

SERIE AUTODIDÁCTICA EN MATERIA DE NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS CON LA INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN

UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-014-1980, CUERPOS RECEPTORES- MUESTREO



13

Autor: Luis Alberto Bravo Inclán
Revisores CNA: Miriam Beth Arreortúa Cosmes
Luis Miguel Rivera Chávez
Revisores IMTA: Marco A. Toledo Gutiérrez
Clara Levi Levi
Ana Cecilia Tomasini Ortiz
Editor: Dalmey Villegas Sosa

-
- © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT.
 - © Comisión Nacional del Agua, CNA.
 - © Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.

Edita:

Comisión Nacional del Agua.
Subdirección General de
Administración del Agua.
Gerencia de Inspección y
Medición.

Instituto Mexicano de Tecnología
del Agua.
Coordinación de Tecnología
Hidráulica.
Subcoordinación de Calidad e
Hidráulica Industrial.

Imprime:

Comisión Nacional del Agua.

ISBN
968-817-621-4

Participantes:

En la realización de este documento colaboraron especialistas del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y de la Subdirección General de Administración del Agua, CNA.

Autor:

Luis Alberto Bravo Inclán.

Revisores CNA:

Miriam Beth Arreortúa Cosmes.
Luis Miguel Rivera Chávez.

Revisores IMTA:

Marco A. Toledo Gutiérrez.
Clara Levi Levi.
Ana Cecilia Tomasini Ortiz.

Editor:

Dalmey Villegas Sosa.

Corrector de estilo:

Antonio Requejo del Blanco.

Diseño de Presentación:

Clara Levi Levi.

Ilustraciones:

Eduardo Rodríguez Martínez.

Formación:

Gema Alín Martínez Ocampo

Portada:

Oscar Alonso Barron

Para mayores informes dirigirse a:

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.
GERENCIA DE INSPECCIÓN Y
MEDICIÓN.

Ing. Roberto Merino Carrión.

roberto.merino@cna.gob.mx

Insurgentes Sur 1228, 5º piso,
Tlacoquémecatli del Valle, 03200,
México D. F., Tel. 01 (55) 55-75-87-45
y 55-75-84-20, ext. 14.

INSTITUTO MEXICANO DE
TECNOLOGÍA DEL AGUA.
SUBCOORDINACIÓN DE CALIDAD
E HIDRÁULICA INDUSTRIAL.

M. I. Marco Antonio Toledo Gutiérrez.

mtoledo@tlaloc.imta.mx

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso,
62550, Jiutepec, Mor. Tel. y Fax: 01
(777) 3-29-36-80.

Derechos reservados por Comisión
Nacional del Agua, Insurgentes Sur
2140, Ermita San Ángel, 01070,
México, D. F. e Instituto Mexicano
de Tecnología del Agua, Paseo
Cuauhnáhuac 8532, Progreso, 62550,
Jiutepec, Mor.

Esta edición y sus características son
propiedad de la Comisión Nacional
del Agua y del Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua.

D.R. © Comisión Nacional del Agua
Primera edición: 2004

CONTENIDO

PREFACIO	5
¿PARA QUIÉN? ¿PARA QUÉ? Y EVALÚA SI SABES	6
INTRODUCCIÓN	7
1 ANTECEDENTES	7
1.1 <i>Reglamentación existente con anterioridad sobre el procedimiento de determinación de muestreo de cuerpos receptores</i>	7
AUTOEVALUACIÓN 1	12
2 APLICACIÓN	13
2.1 <i>Muestreo en corrientes</i>	19
2.2 <i>Muestreo en lagos, lagunas, presas y embalses</i>	20
AUTOEVALUACIÓN 2	25
3 ANÁLISIS ESPECÍFICO	26
3.1 <i>Cómo se establece una red de muestreo</i>	26
3.2 <i>Aplicación para rastreo de descargas clandestinas o que no pueden muestrearse en la fuente</i>	28
AUTOEVALUACIÓN 3	25
BIBLIOGRAFÍA	33
GLOSARIO	36
RESPUESTAS A LAS AUTOEVALUACIONES	42
ANEXOS	43

PREFACIO

La Comisión Nacional del Agua (CNA), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), tiene la atribución de administrar y custodiar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. Como parte de la estrategia de la CNA para preservar la calidad de las aguas nacionales, la Subdirección General de Administración del Agua, en colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), edita la segunda parte del "Paquete Autodidáctico en Materia de Normas Técnicas Relacionadas con la Inspección y Verificación" (Serie Naranja).

Esta segunda parte consta de ocho unidades que se elaboraron con la finalidad de presentar, de una forma sencilla y agradable para el lector, cada una de las normas relacionadas con la inspección y verificación; al igual que dar a conocer las bases legales en las que se sustentan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX) relacionadas con el sector hidráulico, su origen, fundamento y aplicación dentro de los procedimientos que implican una visita de inspección.

El cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas es fundamental, ya que su propósito radica en establecer las especificaciones que deben cumplir los productos y procesos que puedan constituir un riesgo para la integridad y la salud humana; también un riesgo para las diferentes especies animales, vegetales y para el medio ambiente en general, así como para la preservación de los recursos naturales.

En las ocho unidades se desarrollaron tres puntos en especial, que son: antecedentes, aplicación y análisis específico.

La unidad 9 está relacionada con el muestreo de aguas residuales.

Las unidades 10, 11 y 12 están asociadas con normas referentes a las determinaciones de los parámetros de campo: materia flotante, temperatura y pH, respectivamente.

La unidad 13 está relacionada con el muestreo en cuerpos receptores.

En las unidades 14, 15 y 16 se habla de los requisitos sanitarios, muestreo, vigilancia y evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

Cada unidad cuenta con una presentación en disco compacto para PC (CD ROM), que resalta los aspectos más importantes señalados en el texto, y se apoya en fotografías e ilustraciones adicionales que refuerzan los conceptos planteados.

UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-014-1980, CUERPOS RECEPTORES- MUESTREO

13

¿PARA QUIÉN?

Esta unidad didáctica se dirige al personal que forma parte de las brigadas de inspección y verificación, quienes se encargan del muestreo de las descargas de aguas residuales, en cuerpos receptores de propiedad nacional y/o en sus bienes públicos inherentes.

¿PARA QUÉ?

Esta unidad didáctica se elaboró para que el personal encargado del muestreo cuente con una herramienta documental que le permita tener una visión global de los recursos normativos que tienen a su alcance para la mejor aplicación de la ley.

EVALÚA SI SABES

- ¿Qué es un cuerpo receptor y cómo los puedes clasificar?
- ¿Cuáles son las actividades más importantes que se deben realizar antes de un muestreo?
- ¿En qué documentos de la normatividad mexicana se habla sobre el muestreo en cuerpos receptores?
- ¿Cuándo fue la primera vez que se publicó una norma sobre el muestreo en cuerpos receptores?
- ¿Por qué es importante llevar un control de calidad?
- ¿Qué diferencias existen entre realizar un muestreo en corrientes a uno en lagos, lagunas y embalses?

INTRODUCCIÓN

La importancia que tiene el muestreo ya se destacó en otros manuales de la “Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua (*Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*, Serie Verde, Arce *et al.*, 2001)”: con frecuencia el muestreo es considerado una actividad trivial, lo cual es falso. Las dificultades asociadas con la determinación de un punto de muestreo (o estación de muestreo: posición precisa en una zona de muestreo donde son tomadas las muestras), con la reactividad de los parámetros muestreados y con las exigencias que marcan las propias técnicas analíticas, hacen del muestreo una actividad compleja, que requiere de la observancia estricta de las técnicas y procedimientos de toma, preservación, transporte y custodia de las muestras.

El objetivo en la toma de una muestra consiste en la colecta de una porción de agua lo suficientemente pequeña en volumen para poder ser convenientemente transportada y analizada en el



laboratorio, y que represente con precisión el agua del cuerpo receptor de donde proviene. Además, se requiere que la muestra sea manejada de tal modo que no ocurran cambios significativos en su composición antes de que los análisis se realicen.

Un paso fundamental en el objetivo de un muestreo es el establecer claramente el uso final de los datos. Antes de muestrear, el equipo que realice el muestreo (o, en su caso, el inspector) debe entender claramente las necesidades de información, es decir, para qué propósito se usarán los datos y los objetivos de la visita al sitio. Cuando estén disponibles los datos de la visita, es crucial que se pueda evaluar la calidad y la utilidad de los datos para alcanzar el objetivo del muestreo.

El objetivo de esta unidad didáctica consiste en explicar los fundamentos del muestreo en cuerpos receptores de aguas superficiales, excluyendo aguas de estuarios y aguas marinas, con el fin de determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas, conforme a lo estipulado en la NMX-AA-014-1980, *Cuerpos receptores - Muestreo*.

1. ANTECEDENTES

1.1 *Reglamentación existente con anterioridad sobre el procedimiento de muestreo en cuerpos receptores*

En general, se considera como “contaminante” a cualquier tipo de desecho, ya sea municipal, industrial o agrícola que se echa al agua, y que provoque daño a los humanos, animales, plantas y bienes, o que perturbe negativamente las actividades que normalmente se desarrollan cerca o dentro del agua (Jiménez, 2001).

Por otro lado, “calidad del agua” es un concepto abstracto que sólo adquiere sentido cuando se selecciona un conjunto de parámetros y se les asocia un valor determinado

para definirlo. La amplia combinación de compuestos y valores que se pueden considerar hace que, en la práctica y en la legislación, se formen conjuntos en función del uso (criterios ecológicos para evaluar la calidad del agua, 1989), del origen (normas oficiales mexicanas de descargas) o del destino (NOM-001-SEMARNAT-1996, antes NOM-001-ECOL-1996).



La reglamentación mexicana ha presentado un gran desarrollo en el tema de evaluación y control de aguas residuales y descargas que impactan a diversos cuerpos receptores. Como se verá a continuación, pocos documentos

hablan del muestreo y evaluación de cuerpos receptores, no necesariamente contaminados.

En 1973 la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) instauró, por primera vez, un programa de prevención y control de la contaminación de los cuerpos receptores generada por las descargas de aguas residuales municipales e industriales. En este programa destacan dos acciones.

1. Presentación, ante la SRH, de un informe preliminar de ingeniería cuando el agua residual no cumpliera con valores máximos permisibles para cinco parámetros (sólidos sedimentables, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y el potencial de pH).
2. Elaboración, por parte de la SRH, de los estudios de clasifi-



cación de los cuerpos de agua del país y el establecimiento de los criterios de calidad de los mismos (ver la unidad número 1, *Unidad didáctica para la aplicación de la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales*, Tomasini-Ortiz, 2003).

En 1989 la Comisión Nacional del Agua (CNA) publicó los criterios de calidad del agua y, a través de la SARH, queda como responsable de emitir las normas para la prevención y control de la contaminación del agua.

El 1° de diciembre de 1992 se publica en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y el 12 de enero de 1994 sale publicado su reglamento

En relación con el abastecimiento de agua para uso y consumo humano, y con calidad adecuada para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales, entre otras, la Secreta-

ría de Salud publicó el 18 de enero de 1996, la NOM-127-SSA1-1994. En esta norma, se establecen los límites permisibles de calidad del agua con relación a las características bacteriológicas, físicas, organolépticas (color, olor, sabor y turbiedad), químicas y radiactivas, así como los tratamientos de potabilización que se le puede aplicar a una fuente, con el fin de hacerla apta para el consumo humano. Esta norma aplica a todos los sistemas de abastecimiento públicos y privados, tales como obras hidráulicas y de almacenamiento. La NOM-127-SSA1-1994 ha sido revisada en los límites permisibles que indica, de modo que las modificaciones entraron en vigor el 22 de febrero del 2001.

En 1996, la CNA y el Instituto Nacional de Ecología (INE) sintetizan 44 normas preexistentes de calidad de las descargas de aguas residuales en únicamente tres normas oficiales mexicanas, que establecen las condiciones de descarga a un cuerpo receptor en función de su uso: riego agrícola, uso público urbano, protección de la vida acuática, explotación pesquera, navegación y estero. De

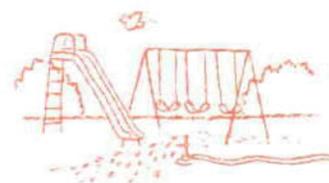
estas tres normas, la primera trata de lo siguiente:

NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales (para mayor

información, ver la unidad número 1, *Unidad didáctica para la aplicación de la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales*, Tomasini-Ortiz, 2003).



Riego agrícola



Público o urbano



Protección de la vida acuática



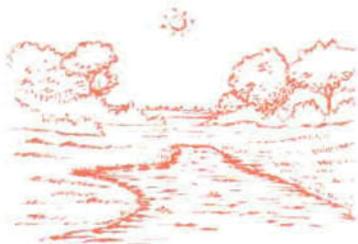
Explotación pesquera



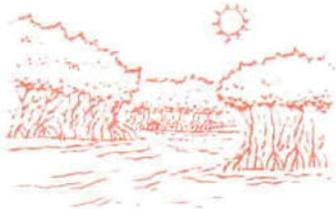
Navegación y otros usos



Recreación



Humedal



Estero

El 18 de marzo de 1996, se publica en el *Diario Oficial de la Federación* la primera declaratoria de clasificación del río Lerma, en el que se establece su capacidad de asimilación y dilución, las metas de calidad del agua, los plazos para alcanzarlas y los parámetros que deberán considerarse para el cumplimiento de las descargas de aguas residuales. En el artículo 87 de la Ley de Aguas Nacionales, destaca que las declaratorias contendrán:

- I. La delimitación del cuerpo de agua clasificado.
- II. Los parámetros que deberán cumplir las descargas.



III. La capacidad del cuerpo de agua clasificado para diluir y asimilar contaminantes.

IV. Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga.

Las cuencas son las receptoras de la mayoría de los desechos generados por los usos del agua, tales como las actividades industriales, agrícolas, pecuarias y domésticas. Aunque son ecosistemas que cuentan con una gran variedad de mecanismos físicos, químicos y biológicos mediante los cuales los desechos pueden ser asimilados; se presentan inconvenientes cuando el grado de contaminación alcanza niveles que superan tal

capacidad de asimilación, provocándose serias implicaciones ambientales.

Los estudios de clasificación de los sistemas acuáticos son evaluaciones de la calidad del agua, que permite elegir acciones correctivas para el saneamiento de los cuerpos de agua, tal como el control de las descargas contaminantes.

Con miras a fijar la capacidad de un cuerpo de agua para diluir y asimilar contaminantes:

- Se realizan muestreos en una red de estaciones y durante la época de estiaje (esto es, en las condiciones extremas en las que existe un menor caudal de agua; también se le conoce como época de secas).
- Se muestrea en tramos del río cuidadosamente fijados en el que se cuantifican los caudales del río principal en varias estaciones de muestreo, llevándose a cabo un cuidadoso balance de los caudales de entrada y salida de tramo a tramo.
- Se muestran diversos parámetros entre los que destacan: la demanda biológica de oxígeno

geno (DBO), oxígeno disuelto, fósforo total, nitrógeno total y coliformes.

- La información de campo se utiliza para alimentar un modelo de calidad del agua, denominado, por ejemplo, QUAL-2E de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA), y que permite simular hasta 15 parámetros de agua diferentes y 25 tramos del cuerpo de agua a la vez.



AUTOEVALUACIÓN 1

1. En el estudio de clasificación de un río ¿qué actividades se realizan, para evaluar la calidad del mismo?
 - a) Se realiza un estudio de bentos y la ictiofauna del río, así como del caudal mínimo permisible.
 - b) Se divide al río en zona alta, media y baja; además, se requiere un estudio de granulometría y textura del sedimento.
 - c) De acuerdo a la información de campo, se divide el río en tramos, los cuáles son cuidadosamente fijados, asimismo, se evalúa el caudal en cada estación.
2. De acuerdo con la NMX-AA-014-1980, el muestreo en cuerpos receptores de aguas superficiales incluye los siguientes sitios:
 - a) Cuerpos de agua dulce (o salobre) continental, excluyendo aguas de estuarios y lagunas costeras.
 - b) Tanto cuerpos de agua dulce como de agua salobre, tanto continentales como de mar.
 - c) Cuerpos de agua dulce en el continente, incluyendo a los estuarios y lagunas costeras.
 - d) Ninguno de los anteriores.
3. En la legislación mexicana, el número de documentos que tratan sobre el NMX-AA-014-1989, *Cuerpos receptores - muestreo* son:
 - a) Amplios y muy detallados
 - b) Pocos y con frecuencia, relacionados con el muestreo de aguas residuales
 - c) Desde 1980 a la fecha, se han mantenido la actualización de la norma correspondiente.
4. ¿Qué norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales?
 - a) NOM-ECOL-001-1996.
 - b) NOM-127-SSA1-1994.
 - c) NOM-ECOL-003-1996.
 - d) NOM-ECOL-002-1996.
 - e) Las respuestas a y b.

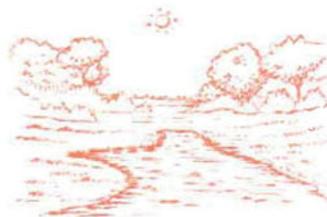
2. APLICACIÓN

La norma NMX-AA-014-1980, no detalla los requisitos indispensables para un muestreo confiable. A continuación, se describen algunos pasos para que, previo a la salida, se realicen una serie de pasos técnicos para documentar y efectuar adecuadamente un muestreo.

Existe un viejo dicho que establece: “el resultado de cualquier prueba analítica, no puede ser mejor que la muestra de la cual proviene”. En un muestreo a un cuerpo receptor dado, sea un arroyo, río, lago o embalse, el primer paso para garantizar resultados confiables es un muestreo confiable. Sólo cuando las muestras son tomadas en el sitio que representa el total de una masa de agua, con el equipo adecuado, con las precauciones necesarias para no contaminarlas, y se preservan de acuerdo con los procedimientos establecidos, se podrá asegurar que son representativas.

Una vez que el inspector entiende las necesidades y objetivos de la visita al sitio, se puede desarrollar

un plan completo de control de calidad y verificación. El plan debe desarrollarse por escrito y completarse antes de iniciar cualquier actividad de muestreo. Este plan asegura que todos los esfuerzos del muestreo pasen por un proceso cuidadosamente meditado antes de hacerlo.



Para realizar un muestreo confiable en un cuerpo receptor es necesario cumplir con una serie de pasos que incluyen:

Fase 1 PLANEACIÓN

La obtención de muestras representativas de un cuerpo receptor requiere de tiempo, además de mucho material, reactivos y equipo. Se recomienda asegurarse estar bien preparado, sobre todo si el punto de muestreo se encuentra lejos de zonas urbanas y, en consecuencia, es difícil reabastecerse

de insumos, materiales y provisiones. Además es fundamental:



- Recopilar y revisar la información existente sobre el cuerpo de agua y la zona de estudio.
- Llevar a cabo una visita prospectiva de reconocimiento, para establecer y/o corroborar la ubicación de las estaciones, la facilidad de acceso y tiempos de traslado y, si procede, la ubicación de las descargas que afecten al cuerpo receptor.
- Elaborar un plan de muestreo (consultar el manual de la Serie Verde, *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales.*, Arce et.

al., 2002) en el cual los resultados generados puedan cumplir con los objetivos planteados inicialmente en un estudio o visita de inspección.

Fase 2 PREPARACIÓN

- Elaborar una lista de verificación de materiales, reactivos y equipos adecuados para el muestreo.
- Preparar los recipientes y reactivos para la preservación de las muestras.
- Lavar el equipo de muestreo
- Calibrar los equipos de campo.

Fase 3 MUESTREO

Cuando los pasos necesarios de planeación y preparación han sido completados, se está listo para coleccionar las muestras. La colecta de muestras tiene cuatro componentes principales que se deben mantener en mente:

- a) Lo más importante es la seguridad e higiene personal. Asegurarse de que todos los muestreadores tengan un entrenamiento apropiado en



seguridad. Debido a que la toma de muestras se realiza en sitios remotos y, en ocasiones, en lugares contaminados, lejos de atención médica inmediata, es importante tener en cuenta lo siguiente:

1. Nunca salir solo al campo;
2. Determinar la ubicación del hospital, clínica o médico más cercanos;
3. Notificar a otros de su itinerario y ubicación;
4. Siempre use guantes, lentes de seguridad, overol o bata y el calzado adecuado a la situación del muestreo. Para más información sobre este tema, consultar el manual de la Serie Verde, *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales.*, Arce et. al., 2002.

- b) Colectar una muestra representativa. El objetivo primario de cualquier plan de muestreo consiste en coleccionar una muestra que represente la calidad del agua en un tiempo particular.
- c) Considerar el aseguramiento de calidad en el proceso de muestreo.
- d) Generar un registro completo y preciso del muestreo. Cada estación de muestreo ubíquelas con una descripción detallada, con mapas, con la ayuda de boyas o marcas en tierra, de modo que permita que otras personas las identifiquen sin depender de la memoria o de una guía personal. Por otro lado, puede proporcionarse la localización exacta de un punto de muestreo en coordenadas geográficas (latitud y longitud), por medio de un equipo portátil de geoposicionamiento global (GPS), el cual proporciona las coordenadas geográficas de cualquier lugar del mundo, a través de satélites ubicados en el espacio.

Varias de estas actividades son tratadas con mayor detalle en los

documentos de la “Serie autodi-
dáctica de medición de la calidad
del agua”, de la Serie Verde:

- *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*, Serie Verde, Arce *et al.*, 2002.
- Muestreo y preservación de parámetros fisicoquímicos, Serie Verde, Gómez y Sánchez, 2002.
- *Muestreo y preservación de grasas y aceites, y determinación en campo de pH, temperatura y materia flotante*, Serie Verde, Arce, 2002.
- *Muestreo y preservación para coliformes fecales y huevos de helminto*, Serie Verde, Tomasi-
ni-Ortiz, 2002.
- *Aforos de descargas*, Serie Verde, González, 2002.
- *Toma y conservación de muestras de agua residual en emisores submarinos*, Serie Verde, segunda parte, Bravo I.L y C.J. Sánchez, 2003.

Plan de muestreo

Como ya se mencionó, en la fase 1 se incluye conocer la zona de estudio lo mejor posible; por ejemplo, si el cuerpo de agua cuenta

con uno o más ríos tributarios sería conveniente conocer:

- El gasto promedio anual de estos ríos.
- La época de lluvias, sobre todo el período de avenidas.
- Saber si existen descargas que puedan afectar la calidad del agua.
- Si se trata de una descarga industrial o municipal.
- El tamaño de la cuenca y usos del suelo en la región.
- Por supuesto, es conveniente buscar información sobre trabajos de muestreo anteriores realizados en el río o embalse.

Con dicha información, así como los requisitos propuestos en un estudio, se elabora el **plan de muestreo** (anexo 1, pág. A-1) que consta de lo siguiente:

- Objetivo.
- Antecedentes.
- Tipo de muestreo.
- Control de calidad.
- Ubicación y descripción del punto de muestreo.
- Medio de transporte.
- Participantes.
- Plan de seguridad.
- Lista de verificación de materiales, reactivos y

equipo para el muestreo.

Estos componentes permitirán elaborar un plan de acción y proveerse del material los reactivos y el equipo necesario para el muestreo (anexo 2, pág. A-3), que incluye desde una pluma hasta sustancias para preservación, hieleras, equipo de campo y hielo para el transporte de muestras.

Asimismo, la documentación de soporte que acompañará a las actas levantadas durante las visitas de inspección y/o verificación son:

- Formato de **registro de campo para toma de muestras** en visitas de inspección y/o verificación (anexo 3, pág. A-5).
- Y, por último, para entregar adecuadamente las muestras al laboratorio, se elabora el formato de **cadena de custodia** (anexo, pág. A-6).

Cabe enfatizar que un plan de muestreo bien elaborado protege a los que toman las muestras contra errores y minimiza la posibilidad de invalidar los resultados obtenidos.

Recipientes de muestreo

Antes de realizar el muestreo, se debe decidir con base en los objetivos del muestreo y del presupuesto disponible, entre otras, el tipo y número de parámetros a muestrear. A continuación, se

mencionan dos criterios para la obtención de parámetros en un cuerpo de agua dado:

- Si el cuerpo de agua presenta características de calidad del agua semejantes a la del agua residual, es conveniente incluir

los parámetros incluidos en la NOM-001-ECOL-1996. La tabla 2.1 es un listado elaborado con base a la norma mexicana antes mencionada, y se especifica el volumen mínimo requerido para el análisis, tipos de recipientes y preservación.

Tabla 2.1 Resumen de parámetros a muestrear en agua residual, sus características para la toma de muestra, preservación y tiempo de análisis, de acuerdo con la NOM-ECOL-001-1996.

Parámetro	Volumen mínimo requerido (mL)	Recipiente	Preservación 2/	Tiempo máximo de análisis
Coliformes fecales	150	Bolsa o frasco de vidrio estéril	Previamente con EDTA+ Na ₂ S ₂ O ₃ , 4°C	24 horas
Huevos de helminto	5,000	Plástico	Formol 10% y/o 4°C	6 meses
Grasas y aceites	1,000	Vidrio, boca ancha	HCl pH<2, 4°C	28 días
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1,000	Plástico	4°C	48 horas
Materia flotante	3,000	Plástico, boca ancha	---	Inmediata
Sólidos sedimentables	1,000	Plástico, boca ancha	4°C	24 horas
Sólidos suspendidos totales	1,000	Plástico	4°C	7 días
Fósforo total	1,000	Plástico	4°C	28 días
Nitrógeno total	1,000	Plástico	H ₂ SO ₄ , pH<2, 4°C	28 días
Metales pesados 1/	1,000	Plástico	HNO ₃ , pH<2, 4°C	6 meses
Cianuros	1,000	Plástico	NaOH, pH>12, 4°C	24 horas

1/ Los metales pesados son: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc.

2/ EDTA.- Sal tetrasódica de ácido etilén-diamino-tetraacético, al 15%; Na₂S₂O₃.- Tiosulfato de sodio al 10%; HCl.- ácido clorhídrico concentrado; H₂SO₄.- ácido sulfúrico concentrado; HNO₃.- ácido nítrico concentrado; NaOH.- Hidróxido de sodio.

- Si el cuerpo de agua presenta una calidad del agua relativamente mejor, se recomienda utilizar los parámetros que se utilizan en el Índice de Calidad del Agua, conocido por sus siglas como ICA (Guzmán, 1997). El índice está constituido por las siguientes características:
- Se incluyen 18 parámetros de calidad del agua.
- Por medio de una fórmula se obtiene un valor, en una escala de 0 a 100 para cada parámetro, a partir de los cuales se construye el índice.
- Este índice es utilizado por la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua de la CNA.
- El índice califica en escala de 0 a 100 la calidad de un agua, siendo el cien el valor máximo de calidad.

La tabla 2.2 es un listado de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de campo incluidos en el ICA, el volumen mínimo requerido para el análisis, tipos de recipientes y preservación.

Tabla 2.2 Resumen de parámetros a muestrear en cuerpos de agua, sus características para la toma de muestra, preservación y tiempo de análisis, de acuerdo con el Índice de Calidad del Agua (ICA).

Parámetro	Volumen mínimo requerido (mL)	Recipiente	Preservación 1/	Tiempo máximo de análisis
Oxígeno disuelto	---	---	Analizar inmediatamente	---
Temperatura del agua	---	---	Analizar inmediatamente	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1,000	Plástico	4°C	48 horas
Cloruros	100	Plástico	4°C	7 días
Coliformes fecales y totales	150	Bolsa o frasco de vidrio estéril	Previamente con EDTA+ Na ₂ S ₂ O ₃ , 4°C	24 horas
Conductividad eléctrica	---	---	Analizar inmediatamente	---
Dureza como CaCO ₃	250	Plástico	HNO ₃ , pH<2, 4°C	180 días
Alcalinidad como CaCO ₃	100	Plástico	4°C	7 días
Potencial de hidrógeno (pH)	---	---	Analizar inmediatamente	---
Grasas y aceites	1,000	Vidrio, boca ancha	HCl pH<2, 4°C	28 días
Sólidos suspendidos	1,000	Plástico	4°C	7 días
Sólidos disueltos	500 - 1,000	Plástico	4°C	7 días
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	500	Plástico	H ₂ SO ₄ , pH<2, 4°C	7 días
Nitratos	200	Plástico	H ₂ SO ₄ , pH<2, 4°C	7 días
Nitrógeno amoniacal	200	Plástico	H ₂ SO ₄ , pH<2, 4°C	7 días
Fósforo total	1000	Plástico	4°C	28 días
Color verdadero	200	Plástico	4°C	2 días
Turbiedad	200	Plástico	4°C	1 a 2 días

En **negritas**, Parámetros medidos *in situ*.

1/ EDTA.- Sal tetrasódica de ácido etilén-diamino-tetraacético, al 15%; Na₂S₂O₃.- Tiosulfato de sodio al 10%; HCl.- ácido clorhídrico concentrado; HNO₃.- ácido nítrico concentrado; H₂SO₄.- ácido sulfúrico concentrado; NaOH.- Hidróxido de sodio.

La NMX-AA-014-1980 menciona las siguientes precauciones relacionadas con los recipientes de muestreo:

- Las tapas deben proporcionar un cierre hermético en los recipientes y ser de un material afín al del recipiente.
- Los recipientes deben tratarse para eliminar cualquier sustancia que altere los resultados de los análisis.

Cuando se hagan los preparativos del muestreo, asegúrese de llevar envases suficientes, incluyendo aquellos que se usen para muestras de blancos de viaje, campo y muestras dobles. Procure llevar envases extras previendo que lleguen a existir roturas en el campo.

Etiquetas

- De acuerdo con la NMX-AA-014-1980, se deben tomar las precauciones necesarias para que en cualquier momento, sea posible identificar las muestras. Se deben emplear etiquetas pegadas o colgadas, anotándose la información en la hoja de registro de campo.

Para evitar confusiones en la identificación de las muestras, se deben pegar a los frascos, antes

del muestreo, etiquetas adhesivas en las que se anote con tinta indeleble la siguiente información: número de muestra, fecha de muestreo (día/mes/año), hora, nombre o razón social completo del usuario visitado, número de acta de visita, nombre del muestreador, identificación del punto de muestreo o descarga, tipo de muestra (simple, compuesta o integrada), tipo de preservación y análisis solicitado.

El empaque, transporte y entrega de las muestras se encuentra ampliamente explicado en el manual de la Serie Verde, *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*, Arce et al., 2002. Sin embargo, cabe resaltar algunas consideraciones importantes. Con relación al empaque, las muestras se llenan poniendo atención de que no falten frascos y que éstos se ubiquen en posición vertical y acomoden de tal forma que no se golpeen unos con otros; si es posible, se sugiere envolverlos con plástico burbuja. La temperatura en el interior de las hieleras se debe mantener a 4°C, con el uso de hielo en cubos o triturado (hielo frapé).

Verificación y calibración del equipo

Las determinaciones en campo requieren el uso de equipos, tales como potenciómetro, termómetro de termopar (ver glosario), conductímetro o multiparámetro, los cuales se deberán revisar y calibrar en las 24 horas previas al muestreo; además de recalibrar en el campo antes de usarse.



Revise con cuidado todo el equipo electrónico y el estado de las baterías o pilas para que operen apropiadamente, inspeccione las columnas de mercurio de los termómetros y verifique que las soluciones de calibración se encuen-

tran con certificado de calibración vigente.

- Si usted tiene duda sobre las condiciones de un equipo o botella de muestreo en particular, lleve un reemplazo.
- Se deben emplear los equipos de campo de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo muestreador, dándoles el correcto y adecuado mantenimiento.

Procedimiento de muestreo (consideraciones generales)

Ya en el campo, primero se toman las muestras de microbiología (coliformes fecales y totales). Esto se debe principalmente a que si se empiezan a introducir los equipos de medición, se favorecería una probable contaminación de las muestras microbiológicas. Después de esto, se obtienen las muestras de grasas y aceites e inmediatamente después se miden: el gasto, temperatura del agua y del ambiente, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. Posteriormente se tomarán el resto de las muestras de agua.

La NMX-AA-014-1980 menciona las siguientes consideraciones en el procedimiento de muestreo:

- Con el objeto de conocer las variaciones de las condiciones particulares del cuerpo receptor, se debe establecer un ciclo anual de muestreo que cubra las épocas de precipitación pluvial y estiaje.
- Para el muestreo de cuerpos receptores, se debe establecer una red de muestreo que represente las condiciones particulares del cuerpo receptor, debiéndose tomar las muestras en la parte superior, media o inferior.

De acuerdo con el movimiento del agua, en términos generales, se pueden clasificar a los cuerpos receptores en dos tipos:

- Lóticos. Aguas que corren o, que están en movimiento; incluye arroyos, canales y ríos.
- Lénticos. Aguas sin movimiento o "estancadas", que incluyen los lagos, lagunas y embalses (con frecuencia también llamados presas, o reservorios).



2.1 Muestreo en corrientes

Cuando las muestras son colectadas de un río o arroyo, los resultados observados pueden variar con la profundidad, el flujo del río y la distancia con respecto a las orillas. Se pueden colectar dos tipos de muestras en sistemas lóticos. De modo simplificado, se puede tomar una muestra integrada de la parte

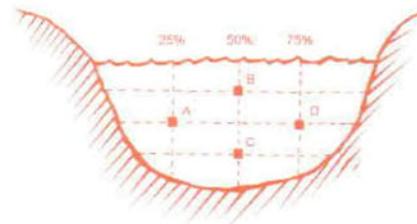


Figura 2.1 Ubicación de los puntos de colecta, al tomar una muestra integrada en un río.

superior y del fondo en el centro del río y a cada lado del mismo a una profundidad media, de modo que se integre un 25% de agua, en cada uno de estos puntos (ver la figura 2.1). Por otro lado, si se va a coleccionar una muestra simple, de preferencia, coléctela en el centro del río y a profundidad media.

2.2 Muestreo en lagos, lagunas y embalses

Los lagos, lagunas y embalses están sujetos a variaciones considerables tales como la estratificación estacional, lluvia, escorrentías y viento. Escoja la ubicación, profundidad y frecuencia de muestreo con relación a las condiciones locales y el propósito de la investigación. Evite el muestreo de la capa superficial.

Desde los primeros meses del año, el sol va calentando la capa superficial del cuerpo de agua, lo que propicia la formación de capas de agua de diferente temperatura y densidad a lo largo de la columna de agua. Dicha estratificación de temperatura y de oxígeno disuelto, con respecto a la profundidad, confiere a un lago

o embalse diferencias marcadas en la calidad del agua en las tres capas que se forman (a saber: epilimnio (capa superior), termoclima (capa intermedia, ver glosario) e hipolimnio), en el que la capa superficial está bien mezclada y caliente; mientras que la capa profunda es relativamente más fría, sin mezcla y baja en oxígeno disuelto (ver figura 2.2).

Parámetros de campo

Mida en cada estación seleccionada, a nivel superficial (50 cm por debajo de la superficie), la temperatura, pH, oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica. De preferencia y si cuenta con un equipo multiparámetro, sonda y cable de 15 m de largo o más, en cada estación realice mediciones

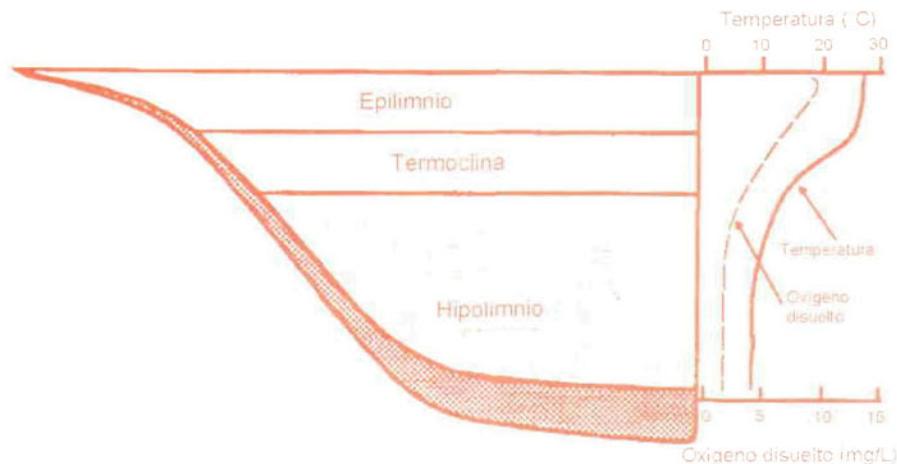
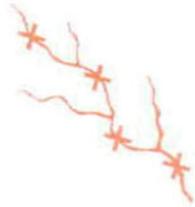


Figura 2.2 Estratificación térmica en un cuerpo de agua, junto con perfiles de temperatura y oxígeno disuelto.

superficiales y a cada metro hasta llegar a los 50 cm por encima del fondo (ver figura 2.3).

En campo, otro parámetro sencillo de medir, consiste en la medición de la transparencia (la capacidad

Perfil longitudinal en un río



Perfil vertical en un lago

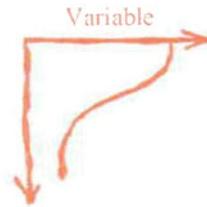
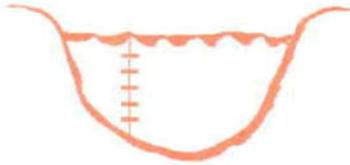


Figura 23. Estaciones longitudinales en un río, perfil vertical de campo en un lago, forma en que se pueden presentar los resultados.

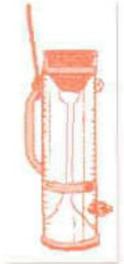
de la luz de penetrar la columna de agua), por medio del disco de Secchi. Esta medida se obtiene al bajar un disco que se encuentra pintado con cuadrantes de color blanco y negro (el dispositivo tiene un diámetro de 20 cm), se baja el disco hasta que el muestreador lo pierde de vista. Por último, se mide la distancia del disco a la superficie del cuerpo de agua; las unidades obtenidas se expresan en metros (Figura 2.4).



Figura 2.4 Forma en que se mide la profundidad de visión del disco de Secchi.

Obtención de muestras profundas (uso de la botella Van Dorn)

Se pueden obtener muestras de agua de lagos y embalses con una botella Van Dorn (muestreador Alfa) o Kemmerer. En general, enjuague la botella muestreadora con el agua del lago antes de coleccionar. Inicie la colecta con las muestras que contienen las concentraciones más bajas (esto es, obtenga la muestra de superficie antes de sacar la del fondo) (figura 2.5). En lagos pequeños, de forma cercana a circular y someros (aquellos en los cuales la concentración de oxígeno disuelto se presenta relativamente uniforme con la profundidad) colecciona la muestra cerca del centro del lago a una profundidad de 30 – 50 cm. Considere más estaciones con base a los objetivos del estudio y/o posible sospecha de contaminación en alguna zona del cuerpo de agua.



En lagos o embalses profundos y que se llegan a estratificar

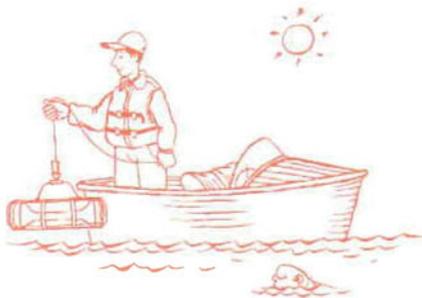


Figura 2.5 Uso de la botella Van Dorn para obtener muestras de agua superficiales y de fondo en cuerpos de agua.

(por ejemplo, con profundidades mayores a 12 – 15 m) obtenga muestras de calidad del agua a un mínimo de dos profundidades: a 30 – 50 cm debajo de la superficie, y otra a la base del hipolimnion, aproximadamente a 50 – 100 cm del fondo del cuerpo receptor. Se debe tener cuidado de no mezclar la muestra con el sedimento del fondo.

Cabe mencionar un tipo de muestreo biológico que puede proveer información útil sobre las características de un cuerpo de agua. Consiste en la obtención de algas y fauna microscópica (también conocidas como fitoplancton y zoo-

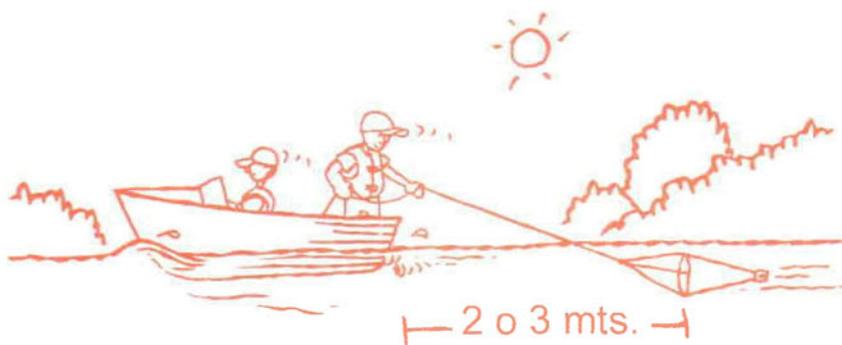


Figura 2.6 Colecta de algas en cuerpos de agua, por medio de una red de placton.

plancton) provenientes de la capa superficial de un cuerpo de agua. El plancton (tanto fauna y flora microscópica) se puede obtener por medio de una red de plancton, la cual filtra y separa estos organismos del agua (figura 2.6). El plancton se puede examinar por medio de un microscopio. Los análisis de fitoplancton y zooplancton en agua pueden ser de tipo cualitativo (por medio de claves taxonómicas, que permite conocer género y especie), o de tipo cuantitativo (para obtener la biomasa de algas (por ejemplo, número de células por mililitro de agua).

Obtención de sedimento (uso de draga y/o nucleador)

El término sedimento se refiere a los depósitos del fondo que se encuentran en el medio acuático y que están compuestos de material inorgánico (de varios tamaños y formas, como grava, arena, limo, entre otras) y de material orgánico (organismos del fondo (o también conocidos como organismos bentónicos), materia orgánica en descomposición, bacterias, etc.).

Muchas de las sustancias tóxicas (aquellas que al introducirse en

un ser vivo le ocasiona la muerte o trastornos graves) incorporadas a un cuerpo de agua a través de descargas de agua residual se adhieren al material suspendido en la columna de agua; el cual es eventualmente incorporado en el lecho de los sedimentos. Por lo anterior, y en cuerpos que reciben contaminantes en el agua, los sedimentos son una probable fuente de contaminación a largo plazo para el ambiente acuático. Un ejemplo de sustancias presentes en el sedimento son los metales pesados, que son sustancias tóxicas antropogénicas es decir, generadas por el hombre.

Un método de muestreo de sedimentos que es usado con frecuencia, consiste en el uso de draga, la cual toma una muestra superficial



Figura 2.7 Muestreo de sedimento con draga.

del fondo. La draga cuenta con dos piezas en forma de cuchara y de un mecanismo de cierre, el cual impide que una vez tomado el sedimento del fondo, este se escape durante la subida del equipo a la superficie del agua (figura 2.7)

Para obtener una muestra de sedimento más profundo y por tanto, más antiguo, se puede utilizar el nucleador (figura 2.8).

Seguridad

Para salir a un cuerpo de agua en lancha, se deberá considerar lo siguiente:

- Siempre contar con un capitán, pescador o compañero experimentado, que esté atento y al mando de la lancha.

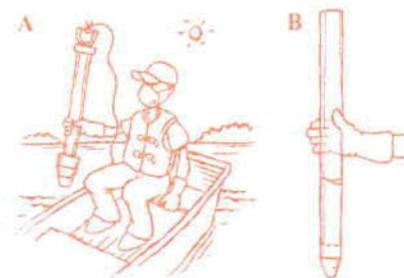
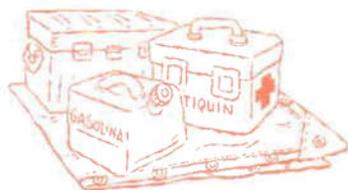


Figura 2.8 Muestreo de sedimento con nucleador. A.- Equipo armado con nariz, plomo, cuerpo de metal y cuerda en la parte superior. B.- Interior de acrílico, en el que se observa la muestra de sedimento y un dispositivo para evitar que, por gravedad, la muestra de sedimento se tire.



- Consultar las condiciones meteorológicas de la zona, de preferencia el mismo día del muestreo o máximo con un día de diferencia, y estar siempre atentos a un cambio desfavorable de las condiciones atmosféricas.
- Utilizar una lancha amplia y en buen estado, techada y con motor en condiciones mecánicas óptimas. Evitar exceder el número máximo de personas que pueden ser transportadas de modo seguro. Contar con la gasolina suficiente y, de sobra, para todo el itinerario.



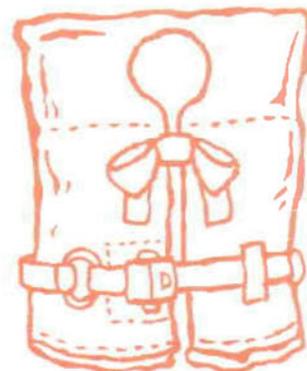
- No anclar la lancha por la popa. En una corriente fuerte, la popa puede ser jalada hacia abajo por la fuerza del agua. El bote también es susceptible de hundirse por la acción de las olas, sobre todo en la zona de rompientes; en dicha

zona, evitar en todo momento el estar descuidado y el anclar la lancha de modo paralelo a la costa.

- Usar todo el tiempo un chaleco salvavidas por persona; sobre todo si algún miembro de la brigada no sabe nadar.



Figura 2.9 Equipo GPS.



- Contar con, al menos, un extinguidor para el fuego.
- Señales luminosas y caja de herramientas adecuadas.
- Se deberá llevar un equipo de posicionamiento global (GPS, figura 2.9).

AUTOEVALUACIÓN 2

- ¿Qué se necesita para realizar un muestreo confiable?**
 - Un plan de contingencias.
 - Un plan de ataque.
 - Información de la zona y un plan de muestreo.
- Si un equipo de campo falla, se recomienda revisar:**
 - Plan de muestreo.
 - Hoja de custodia de muestras.
 - Manual del equipo correspondiente.
 - Todas las anteriores.
- Es esencial para asegurar la integridad de la muestra, desde su colecta hasta el reporte de resultados:**
 - Llenar la hoja de campo.
 - Llenar la bitácora.
 - Establecer una cadena de custodia.
- ¿Dónde se anota toda la información pertinente a observaciones de campo y/o muestreo?**
 - Cadena de custodia.
 - Bitácora de campo.
 - Registro de campo.
 - Las respuestas b y c.
- ¿Cuáles son algunos de los parámetros que se determinan en campo?**
 - Potencial de hidrógeno (pH), temperatura y conductividad eléctrica.
 - Grasas y aceites.
 - DBO, DQO, coliformes fecales y fósforo total.
- ¿Cuál de las muestras o de las mediciones en campo, deben de realizarse primero?**
 - Gasto del río.
 - Medición de parámetros de campo con equipo multiparámetro.
 - Muestras microbiológicas.
 - El orden del muestreo es indistinto.
- De acuerdo con el movimiento del agua, los lagos y embalses se clasifican como:**
 - Eutróficos, mesotróficos y oligotróficos
 - Lóticos y lénticos
 - Estatificados y sin estratificación
 - Todos los anteriores
 - Ninguno de los anteriores.
- Al subirse a una lancha, ¿qué dispositivo de seguridad se debe usar todo el tiempo?**
 - Pastillas contra el mareo y extinguidor.
 - Una lancha amplia con cubierta o toldo.
 - Gorra, lentes oscuros y crema para bloquear los rayos del sol.
 - Chaleco salvavidas.

3. ANÁLISIS ESPECÍFICO

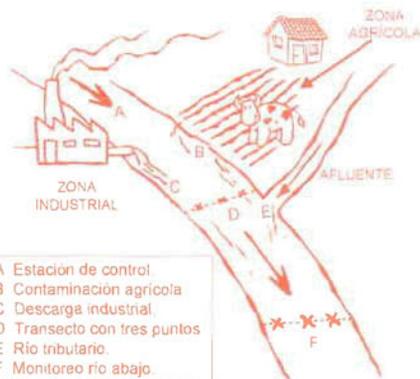
3.1 *Cómo se establece una red de muestreo*

El establecimiento de los puntos de muestreo es una actividad muy importante, que debe estar acorde con los objetivos del estudio. Un punto de muestreo se define como la posición precisa en una zona de muestreo donde son tomadas las muestras. En un río, por ejemplo, se debe encontrar una sección donde el canal es recto, accesible y uniforme en profundidad, y cerca de una marca terrestre, como un puente, una roca grande o un árbol. Un río bien mezclado a lo largo de un transecto perpendicular (esto es, una corriente que tenga un tramo de 25 m o más en línea recta y que forme un ángulo de 90 grados con respecto a la corriente), sin obstáculos en la zona de muestreo, como islotes o rocas muy grandes, será más uniforme en su calidad del agua y se obtendrá una mejor estimación del gasto. Otra consideración importante es la ubicación, tanto río arriba como río abajo, de fuentes probables de contaminación que impacten en la calidad del agua

(ver figuras 3.1 y 3.2), así como la facilidad de acceso a la estación, tanto en época de secas como en lluvias.



Figura 3.1 Muestreo de parámetros ambientales en río con equipo multi-parámetro.



- A Estación de control.
- B Contaminación agrícola
- C Descarga industrial.
- D Transecto con tres puntos
- E Río tributario.
- F Monitoreo río abajo.

Figura 3.2 Establecimiento de estaciones en un río grande, tomando en cuenta las fuentes de contaminación presentes.

De acuerdo con la NMX-AA-014- 1980, en una corriente se debe muestrear y aforar en los siguientes puntos:

- Aguas arriba de la descarga, a una distancia tal que no se manifieste influencia de ésta.
- En la descarga misma, lo más próximo posible a su desembocadura al cuerpo receptor.
- Aguas abajo de la descarga, a una distancia tal, que se considere se haya efectuado una mezcla uniforme de la descarga en el cuerpo receptor.
- Se recomienda muestrear a una distancia tal, que se considere que el cuerpo receptor haya absorbido el efecto de la descarga, para apreciar el grado de recuperación del cuerpo receptor.
- Para fines de estudio del cuerpo receptor, se debe muestrear en aquellos sitios en que se aprecien cambios fuertes de sección, caídas, zonas cubiertas de lirio u otros organismos presentes en condiciones eutróficas (figura 3.3).

En el caso de un lago, laguna o embalse el establecimiento de las estaciones depende en gran



Figura 3.3 El exceso de nutrientes en el agua, principalmente fósforo y nitrógeno, provocan condiciones eutróficas, donde el exceso de algas o macrofitas (plantas vasculares, como el lirio acuático) pueden generar una seria limitación al uso de un cuerpo de agua.

medida de los afluentes más importantes del cuerpo de agua, así como ya se mencionó para los ríos, la identificación de los probables impactos que alteren la calidad del agua. Por ejemplo, una zona agrícola desarrollada puede incrementar la entrada al cuerpo de agua de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, por el uso de fertilizantes y por el manejo mismo del suelo, así como de la identificación de los probables impactos que alteren la calidad del



- A Afluente (río).
- B Fuente potencial de contaminación.
 - B1 Poblado.
 - B2 Fuente no puntual agrícola.
 - B3 Tanque séptico casero.
- C Transecto con varios puntos.
- D Zona recreativa.
- E Efluente, tanto antes como después de la cortina.

Figura 3.4 Establecimiento de estaciones en un lago, laguna o embalse, tomando en cuenta los ríos tributarios y las fuentes de contaminación presentes.

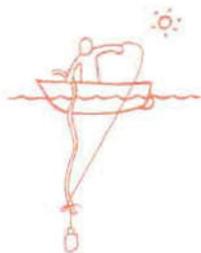
agua (como se mencionó para los ríos): (ver figuras 3.4 y 3.5).

En la figura 3.4 se presenta el muestreo en un cuerpo de agua por medio de transectos, es decir, puntos de muestreo regularmente ubicados a lo largo de una línea

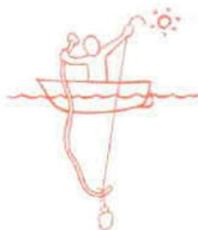
imaginaria, sin embargo, cabe mencionar que otro modo de realizar los muestreos, es por medio de cuadrantes, en el que se traza una cuadrícula imaginaria y regular en el cuerpo de agua, y se realizan puntos de muestreo en cada intersección.

Para el muestreo en lagos y embalses, la NMX-AA-014 indica que los sitios de muestreo, además de los indicados en el inciso 4.1.2, deben ser:

- En los afluentes, antes de desembocar al cuerpo receptor.
- Dentro del cuerpo receptor, donde se aprecie una mezcla uniforme con los afluentes.
- En la(s) salida(s) del cuerpo receptor.



1 Se baja el extremo de la manguera con plomada, asegurándose que el extremo atado se encuentre libre de tensión y la manguera de modo vertical



2 Cuando la manguera se ubica a la profundidad apropiada, se tapa el extremo superior con un tapón de hule. Con la manguera sellada y con ayuda de la cuerda, se levanta el otro extremo



3 Se ubica la boca de la manguera destapada dentro de la cubeta, se sube el otro extremo y, a continuación, se retira el tapón de hule



4 Se pasa la manguera a través de las manos levantadas, hasta que toda el agua contenida en la manguera se vacía en la cubeta. Se agita la cubeta para mezclar completamente la muestra de agua y se colecta en recipientes

3.2 Aplicación para rastreo de descargas clandestinas o que no pueden muestrearse en la fuente

El rastreo y la ubicación de descargas clandestinas de aguas residuales que son captadas, en primera instancia por un arroyo o río y, posteriormente, río abajo por un cuerpo de agua como un

lago o embalse, es una tarea que requiere un muestreo repetido por un tiempo determinado; de preferencia un año.

La metodología que se describe a continuación se basa en las siguientes actividades: a) Recopilación de información de la cuenca y del cuerpo receptor (Figura 3.6)

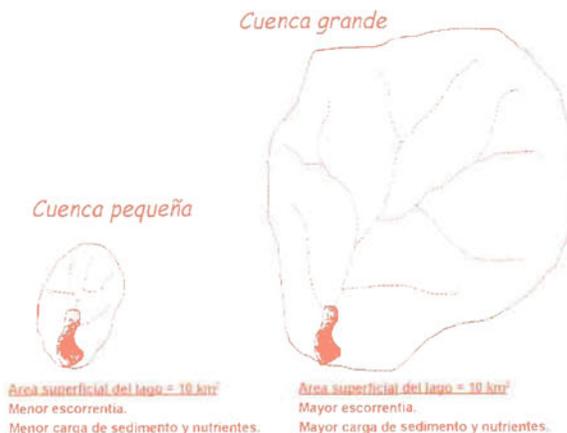


Figura 3.6 El tamaño de una cuenca pueda afectar varias características importantes. Los lagos y embalses reciben agua, nutrientes, sedimentos, aguas residuales municipales y otros materiales de sus cuencas. Las cuencas más grandes, en relación con el tamaño del lago, aportan una mayor proporción de estos materiales al cuerpo de agua.

Figura 3.5 Toma de una muestra de agua integrada en un lago o embalse.

b) Establecimiento de estaciones, ya sea alrededor de un cuerpo de agua, y, posteriormente, en la cuenca de estudio c) Muestreo y análisis de fósforo total en los ríos tributarios y evaluación del gasto en los ríos tributarios a un cuerpo de agua.

Para evaluar el aporte de un nutriente como el fósforo (u otros, como nitrógeno, DBO, etc.) a un cuerpo de agua, se recomienda obtener la concentración anual promedio de P y el gasto medio anual; con esta información se obtiene la carga de fósforo anual para cada río o descarga, la cual se calcula con la ecuación $L(P) = Q \times [P]$, donde $L(P)$ es la carga de fósforo en t/año, Q es el gasto medio anual en $10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ y $[P]$ es la concentración promedio anual de fósforo total en miligramos por litro.

Con el fin de aclarar lo antes expuesto, a continuación se expone un estudio de caso realizado en la presa Valle de Bravo, Estado de México. Este estudio fue escogido para ejemplificar el proceso de fuentes de contaminación y rastreo de descargas clandestinas por los siguientes motivos:

- El proyecto fue inicialmente dirigido a la identificación de las posibles fuentes de contaminación que llegaban directamente a la presa (ríos y descargas). Este embalse se ha estudiado debido a que —durante la década de los ochentas y principios de los noventas—, su calidad del agua se ha deteriorado de modo paulatino, con un claro incremento en la eutroficación del cuerpo de agua, lo que provoca una limitación en los usos del mismo, por ejemplo, para el aprovechamiento como fuente de abastecimiento de agua potable y actividades recreativas.
- El estudio incluyó la evaluación de la cantidad y calidad del agua (cargas de fósforo y nitrógeno) que se aportaba a la presa, tanto de ríos, como de las principales descargas.
- Al conocer los aportes de contaminación a la presa, se determinó cuáles subcuencas o descargas afectan en mayor medida y por su grado de contaminación al cuerpo de agua.
- En una segunda etapa, se evaluaron las regiones o subcuencas más contaminadas. El muestreo de la cantidad y calidad del agua (con respecto a fósforo y nitrógeno) permite identificar las regiones que, por su carga de nutrientes, pueden tener un efecto adverso en la calidad del agua en ríos y, aguas abajo, en el embalse.
- En las zonas más contaminadas, se puede realizar un rastreo de descargas, con la ventaja de realizar estos recorridos de identificación de vertido de aguas residuales clandestinas, en zonas menos extensas.

En 1992, Olvera describe el estudio de eutroficación de la presa Valle de Bravo. Como ya se comentó, para saber el aporte real de nutrientes al cuerpo de agua, se realizó una evaluación de carga de nutrientes tanto de los ríos tributarios, como de las principales descargas a la presa (tablas 3.1 y 3.2).

Tabla 3.1 Carga de fósforo (P) de los ríos de la presa Valle de Bravo, 1987.

Tributarios (ríos)	Gasto medio anual (10 ⁶ m ³ /año)	Fósforo total (mg/L)	Carga de fósforo (t/año)	Porcentaje
Amanalco	89.891	0.295	26.518	57
Molino	57.653	0.014	0.810	2
Santa Mónica	4.152	0.064	0.266	0.7
González	20.280	0.011	0.220	0.5
Carrizal	12.084	0.010	0.121	0.3
TOTAL:	184.260		27.935	60.0

Tabla 3.2 Carga de fósforo (P) de las descargas de la presa Valle de Bravo, 1987.

Tributarios (descargas)	Gasto medio anual (10 ⁶ m ³ /año)	Fósforo total (mg/L)	Carga de fósforo (t/año)	Porcentaje
El Mercado	8.020	1.999	16.032	34
Embarcadero	1.444	1.379	1.991	4.3
Capitanía de puerto	0.502	0.771	0.387	0.8
Club náutico	2.297	0.121	0.277	0.6
Iglesia	0.133	1.041	0.139	0.3
TOTAL:	12.396		18.826	40

Tabla 3.3 Carga de fósforo (P) de las descargas en la cuenca del río Amanalco, 1993.

Tributarios (descargas)	Gasto medio anual (10 ⁶ m ³ /año)	Fósforo total (mg/L)	Carga de fósforo (t/año)
Garrapata	4.852	0.122	0.59
Cascada	9.704	0.074	0.72
Becerra	41.100	0.119	4.89
Pipioitepec	49.687	0.173	8.60
Lajas	7.620	0.112	0.85
Candelaria	45.651	0.187	8.54
Amanalco	123.005	0.196	24.11

Por tanto, se obtuvo que la cuenca del río Amanalco introducía alrededor del 60% de la carga de fósforo, y que la descarga El Mercado era la más contaminante, ya que aportaba el 34% del fósforo total. Con el control de la descarga El Mercado y la atención de la subcuenca del río Amanalco, se podría lograr una reducción aproximada del 95% del fósforo que entra al embalse, lo que daría la posibilidad de que el nivel trófico del cuerpo de agua descendiera.

Se recomendó que se realizara un estudio de carga de fósforo en la cuenca del río Amanalco, para evaluar tanto las descargas en la zona como la contaminación difusa que aporta el río. En la tabla 3.3 se presentan los resultados de la evaluación de la carga de nutrientes en el río Amanalco.

Con estos resultados, se concluye que en la cuenca del río Amanalco, las subcuencas problema que requieren prioridad en su manejo y posible rastreo de descargas de aguas residuales municipales son: Amanalco, Pipioitepec, Candelaria y Becerra.

AUTOEVALUACIÓN 3

1. **¿Por qué el nitrógeno y fósforo son considerados contaminantes?**
 - a) Porque son indispensables para el metabolismo celular.
 - b) Porque provocan brotes de malezas acuáticas o algas en exceso, que son dañinos para el cuerpo de agua.
 - c) Porque propician enfermedades gastrointestinales.

2. **¿Cómo se pueden rastrear, de modo eficiente, las descargas clandestinas?**
 - a) Por medio de inspectores ubicados a lo largo del río y a la orilla de los embalses.
 - b) Con ayuda de información edafológica y geológica de la cuenca, así como de inventarios industriales y del censo de población reciente.
 - c) Utilizando una técnica de evaluación de carga de nutrientes en ríos y descargas que llegan a un lago o embalse y, posteriormente, muestreando los ríos y arroyos problema que se encuentran en la parte alta media y baja de una cuenca dada.

3. **Al establecer una red de muestreo, es adecuado incluir una estación de muestreo aguas arriba de todas las descargas, en donde no se manifiesta la influencia de dicha descarga.**
 - a) Falso.
 - b) Verdadero.

RESUMEN

El proceso de muestreo de un cuerpo de agua es una actividad destacada, que determina, junto con un análisis adecuado de la muestra, la relevancia de los datos derivados de la misma, por ello, la aplicación correcta de este procedimiento se considera de suma importancia. Como se describió en el capítulo 1, a partir de 1973, la Secretaría de Recursos Hidráulicos instauró un programa de prevención y control de la contaminación en cuerpos receptores generada por descargas de aguas residuales. A partir de este año, y hasta 1980 se logró estructurar la norma actual, motivo de esta unidad, la cual establece el procedimiento que permita obtener muestras de agua manera más confiable. Sin embargo, la NMX-AA-014-1980 ya cuenta con más de dos décadas de publicada, por lo que requiere de una revisión y actualización.

Un aspecto importante que destaca de esta norma consiste en tomar las debidas precauciones de seguridad y de higiene en el muestreo, además se resalta el establecimiento del sistema de control de calidad documentado, contar con un procedimiento detallado de muestreo y asegurarse que los inspectores lo conozcan, reconozcan su utilidad y lo lleven a cabo de modo consistente.

Asimismo, debido a que la muestra es con frecuencia tomada en campo, lejos de una atención médica inmediata y en lugares contaminados, se requiere tomar muy en cuenta el procedimiento y el uso de equipos de seguridad, tanto para el muestreo como para los procesos de etiquetado, transporte y preservación de las muestras.

Aun cuando la actividad preponderante de las brigadas de inspección de la CNA es la verificación de las descargas de aguas residuales de los usuarios de cuerpos receptores de propiedad nacional, en ocasiones, es importante conocer la calidad del agua de los cuerpos para contar con elementos que permitan evaluar el efecto de una descarga en el cuerpo de agua o para el rastreo de posibles descargas clandestinas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arce, V.A. *Muestreo y preservación de grasas y aceites, y determinación en campo de pH, temperatura y materia flotante*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2002.
- Arce, V.A., Calderón, M.C. y O.A., Tomasini. *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2002.
- Arizona Water Resources Research Center, *Manual de campo para el muestreo de la calidad del agua*, Arizona Department of Environmental Quality and Water Resources Research Center, Universidad de Arizona, Tucson, Arizona. 1995.
- Arriaga, C.L., Aguilar, S.V. y Alcocer, D.J. 2000, *Aguas continentales y diversidad biológica de México*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Primera edición.
- CNA, 2001, *Ley Federal de Derechos en Materia de Agua*, Subdirección General de Administración del Agua, Comisión Nacional del Agua. México, D.F. p. 124.
- Gómez, M.R. y Z.M. Sánchez. *Muestreo y preservación de parámetros fisicoquímicos*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2002.
- González, C.A. *Aforos de descargas*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2002.
- Guzmán, A.M. *Programa de ordenamiento de ecológico y territorial del estado de Jalisco. Marco físico. Las aguas superficiales. Diagnóstico*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Instituto de Limnología. Chapala, Jal. p. 18-20. 1997.
- Jiménez, C.B. 2001, *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*, Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA, México, D.F. 315 pp.

-
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, *que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*, Diario Oficial de la Federación, México, D.F. 6 de enero de 1997.
 - Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, *que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*, Diario Oficial de la Federación, México, D.F. 6 de enero de 1997.
 - Norma Mexicana NMX-AA-003-1980, *Aguas residuales-Muestreo*, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México, D.F. 11 de febrero de 1980.
 - Norma Mexicana NMX-AA-014-1980, *Cuerpos receptores-Muestreo*, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México, D.F. 5 de septiembre de 1980.
 - Norma Mexicana NMX-AA-089/2-1992, *Protección al ambiente-Calidad del agua. Vocabulario- Parte 2*, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México, D.F. 24 de marzo de 1992.
 - Olvera, V. V. "Estudio de eutrofización en la presa Valle de Bravo, México". *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. 7, No. 2-3: 148-161, mayo-diciembre de 1992.
 - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). 20th Ed. 1999.
 - Tomasini-Ortiz, A.C. *Muestreo y preservación para coliformes fecales y huevos de helminto*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2002.
 - Tomasini-Ortiz, A.C. *Unidad didáctica para la aplicación de la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. "Serie autodidáctica en materia de normas técnicas relacionadas con la inspección y verificación". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2003.

LECTURAS RECOMENDADAS

Arce, V.A., Calderón, M.C. y O.A., Tomasini. *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2002.

Arizona Water Resources Research Center, *Manual de campo para el muestreo de la calidad del agua*, Arizona Department of Environmental Quality and Water Resources Research Center, Universidad de Arizona, Tucson, Arizona. 1995.

Bravo I.L y C.J. Sánchez. *Toma y conservación de muestras de agua residual en emisores submarinos*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua, segunda parte". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2003.

Sánchez C.J y T.A. Lerdo. *Unidad didáctica para la aplicación de la NMX-AA-003-1980. Aguas residuales – Muestreo*. "Serie autodidáctica en materia de normas Técnicas relacionadas con la inspección y verificación". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (en prensa).

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). 20th Ed. 1999.

GLOSARIO

Agua epicontinental: Se refiere al agua que se encuentra sobre los continentes, ya sea de forma superficial o subterránea (Arriaga *et al.*, 2000).

Agua residual: Es el líquido de composición variada provenientes de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que, por tal motivo, haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

Arroyo: Agua que fluye continua o intermitentemente según un curso bien definido, como el de un río, generalmente en una escala más pequeña.

Batimetría: Se refiere a la forma o relieve del suelo del mar o de un cuerpo de agua; una carta batimétrica es un mapa que muestra los contornos del fondo del mar o lagos.

Bentos: Conjunto de organismos que viven y se desarrollan, por lo menos en una etapa de su ciclo de vida, sobre, en o asociados al fondo de un cuerpo de agua, como lagos, ríos y mares (Arriaga *et al.*, 2000)..

Blanco de campo: Son frascos con agua destilada o desionizada que se llenan en la estación de muestreo, etiquetan, empaican, sellan y se transportan al laboratorio con las otras muestras. Se usan los blancos de campo para investigar la contaminación en el laboratorio y durante la colecta y envío de las muestras. El laboratorio requiere de un blanco de campo por cada día de muestreo.

Blanco de viaje: Son frascos con agua destilada o desionizada preparados por el laboratorio. Se mantienen en las mismas hieleras que las otras muestras en cada fase del proceso de colecta, manejo y envío. En el laboratorio se analiza, y si se encuentra contaminación, podría ser que la contaminación ocurriera durante el transporte de muestras o en el almacenaje en el laboratorio. Se requiere uno por cada tipo de preservación.

Bordo: Embalse natural o artificial, temporal o permanente, con una cortina rústica generalmente de mampostería y una alta carga de sólidos y materia orgánica en suspensión que le dan un aspecto turbio (Arriaga *et al.* 2000).

Botella Van Dorn: Equipo para la toma de muestras dentro de la columna de agua. Consta de un cilindro, dos tapas de hule y un mecanismo de cerrado. Para tomar la muestra, se utiliza una plomada especial (*ver mensajero*), que viaja por la cuerda y permite, desde la superficie, el cierre de la botella.

Calibración: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.

Canal: Cauce artificial de agua, habitualmente construido para unir ríos, lagos o mares, de tamaño generalmente apropiado para la navegación: la mayoría de los canales tienen un flujo lento y características pobres de mezclado.

Capacidad de dilución: Cantidad de cualquier elemento, compuesto o sustancia que puede recibir un cuerpo receptor en forma tal que no exceda, en ningún momento ni lugar, la concentración máxima de dicho elemento, compuesto o sustancia establecida en la norma de calidad del cuerpo receptor correspondiente, tomando como base el gasto normal de diseño o volumen normal de diseño.

Coliformes fecales: Organismos termotolerantes de crecimiento aeróbico, ya sea a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ o $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, en un medio de cultivo lactosado con producción de ácido y gas, dentro de un periodo de 48 horas.

Conductividad eléctrica (CE): El recíproco de la resistencia de una solución acuosa, medido según condiciones específicas, entre las fases opuestas de una celda y dimensiones definidas. Para un análisis de calidad del agua, puede equipararse como una medida de la concentración de solutos ionizable presentes en la muestra (en $\mu\text{mhos/cm}$).

Corriente: Río, canales o arroyos; todo ambiente fluvial (ver la definición de lótico).

Cuerpo receptor: Toda red colectora, río, cuenca, cauce, lago, embalse o depósito de aguas, susceptibles de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

Descarga: Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la nación.

Edafología (o pedología): Es el estudio de los suelos continentales, tomando en cuenta su composición, distribución y métodos de formación.

Embalse: Presa, reservorio, es un cuerpo de agua artificial (Arriaga *et al.*, 2000).

Equipo multiparámetro: Equipo portátil para medir la calidad del agua en campo; puede estar formado de tres partes: a) caja de mando, la cual presenta una pantalla para la lectura de la información generada (del inglés, *display*) b) cable que permite la transmisión de los datos a la caja de mando; y c) sonda de muestreo, que es la parte donde se localizan todos los sensores para medir la calidad del agua como: temperatura y conductividad eléctrica, así como, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno (pH), entre otros (el tipo y número de parámetros puede variar en cada equipo).

Estación de muestreo: Véase punto de muestreo.

Estero: Zona del litoral marino que se encuentra cubierta por el agua de pleamar (el máximo nivel de la marea) (ver la definición de estuario). También se denomina estero a un terreno pantanoso, por el cual se filtran las aguas de un río próximo, río, o de una laguna.

Estratificación térmica: Separación térmica de una columna de agua en dos o tres capas o estratos (Arriaga *et al.*, 2000).

Estuario: (del latín, *aestus*, marea). Cuerpo de agua costero, permanente o periódicamente abierto al mar y en el que se presentan variaciones de salinidad como resultado de la mezcla de agua marina con la proveniente de la cuenca. Son áreas de transición, o zonas muy variables.

Eutrofia: Representa una etapa de sucesión ecológica caracterizada por la presencia de agua rica en nutrientes inorgánicos y elevada producción primaria (Arriaga *et al.*, 2000).

Eutroficación: Proceso de enriquecimiento o contaminación generado por actividades humanas como la agricultura, la industria y la urbanización, al liberar cantidades excesivas de nutrientes mediante aguas residuales, a los ecosistemas acuáticos en forma de nitrógeno y fósforo (Arriaga *et al.*, 2000).

GPS: (Global Positioning System): Es un aparato que se enlaza con varios satélites, que orbitan alrededor de la tierra, para definir las coordenadas geográficas o UTM en las que se localiza de usuario (latitud, longitud y su altura sobre el nivel del mar).

Granulometría: Proceso para obtener la textura, esto es, el tamaño de partícula, del sedimento de un cuerpo de agua. La textura del sedimento es uno de los factores que determinan la distribución de los organismos del bentos (ver glosario); además, es importante en estudios de calidad del agua, ya que los contaminantes como los metales

pesados, fósforo y plaguicidas, se adhieren en mayor grado a las partículas del sedimento de menor tamaño, como las arcillas y limos.

Ictiofauna: Comprende la fauna de peces (Arriaga *et al.*, 2000).

Lago: Cuerpo de agua natural, epicontinental y de gran extensión. A los grandes lagos salados con frecuencia se les llama mares.

Laguna costera: Cuerpos de agua alargados y someros separados del mar por una barra de arena o un sistema de islas en barrera, con su eje mayor paralelo a la costa, teniendo comunicación con el mar por una o varias bocas que se mantienen abiertas por la acción de las olas y mareas, y con un efímero o inexistente aporte de agua dulce.

Léntico: Ambiente lacustre de aguas “estancadas” o sin movimiento (Arriaga *et al.*, 2000).

Lótico: Ambiente fluvial caracterizado por un movimiento horizontal de la columna de agua (Arriaga *et al.*, 2000).

Mensajero: Estructura metálica pequeña, lanzada desde la superficie por la cuerda que sujeta una botella Van Dorn, que al deslizarse y llegar a la misma, dispara el sistema de cerrado de las tapas a la profundidad que se desea sacar una muestra de agua.

Metales pesados: Microelementos inorgánicos potencialmente tóxicos, utilizados en procesos industriales, tales como arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo, níquel y zinc. Algunos metales son esenciales para los procesos de la vida y otros son perjudiciales; sin embargo, aún los elementos benéficos se vuelven tóxicos al incrementar sus concentraciones (Arriaga *et al.*, 2000).

Muestra: Porción, idealmente representativa tomada de un cuerpo de agua definido, de manera intermitente o continua, con el propósito de examinar diversas características definidas.

Muestra compuesta: Mezcla intermitente o continua, en proporciones adecuadas, de por lo menos dos muestras o submuestras, a partir de la cual se puede obtener el valor medio de la característica deseada. Las porciones de las muestras se calculan generalmente a partir de mediciones de tiempo o flujo.

Muestra simple: Es aquella muestra individual tomada en un corto periodo, de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario. Al mezclar varias muestras simples, se obtiene una muestra compuesta (ver definición).

Muestreo automático: Equipo mediante el cual las muestras son tomadas en forma intermitente o continua, independientemente de la intervención humana y de acuerdo con un programa preestablecido.

Multiparámetro: Ver equipo multiparámetro.

Nutrientes: Compuestos inorgánicos, orgánico o iones, que son principalmente utilizados en la fotosíntesis de los productores primarios y esenciales para asegurar el desarrollo de plantas y animales.

Oligotrófico: Cuerpo de agua cuya concentración de nutrientes y productividad primaria son bajos.

Oxígeno disuelto (OD): Cantidad de oxígeno en forma de gas presente en el agua (Arriaga *et al.*, 2000).

pH (potencial de hidrógeno): Índice usado para la expresión cuantitativa de la concentración de iones de hidrógeno que determina la acidez o la alcalinidad de una solución acuosa.

Popa: Parte posterior de una embarcación, donde se coloca el timón y la hélice (véase proa).

Presa: Estructura que se construye para represar una corriente. Se emplea también para designar al embalse o reservorio (Arriaga *et al.*, 2000).

Proa: Parte delantera de una embarcación, con la cual, al navegar, se cortan las aguas (véase popa).

Punto de muestreo: Estación de muestreo. Posición precisa en una zona de muestreo donde son tomadas las muestras.

Red de muestreo: Sistema de zonas de muestreo preestablecidas a fin de monitorear uno o más lugares definidos. Según la NMX-AA-014, es el conjunto de sitios seleccionados para tomar las muestras.

Reservorio: Área natural o artificial donde se almacena agua, ya sea para uso doméstico, industrial, agropecuario u otros (Arriaga *et al.*, 2000).

Río: Cuerpo de agua epicontinental, de volumen considerable y flujo continuo e intermitente, que se mueve a lo largo de un curso bien definido hacia el océano, mar, lago, depresión interior, pantano u otro curso de agua.

Termoclina: Capa intermedia de agua con temperatura y densidad diferente a la superficial (epilimnion) y de fondo (hipolimnion), dentro de la columna de agua. La termoclina se refiere al estrato o capa de agua en el cual la tasa de disminución de la temperatura con respecto a la profundidad es máxima.

Termómetro de termopar: Termómetro que se basa en el cambio de la diferencia de potencial que se establece en un termoelemento constituido por la soldadura entre los metales o aleaciones metálicas diferentes cuando cambia la temperatura de la soldadura. El termopar se constituye por la asociación de dos termómetros cuyas soldaduras se encuentran a temperaturas distintas.

Turbiedad: Disminución de la transparencia de una masa de agua debido a la presencia de partículas finamente dispersas en suspensión.

RESPUESTAS A LAS AUTOEVALUACIONES

AUTOEVALUACIÓN 1

1. c)
2. a)
3. b)
4. a)

AUTOEVALUACIÓN 2

1. c)
2. c)
3. c)
4. d)
5. a)
6. c)
7. b)
8. d)

AUTOEVALUACIÓN 3

1. b)
2. c)
3. b)

ANEXOS



PLAN DE MUESTREO

OBJETIVO:				
ANTECEDENTES:				
TIPO DE MUESTREO:				
NOMBRE DEL USUARIO:				
FECHA:				
LISTA DE PARÁMETROS A MUESTREAR: Llenar cuadro 1				
CUADRO 1. PARÁMETROS A MUESTREAR				
PARÁMETRO	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	VOLUMEN REQUERIDO	OBSERVACIONES
COLIFORMES FECALES				
HUEVOS DE HELMINTO				
GRASAS Y ACEITES				
DBO				
MATERIA FLOTANTE				
SÓLIDOS SEDIMENTABLES				
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES				
NITRÓGENO TOTAL				
FÓSFORO TOTAL				
METALES				
CIANUROS				



CONTROL INTERNO DEL MUESTREO

PLAN DE MUESTREO

CONTROL DE CALIDAD.- CONSISTIRÁ EN TOMAR LOS SIGUIENTES CONTROLES:	
BLANCO DE VIAJE	
BLANCO DE CAMPO	
BLANCO DE EQUIPO	
MUESTRA DOBLE	
NOTA: PARA COLIFORMES FECALES NO SE REQUIERE TOMAR BLANCOS DE VIAJE Y CAMPO, PERO SE REQUIERE TOMAR UNA MUESTRA DOBLE. PARA HUEVOS DE HELMINTO NO SE REQUIERE TOMAR BLANCOS DE VIAJE Y CAMPO.	
UBICACION Y DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:	
MEDIO DE TRANSPORTE:	
PARTICIPANTES:	
NOMBRE:	RESPONSABILIDADES:
PLAN DE SEGURIDAD:	



CONTROL INTERNO DEL MUESTREO

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO PARA EL MUESTREO

MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO	CANTIDAD	VERIFICADO	EMPACADO
FRASCO DE VIDRIO CON EDTA Y TIOSULFATO DE SODIO ESTERIL.			
Bolsas Whirl-Pak estériles con tiosulfato de sodio			
Frasco de plástico de 8 litros			
Frasco de vidrio de boca ancha de más de 1 litro			
Frasco de vidrio de 1.5 litro			
Frasco de plástico de boca ancha 5 litros			
Frasco de plástico de 3 litro			
Frasco de plástico de 2 litros			
Frasco de plástico de 1 litro			
Vaso de precipitado de plástico de 500 mL			
Probeta calibrada de 1 litro			
Probeta calibrada de 10 mL			
Pizetas con agua destilada o desionizada			
Garrafón con agua destilada o desionizada			
Garrafón con agua de la llave			
Embudos			
Pipetas Pasteur de plástico			
Hieleras			
Cubetas			
Frasco con ácido clorhídrico concentrado			
Frasco con ácido nítrico concentrado			
Frasco con ácido sulfúrico concentrado			
Frasco con hidróxido de sodio 12N			
Solución Buffer pH 4, pH 7 y pH 10 (caducidad vigente)			
Solución de referencia para conductividad (caducidad vigente)			
Papel pH (0 a 14)			
Jabón antibacteriano			
Hielo			
Refrigerantes			
Termómetro calibrado y con certificado de -1 a 101 °C			
Termómetro calibrado y con certificado de -35 a 50 °C			
Termómetro calibrado y con certificado de -5 a 10 °C			
Potenciómetro			
Sonda multiparámetros			
Molinete			
Medidor ultrasónico			
Flexómetro			
Vertedores portátiles			
Detector de gases o explosímetro			
Geoposicionador			
Muestreadores			
Botella Van Dorn			
Cronómetro			



GERENCIA _____
 ACTA DE VISITA No. _____
 FOJA. _____ DE _____

FORMATO CADENA DE CUSTODIA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN DE MUESTRAS

IDENTIFICACIÓN DE LA DESCARGA					
NOMBRE DEL QUE ENTREGA			CARGO		
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRAS			HORA DE ENTREGA DE MUESTRAS		
NOMBRE DEL QUE RECIBE			CARGO		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS			HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS		
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS					
TIPO DE MUESTRA	ANÁLISIS SOLICITADOS	NUMERO DE FRASCOS	DESCRIPCIÓN DEL FRASCO	VOLUMEN APROXIMADO DE LA MUESTRA	PRESERVADOR EMPLEADO
OBSERVACIONES:					
FIRMA DE QUIEN ENTREGA			FIRMA DE QUIEN RECIBE		

SERIE NARANJA

ISBN	TITULO	AUTORES
ISBN 968-817-617-6	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-003-1980, AGUAS RESIDUALES – MUESTREO. –9-	BIOL. ALICIA A. LERDO DE TEJADA BRITO † BIOL. JOSÉ JAVIER SÁNCHEZ CHÁVEZ
ISBN 968-817-618-4	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-006-SCFI-2000, ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE MATERIA FLOTANTE EN AGUAS RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA. –10-	M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ
ISBN 968-817-619-2	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-007-SCFI-2000, ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA. –11-	ING. MIGUEL A. REYES FILIO M en C. DALMEY VILLEGAS SOSA
ISBN 968-817-620-6	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-008-SCFI-2000, ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE pH-MÉTODO DE PRUEBA. –12-	ING. RAFAEL GÓMEZ MENDOZA M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ
ISBN 968-817-621-4	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-014-1980, CUERPOS RECEPTORES-MUESTREO. –13-	M en C. LUIS ALBERTO BRAVO INCLÁN
ISBN 968-817-622-2	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-012-SSA1-1993, REQUISITOS SANITARIOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PÚBLICOS Y PRIVADOS. –14-	MI. ANTONIO RAMÍREZ GONZÁLEZ
ISBN 968-817-623-0	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-014-SSA1-1993, PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PÚBLICOS Y PRIVADOS. –15-	M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ
ISBN 968-817-624-9	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-179-SSA1-1998, VIGILANCIA Y EVALUACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO, DISTRIBUIDA POR SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO. –16-	M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ