coliformes fecales



## 2. Diseño del plan de muestreo


De acuerdo con la Conagua, el muestreo es la recolección de un volumen representativo de un cuerpo de agua, que permita obtener resultados reproducibles y confiables.



Así, la integración de un muestreo se compone principalmente de cuatro fases:



A continuación, se mencionan algunas consideraciones para cada etapa de muestreo:

 **I. Planeación.** Esta etapa contempla la coordinación y logística previa necesaria para realizar el monitoreo.

- Una vez identificados los sitios de muestreo, se recomienda realizar una visita previa para observar el estado del cuerpo de agua. Con base en la visita se podrá elaborar un plan de muestreo para identificar las formas de recolección de muestras y métodos más apropiados.
- Es importante verificar que todos los materiales y equipos se encuentren limpios, en buen estado, que cuenten con baterías útiles, calibrados y esterilizados (en caso de ser necesario).
- Previo al muestreo, si es posible llenar las etiquetas de los recipientes a utilizar, asegurarse de llevar hojas de datos para tomar nota de la información obtenida en campo, así como contar con un espacio para observaciones. También se recomienda tener dispositivos para documentar el proceso (celular, cámara, etcétera).
- Contar con espacio suficiente para almacenar las muestras, material para etiquetar, hielo, hielera u otro material que se considere necesario para el trayecto.
- Es importante contar con las medidas de seguridad pertinentes: botiquín de primeros auxilios, números de emergencia, chalecos salvavidas, entre otros.
- En caso de ser necesario, gestionar los permisos de acceso a los sitios de muestreo con tiempo.





**II. Recolección.** Momento en el cual se realiza la recolecta de muestras, así mismo se lleva a cabo la medición de parámetros de campo y sus respectivos registros.

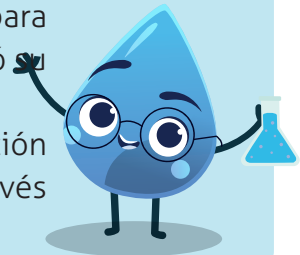
- ◆ Se debe considerar recolectar suficiente muestra para la totalidad de análisis contemplados conforme a lo establecido para cada parámetro.
- ◆ En general, se recomienda la recolección en recipientes de plásticos o vidrio limpios. De ser posible, lavar el material con jabón para material de laboratorio, con lo que se reduce el error en los análisis.
- ◆ Para una recolección de muestra idónea, se recomienda “ambientar” el recipiente, esto se logra enjuagando tres veces con el agua de muestra. Posteriormente, se introduce el recipiente cerrado y se realiza la recolecta según lo indicado para cada método.
- ◆ Etiquetar los recipientes de muestreo incluyendo datos como clave del sitio, fecha y hora. Este paso también se puede realizar durante la planeación del muestreo.
- ◆ En la medida de lo posible, evitar alterar el fondo del cuerpo de agua para no recolectar sedimentos.



### Tipos de muestras

**Simple.** Representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó recolección. Se recolecta en un sitio determinado y una sola vez.

**Compuesta.** Una muestra compuesta busca obtener representación de varias capas del cuerpo de agua. Así, es posible tomarla a través de distintas profundidades o de orilla a orilla.



**III. Preservación.** Tiene la función de realizar ciertas acciones que retardan los cambios químicos y biológicos desde el momento de la recolección de la muestra hasta cuando se realizan los análisis de la misma. Esto se realiza con el fin de obtener datos confiables durante los análisis posteriores.

- ◆ Se recomienda contar con un contenedor térmico (hielera) y hielo para conservar las muestras recolectadas.
- ◆ Es importante realizar el análisis lo más pronto posible. De no ser así, es necesario preservar las muestras en función del parámetro a analizar. Es importante conocer la vigencia de cada uno de los parámetros.
- ◆ Las muestras que no se analicen inmediatamente deben mantenerse en conservación.



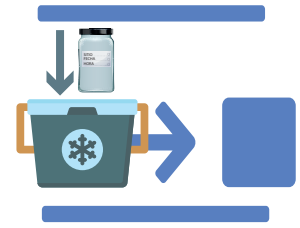




#### IV. Traslado.

Transportar las muestras desde el sitio de muestreo hasta el lugar donde se llevará a cabo el análisis.

- ◆ Asegurarse que todas las muestras se encuentran debidamente etiquetadas.
- ◆ Asegure la cadena de custodia. Este documento sirve para trazar la posesión y el manejo de las muestras desde su recolección, análisis y reporte de resultados. Así mismo otorga confianza de que la integridad del muestreo no ha sido comprometida.
- ◆ Procurar mantener las muestras siempre en enfriamiento para su conservación de acuerdo a la temperatura señalada para cada uno de los parámetros.



### ¡Ojo! Últimas consideraciones:



Para **aguas superficiales** se recomienda realizar el monitoreo **6 veces al año** como mínimo con periodicidad **bimestral**.



Para **cuerpos subterráneos** la frecuencia de monitoreo recomendada es **anual**.



Procurar realizar el monitoreo siempre a la misma hora.



Evitar realizar la recolección de muestras con lluvias fuertes.



Siempre anteponer la seguridad de la persona muestreadora. Si el sitio elegido representa algún peligro, es preferible no recolectar la muestra.





### 3. Interpretación y comunicación de resultados



#### Formato de captura

Considerar la importancia de tener un registro estandarizado de captura de datos (una base de datos). Es posible optar por un formato tipo Excel que incluya lugar o clave de sitio, fecha y hora, parámetros y observaciones como datos mínimos.



#### Base de datos

Como parte final del monitoreo participativo, es esencial que la información generada en cada muestreo se ingrese a una base de datos.



#### Importancia de comparar

Se mide la calidad real del monitoreo al comparar los resultados de las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas con los criterios de las normas en materia de calidad del agua.



#### Divulgación de resultados

Es importante definir la forma adecuada de divulgación de resultados con base en las posibilidades y alcances de cada grupo de monitoreo, así como considerar el contexto social de cada región.



Algunas opciones para dar a conocer los resultados del monitoreo son:



Redes sociales

Carteles colocados en zonas estratégicas



Página web

Por lo que los resultados deben actualizarse conforme a la periodicidad del monitoreo.





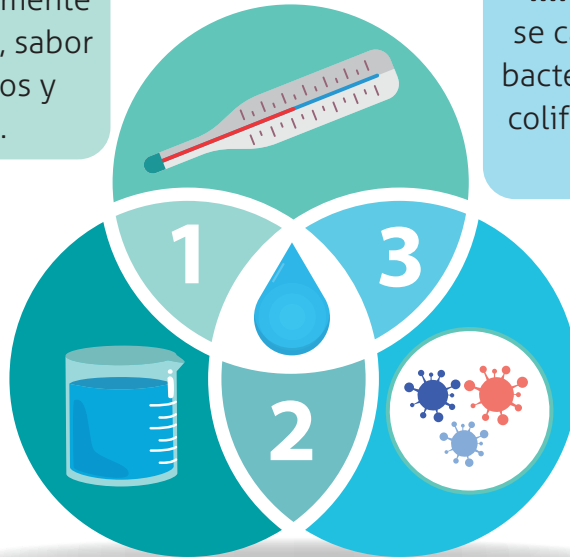
# Parámetros de medición de la calidad del agua

Los parámetros son aquellas variables que se utilizan como indicadores para determinar la calidad física, química y microbiológica del agua.

Los **parámetros físicos** del agua son en muchos casos relativamente fáciles de medir: temperatura, sabor y olor, color, turbidez, sólidos y conductividad eléctrica.

Los **parámetros microbiológicos** se caracterizan por bacterias tales como coliformes totales y fecales.

Los **parámetros químicos** tienden a ser más específicos en su naturaleza que algunos de los parámetros físicos: pH, alcalinidad, acidez, dureza, oxígeno disuelto, demanda de oxígeno y nitrógeno.



Los métodos seleccionados serán de acuerdo a las necesidades, alcances y recursos de cada grupo de monitoreo.



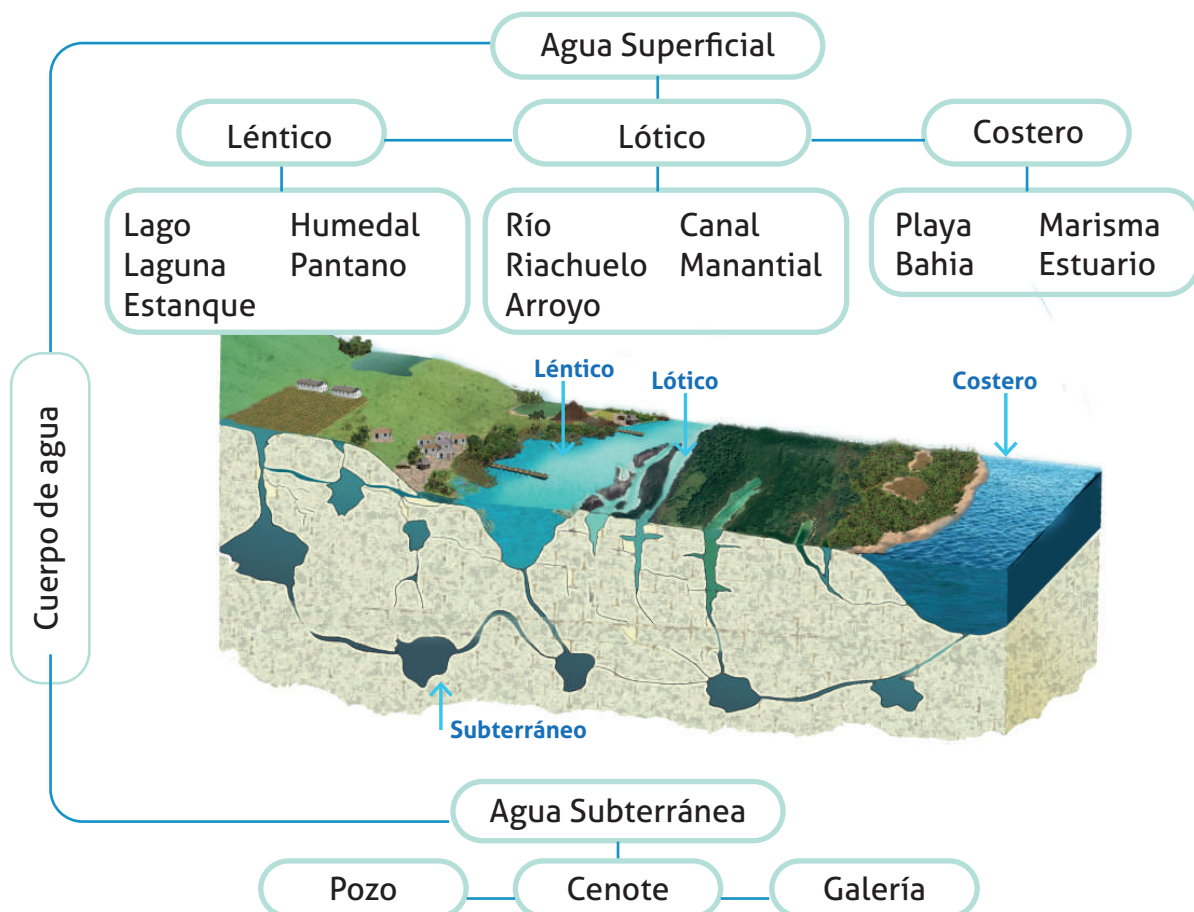
# Principales parámetros y métodos para la medición de la calidad del agua en el monitoreo participativo



En este apartado conocerás los parámetros sugeridos que han sido seleccionados con base en diversos trabajos y estudios de monitoreo participativo, y los monitoreados por la Conagua. Estos parámetros se sugieren por ser los más accesibles. Conocerás sus métodos de análisis, los cuales se apegan a las normativas (NMX, NOM), que se basan en métodos estandarizados con resultados reproducibles. Finalmente se anexan métodos alternativos con los cuales se puede realizar el monitoreo del agua.

En primera instancia se debe definir el tipo de cuerpo de agua que se va a monitorear (imagen 3).

**Imagen 3:** Clasificación de tipos de cuerpos de aguas

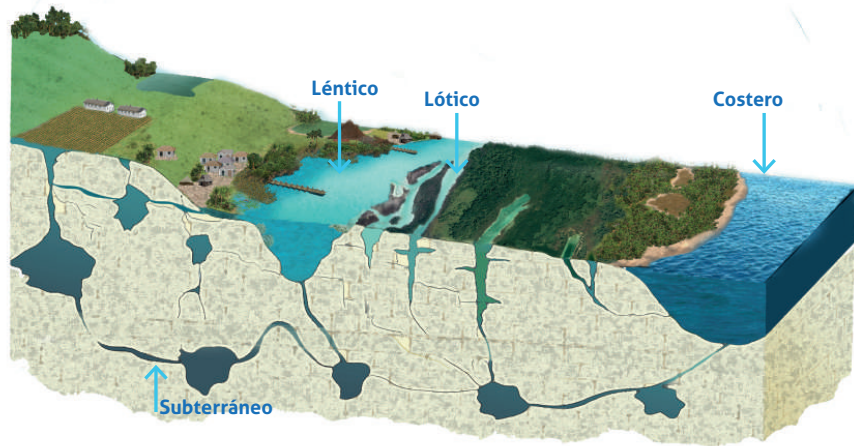


Toma en cuenta estas consideraciones:

### Para aguas superficiales

Si es un **cuerpo léntico**, en caso de que se solicite, anote la morfología, así como los tipos de descargas de aguas residuales que se vierten, las distancias de éstos a los sitios establecidos. Lo anterior es con el propósito de observar su área de influencia y la capacidad de autopurificación del mismo, según volumen, magnitud del cuerpo y vertido contaminante.

En **cuerpos lóticos**, en caso de que se solicite anote el tipo y número de descargas de aguas residuales cercanas al sitio de muestreo, el área de influencia, la cuenca hidrológica a la que pertenece, la población afectada y los diferentes usos a que se destina el agua.



### Para aguas subterráneas

En el caso de **aguas subterráneas**, si es un pozo, es necesario realizar un croquis con rasgos útiles de la ubicación del pozo de muestreo cuando sea posible o se solicite con anotaciones complementarias tales como ubicación, acceso, tipo, puntos de referencia como poblaciones, puentes, estructuras, etc. Esto permitirá la pronta ubicación del sitio de muestreo. Siempre que se cuente con un GPS (sistema de posicionamiento geográfico global portátil), es conveniente medir y anotar las coordenadas geográficas (latitud y longitud) en unidades de grados, minutos y segundos.

Siempre que sea posible se debe recabar la siguiente información: Tipo de pozo que se trata (de abastecimiento, noria o pozo de observación). Si se cuenta o no con sistema de bombeo y de qué tipo.

### Para agua superficial y subterránea

Para los análisis microbiológicos, es importante que a las muestras provenientes de aguas que reciben una **desinfección**, se les agregue al momento de la toma de muestra 0.1 mL de disolución de tiosulfato de sodio al 0.1M por cada 100 mL con el fin de neutralizar el agente desinfectante y analizar si existen patógenos en la muestra de agua.



A continuación, se sugiere determinar de manera perceptiva los parámetros color y olor (véase anexo 1), y posteriormente seguir con los demás parámetros (Tabla 5).

**Recuerda que los análisis se deben practicar in situ o inmediatamente después de la recolección, para asegurar una evaluación verdadera de la naturaleza real del agua.**



## Simbología:

Métodos de laboratorio



Métodos de campo



**Tabla 6.** Parámetros y métodos de análisis propuestos en esta Guía de Monitoreo

## Parámetros Físicos

### ♦ POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH) ♦

#### ¿Qué es el pH?

Significa potencial de hidrógeno y mide la acidez y alcalinidad del agua. El rango va de 0 a 14, teniendo el 7 como rango neutral, siendo ácido por debajo de 7 y siendo alcalino por arriba de 7.

#### ¿Por qué es importante?

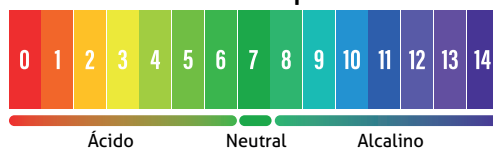
- ♦ Controla muchas reacciones químicas y la actividad biológica.
- ♦ Gran cantidad de vida acuática encuentra su rango óptimo de pH entre 6 y 8.
- ♦ Las aguas muy ácidas o muy alcalinas pueden llegar a ser corrosivas para su uso.

#### ¿Qué ocasiona el cambio de pH?

Algunas fuentes que cambian el pH son:

- ♦ Lluvia ácida
- ♦ Descargas de aguas residuales
- ♦ Tipo de suelo en donde se encuentra el cuerpo de agua

#### ESCALA pH



### ♦ MÉTODO PARA ANALIZAR PH ♦

NMX-AA-008-SCFI-2016. ANÁLISIS DE AGUA.- MEDICIÓN DEL pH EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.- MÉTODO DE PRUEBA



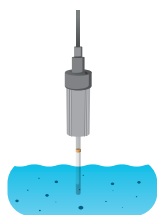
#### ♦ MÉTODO POTENCIÓMETRO ♦

1



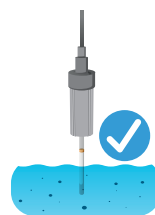
Calibrar el equipo

2



Sumergir el electrodo directamente en el cuerpo de agua.

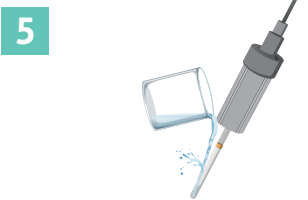
3



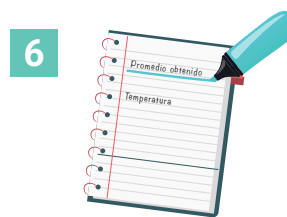
Verificar que el electrodo esté cubierto.



Esperar que la medición de pH se estabilice.

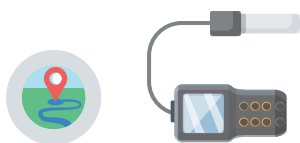


Registrar al menos 3 mediciones sucesivas. Enjuagar el electrodo con agua destilada entre cada medición.



Reportar el promedio obtenido acompañado del dato de temperatura.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA MEDIR PH ♦



### Método: Multiparámetro

Instrumento que permite medir varios parámetros: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, entre otros.



### Método: Tiras de pH

Basta con sumergir la tira en el agua o la muestra que se quiere medir. Las tiras de pH están impregnadas con indicadores, de tal forma que reaccionan con las sustancias indicando un color dependiendo su nivel de pH.

## ♦ TEMPERATURA ♦

### ¿Qué es la temperatura?

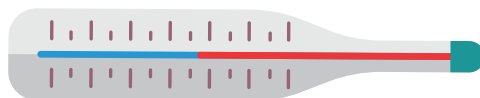
La temperatura es un parámetro físico que permite medir las sensaciones de calor y frío. A nivel microscópico, la temperatura representa la energía cinética interna de las moléculas que integran el cuerpo estudiado, en este caso el agua.

### ¿Por qué es importante medir la temperatura?

- ◆ Es importante debido a que los animales y plantas acuáticas son sensibles a los cambios de temperatura y requieren de cierto rango para desarrollarse adecuadamente. Los cambios abruptos de temperatura producen "estrés térmico" a la mayoría de los organismos.
- ◆ Además, un valor anormal en la medición de la temperatura podría indicar la presencia de algún contaminante físico, químico o biológico en el cuerpo de agua.

### ¿Que ocasiona un cambio en la temperatura?

- ◆ La temperatura del agua está influenciada por la temperatura del aire y por procesos de mezcla convectiva y corrientes.
- ◆ Las descargas de agua caliente usada para enfriar el calor generado en procesos industriales,
- ◆ Las descargas de aguas residuales con elevada concentración de materia orgánica.



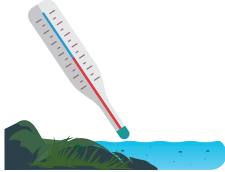
## ♦ MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA ♦

NMX-AA-007-SCFI-2013. ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA



### ♦ MÉTODO: TERMÓMETRO DE MERCURIO EN VIDRIO ♦

1



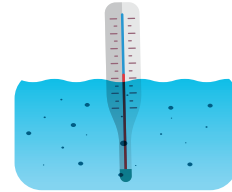
Siempre que sea posible se debe realizar la medición directamente en el cuerpo de agua.

2



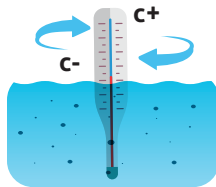
La medición de la temperatura en aguas superficiales o poco profundas requerirá tomar una muestra suficiente para su medición.

3



Sumergir el termómetro en posición centrada hasta la marca de inmersión parcial.

4



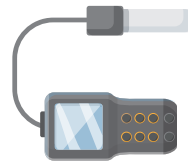
Hacer ligeros movimientos circulares por lo menos durante 1 minuto hasta que la medición del termómetro se estabilice.

5



Registrar la medición de la temperatura.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA ♦



### Método: Multiparámetro

Instrumento que permite medir varios parámetros: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, entre otros.



## ◆ TURBIEDAD ◆

### ¿Qué es la turbiedad?

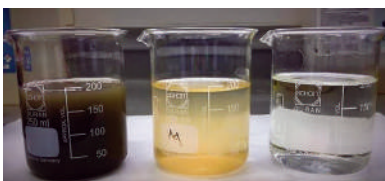
Es la expresión óptica del grado de transparencia que tiene el agua. Puede indicar una mayor probabilidad de contaminación microbiológica y por compuestos tóxicos. Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez.

### ¿Por qué es importante medir la turbidez del agua?

◆ Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbiológica y de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

### ¿Qué ocasiona un cambio en la turbiedad?

- ◆ Partículas de arcilla y limo
- ◆ Descargas de agua residual
- ◆ Desechos industriales
- ◆ Presencia de numerosos microorganismos.



## ◆ MÉTODO DE MEDICIÓN DE TURBIEDAD EN AGUA ◆

NMX-AA-038-SCFI-2001. ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA.



## ◆ MÉTODO: TURBIDÍMETRO ◆

1



Calibrar el equipo  
NOTA: La determinación puede realizarse en el sitio de muestreo empleando un turbidímetro portátil

2



Enjuagar la celda del turbidímetro dos veces con la muestra para evitar errores de dilución.

3



Llenar la celda y secarla perfectamente por fuera.

4



Colocar la celda en el equipo y medir la turbiedad de la muestra

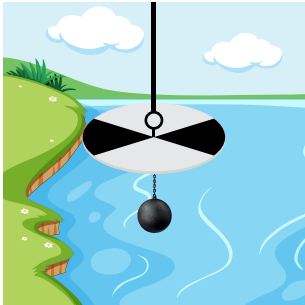
5



Los resultados se muestran en unidades UNT



## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE TURBIEDAD ♦



### Disco Secchi

Este instrumento se utiliza para medir la visibilidad relativa o la profundidad de la luz en el agua. De esta forma permite evaluar la turbidez.

Basta con sumergir el disco hasta el momento que este deja de ser visible y mediante la cuerda graduada anotar la profundidad.

## ♦ SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) Y SÓLIDOS DISUELTOS (SDT) ♦

### ¿Qué son los SST y los SDT?

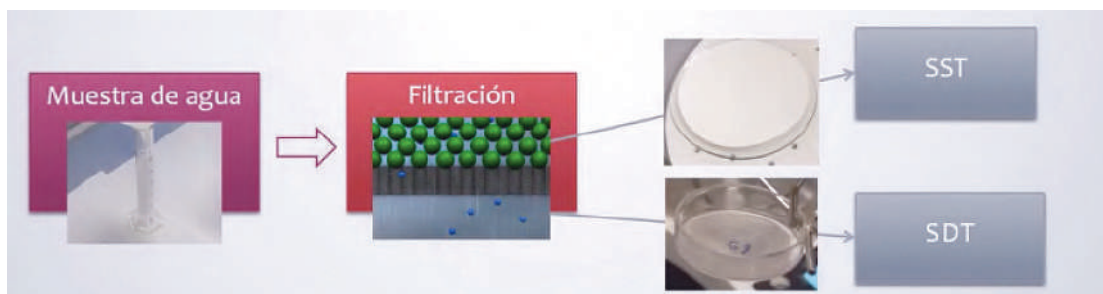
Los Sólidos Suspendedos Totales (SST) se refieren al material particulado que se encuentra en suspensión en el flujo de agua superficial. Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) es el material soluble constituido por materia inorgánica y orgánica que permanece como residuo después de la evaporación de una muestra filtrada.

### ¿Por qué es importante medir los SST y SDT?

Los SST y SDT tienen un impacto negativo para la salud y vida acuática ya que limitan el paso de la luz inhibiendo la fotosíntesis, disminuyendo así el oxígeno del agua. También tienen repercusiones en mediciones de calidad de agua.

### ¿Qué ocasiona un cambio en los SST?

- ♦ Descargas de agua residual
- ♦ Desechos agrícolas
- ♦ La erosión



## ♦ MÉTODO DE MEDICIÓN DE LOS SST Y SDT ♦

NMX-AA-034-SCFI-2015, CALIDAD DE AGUA- DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES- MÉTODO DE PRUEBA.



## ♦ MÉTODO: GRAVIMÉTRICO ♦

1



Seleccionar un crisol Gooch y colocar un papel filtro con la cara rugosa hacia arriba.

2



Poner a peso constante el crisol con el filtro (primero se pesa el material unas 3 o 4 veces, después se mete a la estufa por 2 horas a 150°C, y luego al desecador hasta que baje su temperatura).

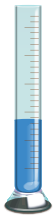
**Nota:** Importante que todo el procedimiento se realice con guantes y pinza.

3



Armar el sistema de filtración, poniendo en un matraz kitazato el embudo donde irá el crisol gooch y conectar a la bomba de vacío

4



Medir en una probeta 50 mL de muestra y filtrar vertiendo poco a poco en el crisol, evitando saturar el crisol.

5



Secar el crisol en la estufa a una temperatura de 105°C durante 1 hora

6



Sacar el crisol de la estufa, dejarlo enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente y pesar. Determinar SST mediante los cálculos correspondientes.

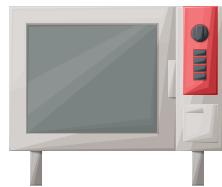
7



Para la determinación de **Sólidos Disueltos Totales**; tomar una alícuota conocida de la muestra filtrada y colocarla en una cápsula de porcelana previamente a peso constante.

\*Entiéndase **peso constante** como la mínima cantidad de humedad en un objeto.

8



Llevar al horno a 105°C por 1 hora para asegurar la evaporación total del agua.

9



Pesar la cápsula de porcelana. Los **SDT** serán determinados mediante

$$TDS = \frac{(masa\ final - masa\ inicial)\ cápsula}{V_{TDS}}$$

VTDS: volumen de la alícuota colocada en la cápsula de porcelana.



## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE SST Y SDT ♦



### Método: Colorímetro

Mediante este equipo pueden medirse los SST in situ en aguas claras y aguas residuales. El programa del colorímetro comprende una lectura en un rango de entre 5 a 750 mg/L de SST.



### Método: Electrónico

El equipo multiparamétrico permite medir de manera instantánea los Sólidos Disueltos Totales.

## ♦ CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) ♦

### ¿Qué es la CE?

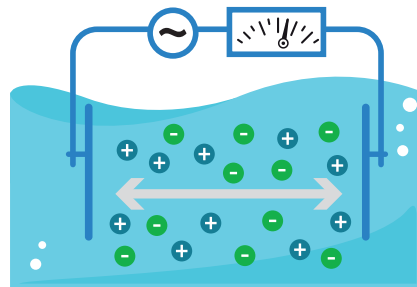
La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de un cuerpo de agua para transportar corriente eléctrica.

### ¿Por qué es importante medir la CE?

La medición de conductividad es de gran importancia pues aporta una idea de la cantidad de sales disueltas en el cuerpo de agua.

### ¿Que ocasiona un cambio en la CE?

Sales presentes en el cuerpo de agua.  
- Posibles descargas residuales  
- Arrastre pluvial  
- Tipo de suelo



## ♦ MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ♦

NMX-AA-093-SCFI-2018. ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS .- MÉTODO DE PRUEBA



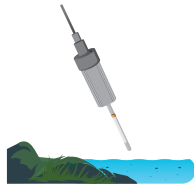
## ♦ MÉTODO: EQUIPO CONDUCTÍMETRO ♦

1



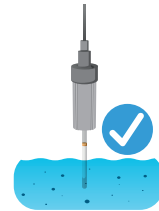
Calibrar el equipo  
NOTA: La medición puede realizarse en el sitio de muestreo empleando un conductímetro portátil.

2



Medición de conductividad eléctrica directamente en el sitio de muestreo

3



Verificar que el electrodo está cubierto.

4



Esperar que la medición de conductividad eléctrica se estabilice.

5



Registrar la medición de conductividad en función del equipo y acompañado del dato de temperatura.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ♦



### Método: Multiparámetro

Instrumento que permite medir varios parámetros: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, entre otros.



## Parámetros Químicos

### OXÍGENO DISUELTUO (OD)

#### ¿Qué es el OD?

El OD se refiere a la concentración o cantidad que se puede tener disuelto en el agua. Su presencia es esencial para mantener la vida de las especies acuáticas.

#### ¿Por qué es importante el oxígeno disuelto?

La mayoría de los organismos acuáticos necesitan oxígeno para sobrevivir y crecer. Cuando la concentración es alta, es más probable que el entorno sea sano y estable. Si tenemos una concentración de 5 a 6 ppm hay oxígeno suficiente para la mayor parte de las especies.

#### ¿Qué ocasiona el cambio de OD?

Las principales causas que generan niveles bajos de OD son:

- ◆ Aumento en la temperatura del agua
- ◆ Florecimiento de algas
- ◆ Descargas de aguas residuales



### MÉTODO PARA MEDIR OXÍGENO DISUELTUO

NMX-AA-012-SCFI-2001. ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTUO EN AGUAS NATUARLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA



### MÉTODO: YODOMÉTRICO

1



Para fijar el oxígeno, adicionar a la botella tipo Winkler (300 mL) que contiene la muestra, 2 mL de sulfato manganoso

2



Agregar 2 mL de la disolución alcalina de yoduro-azida

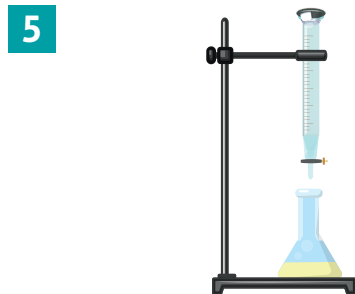
3



Tapar la botella tipo Winkler, agitar vigorosamente y dejar sedimentar el precipitado.



Añadir 2 mL de ácido sulfúrico concentrado, volver a tapar y mezclar por inversión hasta completar la disolución del precipitado.



Titular 100 mL de la muestra con la disolución estándar de tiosulfato de sodio 0.025M, agregando el almidón hasta el final de la titulación, cuando se alcance un color amarillo pálido. Continuar hasta la primera desaparición del color azul.



Registrar valores y calcular el oxígeno disuelto

### 10.2 Método yodométrico

$$OD \text{ mg/L} = (M \times \text{mL de Tiosulfato} \times 8 \times 1\,000) / 98,7$$

donde

M es la molaridad de tiosulfato;  
 8 son los gramos/ equivalente de oxígeno, y  
 98,7 es el volumen corregido por el desplazamiento de los reactivos agregados a la botella tipo Winkler.

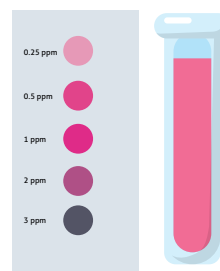
Reportar los resultados en mg/L. de OD con la precisión correspondiente.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO ♦



### Método Electrométrico

El método electrométrico que utiliza electrodos de membrana se basa en la velocidad a la que el oxígeno molecular se difunde a través de la membrana.



### Método: Producción de color

Kit de análisis de OD para trabajo de campo para agua dulce.

## 💧 DUREZA TOTAL 💧

### ¿Qué es la dureza del agua?

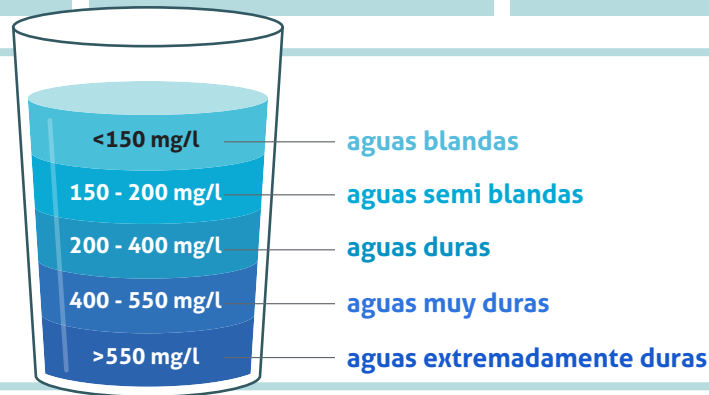
Se entiende como la concentración de compuestos minerales que hay en el agua, en particular como sales de calcio y magnesio.

### ¿Por qué es importante la dureza?

Un agua dura puede a largo plazo ser más incrustante, pudiendo precipitar las sales de calcio en tuberías de distribución y equipos electrodomésticos reduciendo su eficiencia.

### ¿Qué ocasiona el cambio de dureza?

El agua es naturalmente suave pero cuando cae del cielo gana su dureza después de entrar en contacto con el suelo. Cuando el agua de lluvia cae en un área con roca porosa como la piedra caliza, el agua penetra el suelo y, a medida que se filtra recoge y disuelve partículas y minerales como el calcio y magnesio, ganando dureza.



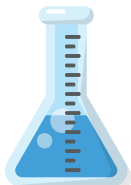
## 💧 METODO DE MEDICIÓN DE DUREZA TOTAL 💧

NMX-AA-072-SCFI-2001. ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS



### MÉTODO: TITULACIÓN CON E.D.T.A. 💧

1



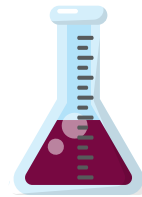
Colocar 50 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL

2



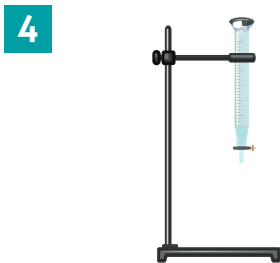
Añadir 1 o 2 mL de disolución amortiguadora de amonio para alcanzar un pH de 9 o 10

3

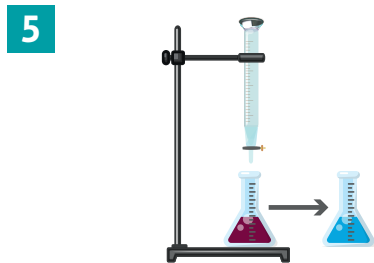


Agregar una pizca (0.2g) de indicador eriocromo negro T, la muestra debe tomar un color vino rojizo





4 Colocar en una bureta 25 o 50 mL de disolución EDTA 0.01M



5 Titular con la disolución de EDTA agitando hasta que desaparezcan los últimos matices rojos. En el punto final la muestra debe cambiar de rojizo a azul



6 Registrar la cantidad de EDTA que se usó para cambiar el color, y calcular la Dureza

$$\text{Dureza total expresada como CaCO}_3 \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times C \times 1,000}{D}$$

donde:

- A son los mL de EDTA gastados en la titulación en la muestra;
- B son los mL de EDTA gastados en la titulación en el blanco (si fue utilizado);
- C son los mg de CaCO<sub>3</sub> equivalentes a 1 mL de EDTA, y
- D son los mL de muestra.

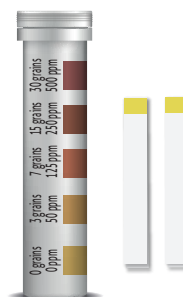
10.2 Expresar la dureza total como mg/L CaCO<sub>3</sub> con la precisión correspondiente.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE DUREZA TOTAL ♦



### Método: Colorímetro

El colorímetro de mano permite el acceso rápido y sencillo a los métodos de análisis que se usan con más frecuencia.



### Método: Tiras de prueba de Dureza Total del agua

La tira de prueba de dureza del agua está calibrada en 0, 50, 125, 250 y 500 ppm, y está calibrada en 0, 3, 7, 15 y 30 grados por galón. Determina si tienes agua dura o suave en cuestión de segundos.

## ALCALINIDAD

### ¿Qué es la alcalinidad?

Es un parámetro que indica la capacidad de un cuerpo de agua para amortiguar los ácidos.

### ¿Por qué es importante medir la alcalinidad?

En entornos naturales, la baja alcalinidad hace que los arroyos, ríos o lagos sean vulnerables a los contaminantes ácidos que pueden reducir el pH del agua a niveles perjudiciales para los anfibios, los peces o el zooplancton.

### ¿Que ocasiona un cambio en la alcalinidad?

El agua puede llegar a bajar su alcalinidad debido a:

- ◆ Descargas de aguas residuales
- ◆ Afloramiento de algas
- ◆ Baja concentración de OD
- ◆ Lluvia ácida

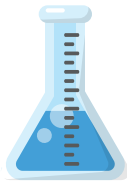
## MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA ALCALINIDAD

NMX-AA-036-SCFI-2001. ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE ACIDEZ Y ALCALINIDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA



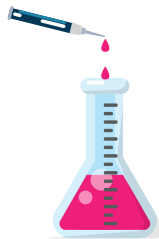
### MÉTODO: TITULACIÓN

1



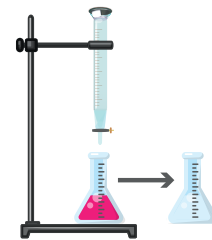
Colocar 100 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL.

2



Adicionar 2 gotas de disolución indicadora de fenolftaleína junto con 1 barra magnética de agitación.

3



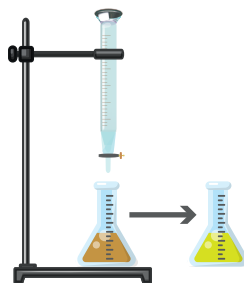
Titular la muestra con solución de ácido sulfúrico (o ácido clorhídrico) hasta el vire (de rosa a incoloro). Registrar el volumen empleado en la titulación

4



Adicionar 2 gotas de la disolución indicadora de naranja de metilo.

5



Titular hasta alcanzar el vire de naranja de metilo (de canela a amarillo). Registrar el volumen empleado en la titulación

6



Calcular la alcalinidad, tomando en cuenta el vire de los indicadores.

$$\text{Alcalinidad total como CaCO}_3 \text{ en (mg/L)} = \frac{AXN (50) (1\ 000)}{100}$$

donde:

- A es el volumen total gastado de ácido en la titulación al vire del anaranjado de metilo en mL;  
 N es la normalidad de la disolución de ácido;  
 100 es el volumen de la muestra mL;  
 50 es el factor para convertir eq/L a mg CaCO<sub>3</sub>/L, y  
 1 000 es el factor para convertir mL a L.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE ALCALINIDAD ♦



### Colorímetro de alcalinidad para agua dulce

El análisis consiste en utilizar celdas y reactivos que generan un color y un valor preciso de la alcalinidad en el equipo.



### Tiras reactivas

Las tiras reactivas al sumergirse o entrar en contacto con la muestra cambia de color. El color de la reacción resultante se compara con la escala colorimétrica incluida.

## ♦ DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) ♦

### ¿Qué es la DQO?

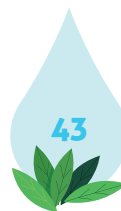
Es una medición indirecta de la cantidad de materia orgánica en una muestra y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O<sub>2</sub>/L). Básicamente es la cantidad necesaria de oxígeno para oxidar la materia orgánica e inorgánica presente en el agua.

### ¿Por qué es importante medir la DQO?

Mide el grado de contaminación en aguas naturales y residuales. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua.

### ¿Que ocasiona un cambio de DQO?

La descarga de aguas residuales sin un proceso de tratamiento que elimine los contaminantes que contienen, puede ocasionar un aumento de la DQO en aguas superficiales que las reciben



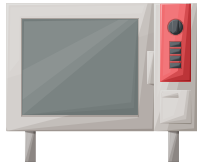
## ♦ MÉTODO DE MEDICIÓN DE DQO ♦

NMX-AA-030/1-SCFI-2012. ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.- MÉTODO DE PRUEBA



### ♦ MÉTODO: REFLUJO ABIERTO ♦

1



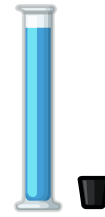
Precalentar a 150°C el digestor de DQO

2



Colocar 100 mL de la muestra en agitación durante 30 segundos en una parrilla de agitación para homogeneizar

3



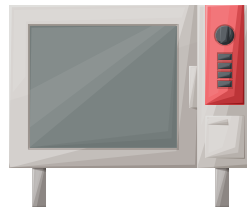
Colocar 2 mL de la muestra previamente homogeneizada dentro de los tubos de reacción

4



Cerrar inmediatamente para evitar que se escapen los vapores. Suavemente invierta el tubo

5



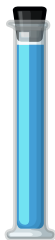
Limpiar el tubo por fuera y colocar la digestión a 150°C durante 2 horas.

6



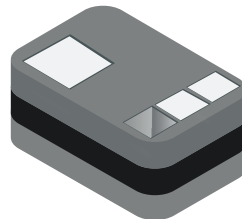
Retirar el tubo una vez alcanzado el tiempo y temperatura.

7



Dejar enfriar a temperatura ambiente

8



Medir por espectrofotometría a una absorbancia de 420 nm para el intervalo de 1 a 150 mg/L o a 620 nm para el intervalo de 20 a 500 mg/L

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE DQO ♦



### Método: Colorimétrico

El colorímetro de mano permite el acceso rápido y sencillo a los métodos de análisis como DQO.

## ♦ DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) ♦

### ¿Qué es la DBO?

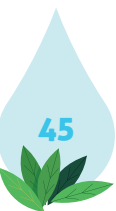
Se basa en medir la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para consumir la materia orgánica biodegradable presente en el agua y se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de 5 días de incubación a 20°C

### ¿Por qué es importante medir la DBO?

Las descargas de materia orgánica domésticas e industriales en los cuerpos de agua reducen, por la acción microbiana, la concentración del oxígeno disuelto. De acuerdo a la normativa la DBO no debe ser mayor a 8 ppm de  $O_2$ , ya que entre mayor sea la DBO, menos es el oxígeno disponible para las formas de vida acuática.

### ¿Que ocasiona un cambio en la DBO?

- ♦ Descargas de aguas residuales.
- ♦ Aumento en las concentraciones de materia orgánica



## ♦ MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA DBO ♦

NMX-AA-028-SCFI-2021. MEDICIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>) EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - DILUCIÓN Y MÉTODO DE SIEMBRA - MÉTODO DE PRUEBA.



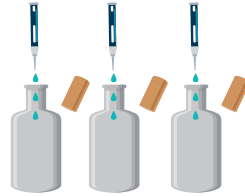
### ♦ MÉTODO: DBO<sub>5</sub> ♦

1



Verificar que el pH de las muestras se encuentre entre 6.5 y 7.5. Si es necesario ajustar el pH con soluciones ácidas o básicas.

2



Agregar un volumen diferente de muestra a tres frascos Winkler.

3



Llenar los frascos Winkler de 300 mL hasta  $\frac{3}{4}$  de la capacidad con agua de dilución

4



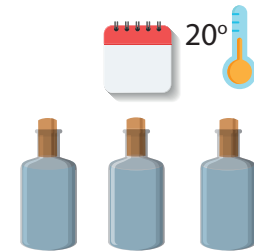
Colocar el tapón de Winkler a modo de que desplace parte del agua y que no queden burbujas.

5



Realizar la medición de OD inicial

6



Incubar el frasco Winkler durante 5 días a 20°C

7



Realizar la medición de OD final a los 5 días

8



Calcular la DBO<sub>5</sub>, mediante el OD del día 1 y la muestra incubada por 5 días.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE DBO ♦



### Método: Cálculo estimado

Se puede realizar un cálculo estimado a partir del valor de DQO  
 $DQO/1.6 = DBO$

## ◆ NITRATOS (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ◆

### ¿Qué son los nitratos?

Los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza y en el agua debido al ciclo natural del nitrógeno.

### ¿Por qué es importante medir NO<sub>3</sub><sup>-</sup>?

El consumo de nitratos a través del agua puede ser muy perjudicial para los humanos. Para las plantas es un nutriente sin embargo una alta concentración en el agua puede acelerar el crecimiento excesivo del fitoplancton produciendo eutrofización de las aguas.

### ¿Qué ocasiona un cambio en los nitratos?

- ◆ utilización masiva de abonos nitrogenados
- ◆ aguas residuales
- ◆ excrementos animales en zonas de ganadería intensiva.



## ◆ MÉTODO DE MEDICIÓN DE NITRATOS ◆

NMX-AA-079-SCFI-2001. ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA



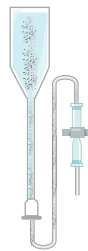
### ◆ MÉTODO: REDUCCIÓN CON CADMIO CUPERIZADO ◆

1



Insertar un tapón de lana de vidrio o algodón en la base de la columna de reducción.

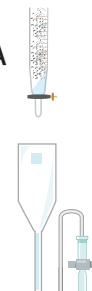
2



Llenar con agua y añadir suficientes gránulos de cadmio cuperizado. Mantener el nivel de agua por encima de los gránulos, evitando burbujas de aire.

3

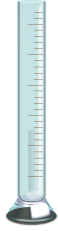
EDTA



Lavar con 200 mL de disolución de EDTA en buffer amonio/amoniaco



4



Activar la columna haciéndole pasar 100 mL de una disolución compuesta por 25 mL de estándar 1.0 mg de  $\text{N-NO}_3^-$  y 75 mL de disolución EDTA en buffer amonio/amoniaco

5



Si la muestra presenta turbidez filtrar con membrana de  $0.45 \mu\text{m}$ . Neutralizar la muestra a pH 7

6



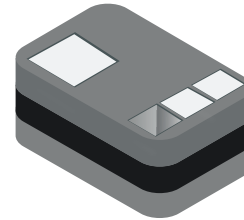
Para reducción de la muestra: tome una alícuota de 25 mL de la muestra con una pipeta volumétrica y colóquela en un matraz volumétrico de 100 mL para llevar al aforo con disolución de EDTA buffer de amonio/amoniaco.

7



Vierta la muestra mezclada en la columna (Ajustar el flujo a una velocidad de 7 a 10 mL/min) y colecte la muestra en el matraz original, descartando los primeros 25 mL

8



Añadir 2,0 mL de reactivo de color a una alícuota de 50 mL de la muestra reducida y mezclar. Después de 10 min y antes de 2 h mida por espectrofotometría la absorbancia a 543 nm.

## ♦ MÉTODO ALTERNATIVO PARA LA MEDICIÓN DE NITRATOS ♦



### Método: Colorimétrico

El colorímetro de mano permite el acceso rápido y sencillo a los métodos de análisis como nitratos.



Recuerda que para el análisis microbiológico únicamente en muestras provenientes de aguas que reciben un proceso de **desinfección** deberás agregarle 0.1 mL de solución de tiosulfato de sodio al 0.1M por cada 100 mL, esto para neutralizar el agente desinfectante y poder analizar si existen patógenos en la muestra de agua.



## Parámetros Microbiológicos

### Coliformes fecales y *Escherichia coli* (*E. coli*)

#### ¿Qué son los coliformes fecales y *E. Coli*?

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias que se encuentran en las heces de humanos y animales. La *Escherichia coli* (*E. coli*) es la bacteria más famosa de este grupo.

#### ¿Por qué es importante medirlos?

Determinar su presencia en el agua es indicio de una reciente contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos de animales.

#### ¿Que ocasiona la presencia de coliformes fecales y *E. Coli*?

- ◆ Descargas de aguas residuales sin tratar.
- ◆ Fuentes de contaminación fecal.



### ◆ MÉTODO DE MEDICIÓN DE COLIFORMES FECALES Y *E. COLI* ◆

NMX-AA-102-SCFI-2018. CALIDAD DEL AGUA-ENUMERACIÓN DE *ESCHERICHIA COLI* Y BACTERIAS COLIFORMES-MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA



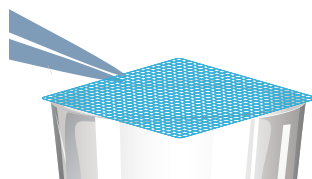
#### ◆ MÉTODO: FILTRACIÓN POR MEMBRANA ◆

1



Tomar una muestra de agua como mínimo 100 mL en un frasco o bolsa esteril.

2

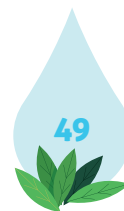


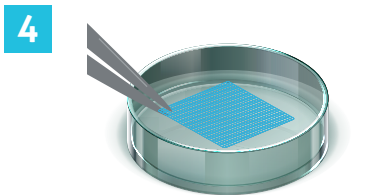
Colocar las bases en la unidad filtrante y colocar la membrana con ayuda de las pinzas estériles. La cuadrícula de la membrana debe quedar visible.

3

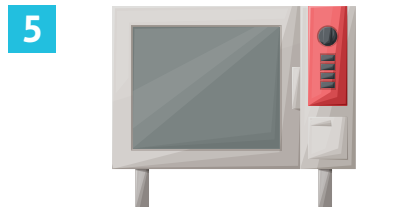


Colocar el embudo con cuidado y sujetarlo. Agitar vigorosamente la muestra, verter en el embudo y filtrar con ayuda de una bomba de vacío.



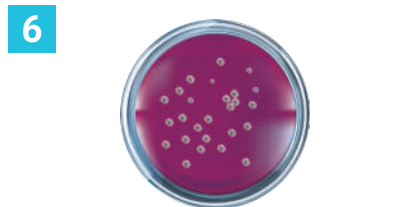


Terminada la filtración, quitar el embudo y con ayuda de la pinza estéril, levantar la membrana y colocarla en una caja de Petri con medio agar. Asegurarse de no crear burbujas.



Colocar la caja de Petri para coliformes fecales en una incubadora a  $44 \pm 0.2$  °C por 24 horas. Para la identificación de *E. coli* es necesario realizar un resembrado en agua lactosa peptona y agua triptona e incubarlos a  $44^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  durante 24 h.

Nota: Para aislar los coliformes totales incubar la membrana a  $35 \pm 0.5$  °C por 24 horas.



A partir del número de colonias contadas en las membranas, se pueden expresar los resultados como Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en su volumen de referencia (100 mL).

Nota: Recuerda que un dato importante sería identificar la simple ausencia o presencia de coliformes para el caso de aguas destinadas a uso potable.

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE COLIFORMES FECALES Y *E. COLI* ♦



### Método: Placas Petrifilm.

Es un método rápido de detección de coliformes basado en el método de filtración por membrana.

## ♦ ENTEROCOCOS FECALES ♦

### ¿Qué son los enterococos fecales?

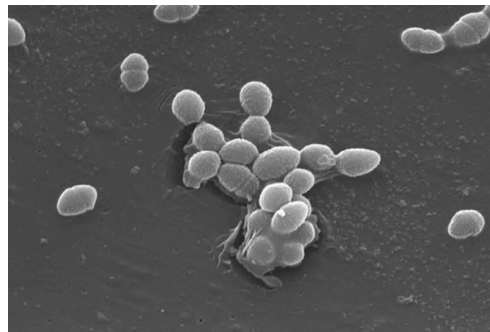
Es una bacteria que habita el sistema gastrointestinal de humanos y otros mamíferos.

### ¿Por qué es importante medirlos?

Es importante para determinar la presencia de contaminación fecal en zonas costeras debido a que son más resistentes que las coliformes fecales.

### ¿Que ocasiona la presencia de enterococos fecales?

- Contaminación fecal.
- Descarga de aguas residuales



## ♦ MÉTODO DE MEDICIÓN DE ENTEROCOCOS FECALES EN AGUA ♦

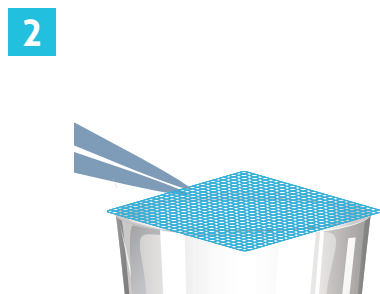
NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos.



### ♦ MÉTODO: FILTRACIÓN POR MEMBRANA ♦



Tomar una muestra de agua como mínimo 100 mL en un frasco o bolsa.

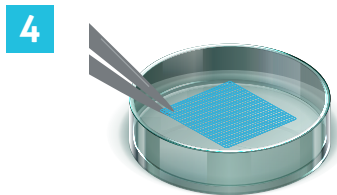


Colocar las bases en la unidad filtrante y colocar la membrana con ayuda de las pinzas estériles. La cuadrícula de la membrana debe quedar visible.

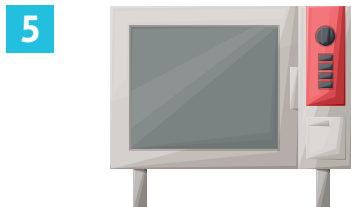


Colocar el embudo con cuidado y sujetarlo. Verter la muestra (100 ml) en el embudo y filtrar con ayuda de una bomba de vacío.



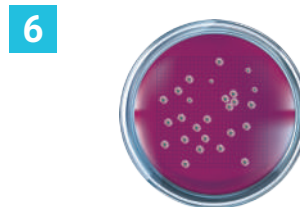


4 Terminada la filtración, quitar el embudo y con ayuda de la pinza estéril, levantar la membrana y colocarla en una caja de Petri con medio agar. Evitar la formación de burbujas. Esperar 30 minutos antes de incubar.



5 Incubar las cajas petri invertidas a 35°C por 48 horas.

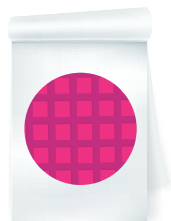
Las colonias típicas de enterococos son elevadas, de color rojo, marrón o rosado.



6 Si hay colonias típicas, transferir la membrana con pinzas estériles a una placa con agar ABE.

Incubar a 35 °C ± 0.5 °C durante 48h ± 4h. Las colonias típicas de enterococos intestinales presentan un color marrón a negro alrededor de la colonia. El resultado se expresa en UFC/100 ml

## ♦ MÉTODOS ALTERNATIVOS DE MEDICIÓN DE ENTEROCOCOS FECALES ♦

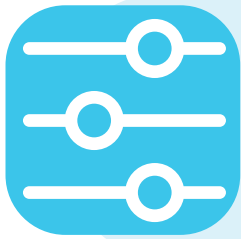


### Método: Placas Petrifilm.

Es un método rápido de detección de enterobacterias.



Recuerda incluir los datos antes mencionados (caracterización y morfología del cuerpo de agua) y las características biológicas y ambientales del sitio para determinar la presencia de cambios o alteraciones en visitas posteriores.



# Intervalos de referencia de calidad del agua

Una herramienta muy valiosa para fines de esta guía, son los intervalos de referencia de calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos, proporcionados por la CONAGUA. Dichos intervalos califican la calidad del agua con base en el resultado obtenido.

**Tabla 7.** Intervalos de referencia de calidad del agua.

Calidad del agua de cuerpos superficiales							
Cuerpos Lénticos y Lóticos							
Parámetros	Abreviación	Unidades	Cumple			No cumple	
			Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	$SST \leq 25$	$25 < SST \leq 75$	$75 < SST \leq 150$	$150 < SST \leq 400$	$SST > 400$
Demanda Bioquímica de Oxígeno	$DBO_5$	mg/L	$DBO \leq 3$	$3 < DBO \leq 6$	$6 < DBO \leq 30$	$30 < DBO \leq 120$	$DBO > 120$
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	$DQO \leq 10$	$10 < DQO \leq 20$	$20 < DQO \leq 40$	$40 < DQO \leq 200$	$DQO > 200$
Coliformes fecales	CF	NMP/100 mL	$CF \leq 100$	$100 < CF \leq 200$	$200 < CF \leq 1,000$	$1,000 < CF \leq 10,000$	$CF > 10,000$
<i>Escherichia coli</i>	EC	NMP/100 mL	$EC \leq 126$	$126 < EC \leq 576$	$576 < EC \leq 850$	$850 < EC \leq 1,000$	$EC > 1,000$
Oxígeno Disuelto	OD	%	$70 < OD \leq 110$	$50 < OD \leq 70$ y $110 < OD \leq 120$	$30 < OD \leq 50$ y $120 < OD \leq 130$	$10 < OD \leq 30$ y $130 < OD \leq 150$	$OD \leq 10$ y $OD > 150$
			No tóxico	Toxicidad baja	Toxicidad moderada	Toxicidad alta	
Toxicidad Daphnia Magna 48 horas	TA	Unidades de Toxicidad	$TA < 1$	$1 \leq TA \leq 1.33$	$1.33 < TA < 5$	$TA \geq 5$	
Toxicidad Vibrio Fischeri 15 min	TA	Unidades de Toxicidad	$TA < 1$	$1 \leq TA \leq 1.33$	$1.33 < TA < 5$	$TA \geq 5$	

Parámetros de calidad del agua superficial. Conagua 2020

**Tabla 8.** Rangos de referencia para medir la calidad del agua en zonas costeras.

Calidad del agua de cuerpos superficiales							
Zonas costeras							
Parámetros	Abreviación	Unidades	Cumple			No cumple	
			Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Enterococos fecales	ENTEROC	NMP/100 mL	ENTEROC ≤ 100	100 < ENTEROC ≤ 200		200 < ENTEROC ≤ 500	ENTEROC > 500
Coliformes fecales	CF	NMP/100 mL	CF ≤ 100	100 < CF ≤ 200	200 < CF ≤ 1,000	1,000 < CF ≤ 10,000	CF > 10,000
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	SST ≤ 25	25 < SST ≤ 75	75 < SST ≤ 150	150 < SST ≤ 400	SST > 400
Oxígeno Disuelto	OD	%	70 < OD ≤ 110	50 < OD ≤ 70 y 110 < OD ≤ 120	30 < OD ≤ 50 y 120 < OD ≤ 130	10 < OD ≤ 30 y 130 < OD ≤ 150	OD ≤ 10 y OD > 150
			No tóxico	Toxicidad baja	Toxicidad moderada	Toxicidad alta	
Toxicidad Vibrio Fischeri 15 min	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1 ≤ TA ≤ 1.33	1.33 < TA < 5	TA ≥ 5	

Parámetros de calidad del agua superficial. Conagua 2020



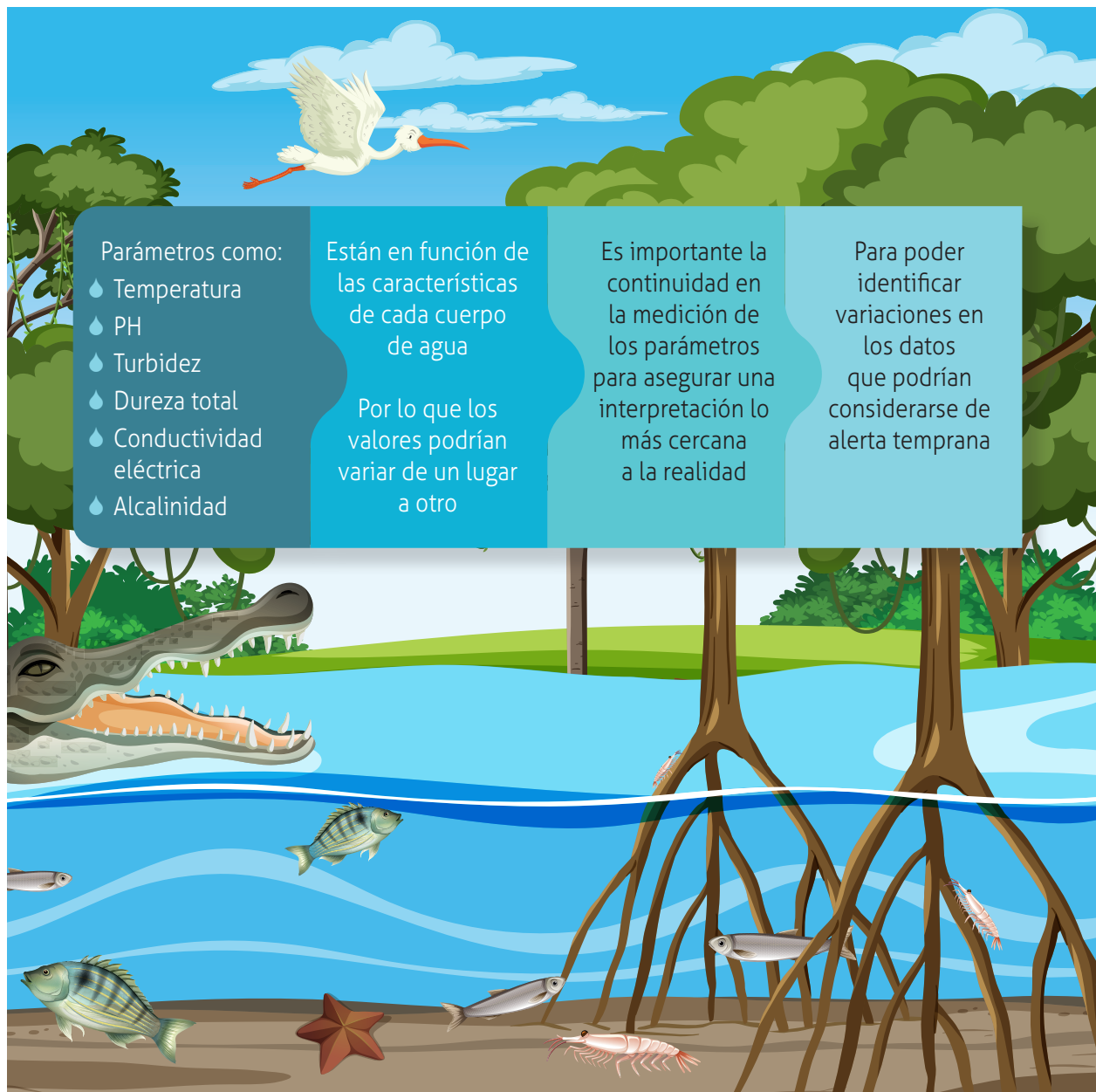
**Tabla 9.** Rangos de referencia para medir la calidad del agua en cuerpos subterráneos.

Calidad del agua de cuerpos subterráneos				
Parámetros	Abreviación	Unidades	Cumple	No cumple
Fluoruros (F <sup>-</sup> )	FLUO	mg/L	0.7 ≤ FLUO < 1.5 Potable - óptima 0.4 ≤ FLUO < 0.7 Media 0 ≤ FLUO < 0.4 Baja	FLUO ≥ 1.5 Alta
Nitrógeno de Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	mg/L	5 ≥ N-NO <sub>3</sub> Potable - excelente 5 < N-NO <sub>3</sub> ≤ 11 Potable - Buena calidad	N-NO <sub>3</sub> > 11 No apta como Fuente de abastecimiento de agua potable
Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	DUR	mg/L	DUR ≤ 60 Potable Suave 60 < DUR ≤ 120 Moderadamente suave 120 < DUR ≤ 500 Potable Dura	DUR > 500 Muy dura, indeseable para uso doméstico e industrial
Alcalinidad (CaCO <sub>3</sub> )	ALC	mg/L	20 ≤ ALC < 75 Baja 75 ≤ ALC ≤ 150 Media 150 < ALC ≤ 400 Alta	ALC < 20 Indeseable ALC > 400 No apta como Fuente de abastecimiento de agua potable
Conductividad eléctrica	CONDUC	mS/cm <sup>2</sup>	CONDUC ≤ 250 Excelente para riego 250 < CONDUC ≤ 750 Buena para riego 750 < CONDUC ≤ 2,000 Permissible para riego	2,000 < CONDUC ≤ 3,000 Dudosa para riego CONDUC > 3,000 Indeseable para riego
Sólidos Disueltos Totales - Riego Agrícola	SDT	mg/L	SDT ≤ 500 Excelente para riego 500 < SDT ≤ 1,000 Cultivos sensibles 1,000 < SDT ≤ 2,000 Cultivos con manejo especial	2,000 < SDT ≤ 5,000 Cultivos tolerantes SDT > 5,000 Indeseable para riego
Sólidos Disueltos Totales - Salinización	SDT	mg/L	SDT ≤ 1,000 Potable - Dulce 1,000 < SDT ≤ 2,000 Ligeramente salobre	2,000 < SDT ≤ 10,000 Salobres SDT > 10,000 Salinas
Coliformes fecales	CF	NMP/100mL	CF < 1.1 Potable – excelente 1.1 ≤ CF ≤ 200 Buena calidad 200 < CF ≤ 1,000 Aceptable	1,000 < CF ≤ 10,000 Contaminada CF > 10,000 Fuertemente contaminada
Arsénico Total	As	mg/L	As ≤ 0.01 Potable – excelente 0.01 < As ≤ 0.025 Apta como Fuente de abastecimiento de agua potable	As > 0.025 No apta como Fuente de abastecimiento de agua potable
Cadmio Total	Cd	mg/L	Cd ≤ 0.003 Potable - excelente 0.003 < Cd ≤ 0.005 Fuente de abastecimiento de agua potable	Cd > 0.005 No apta como Fuente de abastecimiento de agua potable
Cromo Total	Cr	mg/L	Cr ≤ 0.05 Potable - excelente	Cr > 0.05 No apta como Fuente de abastecimiento de agua potable
Mercurio Total	Hg	mg/L	Hg ≤ 0.006 Potable - excelente	Hg > 0.006 No apta como Fuente de abastecimiento de agua potable
Plomo Total	Pb	mg/L	Pb ≤ 0.01 Potable - excelente	Pb > 0.01 No apta como Fuente de abastecimiento de agua potable
Manganeso	Mn	mg/L	Mn ≤ 0.15 Potable - excelente	0.15 < Mn ≤ 0.4 Sin efecto en la salud - Puede dar color al agua Mn > 0.4 Puede afectar la salud
Hierro Total	Fe	mg/L	Fe ≤ 0.3 Potable - excelente	Fe > 0.3 Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua

Parámetros de calidad del agua subterránea. Conagua 2020

## ¡Ojo!

Recuerda que se proponen estos parámetros como herramientas de detección temprana, sin embargo, podrían requerirse análisis más específicos (metales y toxicidad) con los cuales puedes acudir a las instituciones pertinentes.



Parámetros como:

- ◆ Temperatura
- ◆ PH
- ◆ Turbidez
- ◆ Dureza total
- ◆ Conductividad eléctrica
- ◆ Alcalinidad

Están en función de las características de cada cuerpo de agua

Por lo que los valores podrían variar de un lugar a otro

Es importante la continuidad en la medición de los parámetros para asegurar una interpretación lo más cercana a la realidad

Para poder identificar variaciones en los datos que podrían considerarse de alerta temprana





# Vinculación Ciencia y Sociedad

Muchas veces se piensa que el quehacer científico y la generación de conocimiento pertenecen a un área específica, generalmente de difícil acceso para la población en general. Es aquí donde resulta importante las acciones de ciencia ciudadana, entendidas como actividades vinculantes entre la academia, instancias gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y población interesada, cuyo propósito es la generación de datos confiables que aporten al entendimiento de alguna problemática en particular.

En el caso de los monitoreos participativos de calidad de agua, se presentan como una oportunidad para desarrollar el interés científico dentro de la ciudadanía, así como propiciar acuerdos intracomunitarios, con autoridades gubernamentales, académicos y organizaciones de la sociedad civil. En este sentido, la expresión sobre los datos del agua provee a las comunidades de argumentos claros y datos sólidos para gestionar ante autoridades y académicos sus preocupaciones.





# Anexos

## ANEXO 1. Formato de Evaluación (¿Hoja de captura de datos?)

Fecha: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

Clave de muestra: \_\_\_\_\_

Nombre del capturista: \_\_\_\_\_

**I. Percepción.** Poner atención al color y olor del cuerpo de agua, así como en la presencia de cualquier elemento que pudiese resultar extraño o ajeno.

- ¿Qué color/aspecto tiene el agua?

\_\_\_\_\_

- ¿Qué olor tiene el agua?

\_\_\_\_\_

- ¿Observas alguna cosa que te resulte extraña? Si es así, descríbela.

\_\_\_\_\_

**II. Parámetros fisicoquímicos.** Importante anotar las unidades de medida para cada parámetro.

Parámetro	Unidad	Valor
pH		
Temperatura		
Conductividad eléctrica		
Turbidez		
Sólidos suspendidos totales		
Sólidos disueltos totales		
Oxígeno disuelto		
Dureza		
Alcalinidad		
Demanda química de oxígeno (DQO)		
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )		
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		



**III. Parámetros microbiológicos.** Para la determinación de *E. Coli*, se recomienda hacer el sembrado por triplicado.

Hora de toma de muestra: \_\_\_\_\_

Hora de inicio de incubación: \_\_\_\_\_

Periodo de incubación: \_\_\_\_\_

Temperatura de incubación: \_\_\_\_\_

Réplica	Colonias de <i>E. Coli</i>	Colonias de Coliformes fecales	Colonias de Enterococos
1			
2			
3			

Las unidades del análisis microbiológico corresponden a UFC/100 mL siempre y cuando el método empleado sea por Placas Petrifilm o similares. Si el resultado debe expresarse en NMP, se puede emplear la conversión de unidades: 1,354 UFC = 1,000 NMP

**IV. Observaciones.** Anotar cualquier comentario relevante respecto al monitoreo.

## ANEXO 2. Directorio de Instituciones competentes a la calidad del agua

Institución	Nombre	Cargo	Correo electrónico	Número telefónico	Sitio web
Conagua	Quim. Margarita Dafne Lobato Calleros	Gerente de Calidad del Agua		983 267 3440 51744000	<a href="https://www.gob.mx/conagua">https://www.gob.mx/conagua</a>
Municipio de Othón P. Blanco	Zacil-Ha del Carmen Ek Alfonsin	Dirección de medio ambiente y ecología	ingzacilha.ek.alfonsin@gmail.com	9831467062	<a href="https://www.opb.gob.mx/portal/">https://www.opb.gob.mx/portal/</a>
Municipio de Bacalar	Lic. Romel Gibran Cano Álvarez	Director de Ecología Obras Públicas y Desarrollo Urbano del Municipio de Bacalar	romelcano@outlook.com ecologia@bacalar.gob.mx	9831196988	<a href="http://bacalar.gob.mx/">http://bacalar.gob.mx/</a>
PPA	Ing. Wilbert Arias Uc	Director de Inspección y Vigilancia Ambiental	wilbert.arias@qroo.gob.mx	984 83 2 11 85	<a href="https://qroo.gob.mx/ppa/">https://qroo.gob.mx/ppa/</a>
SEMA	Biol. Elvira Carvajal Hinojosa	Subsecretaría de Protección Ambiental y Planeación Técnica	elvira.carvajal@qroo.gob.mx	984 129 2187 ext. 214	<a href="https://qroo.gob.mx/sema/">https://qroo.gob.mx/sema/</a>
ECOSUR	Dra. Teresa Álvarez Legorreta	Investigadora Titular	teral@ecosur.mx	983-835-0440 ext. 4318	<a href="https://www.ecosur.mx/">https://www.ecosur.mx/</a>
UQROO	Dr. Canché Uuh José Alfonso	Coordinador del cuerpo académico de Ingeniería Ambiental	caiam@uqroo.mx ó canalfo@uqroo.mx	983-835-0300 ext. 194	<a href="https://www.uqroo.mx/">https://www.uqroo.mx/</a>
Agua Clara Ciudadanos por Bacalar AC	Melina C. Maravilla Romero	Directora ejecutiva	m.maravilla@aguaclarabacalar.org	983 128 0539	<a href="http://www.aguaclarapor-bacalar.org/">http://www.aguaclarapor-bacalar.org/</a>
Agua Clara Ciudadanos por Bacalar AC	Elías Fonseca	Coordinador de proyectos	e.fonseca@aguaclarabacalar.org		<a href="http://www.aguaclarapor-bacalar.org/">http://www.aguaclarapor-bacalar.org/</a>
Consejo de cuencas	Juan Ramón Díaz Calderón	Subdirector de Consejos de Cuenca y Atención a Emergencias	juan.diazc@conagua.gob.mx	998 193 2480 ext. 1731	
Cooperación alemana para el desarrollo (GIZ)	Gabriel Berrios				





## Bibliografía

- CAO. (2008). Monitoreo Participativo del Agua. Guía para Prevenir y Manejar el Conflicto. Oficina del Asesor en Cumplimiento/Ombudsman. <https://www.cao-ombudsman.org/sites/default/files/2021-06/watermonsp.pdf>
- COFEPRIS. (2022). Manual Operativo: Monitoreo de Agua de Contacto Primario en el agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce. Secretaría de salud. <https://www.gob.mx/cofepris/documentos/manual-operativo-monitoreo-de-agua-de-contacto-primario-en-el-agua-de-mar-de-playas-y-cuerpos-de-agua-dulce>
- Conagua. (2021). Calidad del Agua en México. <https://www.gob.mx/conagua/es/articulos/calidad-del-agua?idiom=es>
- Conagua. Sistema Nacional de Información del Agua. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
- Conagua. (2015). Estadísticas del Agua en México. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/eam2015.pdf>
- Conagua (2019). Estadísticas del Agua en México. [https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf)
- Flores-Díaz, A., Ramos-Escobedo M.G., Ruiz-Córdova S.S., Manson R., Aranda E. y Deutsch W. (2013). Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de Global Water Watch-México. Conferencia. III Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas.
- HACH. (2000). Manual de Análisis de Agua. Hach Company.
- Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en materia de Aguas Nacionales. 2014. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/informacion-de-orientacion-para-el-contribuyente-74169>
- OMS. (2005). Water Safety Plans: Managing drinking water quality from catchment to consumer. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42890>
- SEMARNAT y Conagua (2017) Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. <http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGJ-1-17.pdf>











**Agua Clara**  
Ciudadanos por Bacalar A.C.

CON EL APOYO DE:



**RÍO ARRONTE**  
FUNDACIÓN



Impulsado por  
**giz** Deutscher Entwicklungszusammenarbeit (GIZ) GmbH