El Peruano Firmado por: Editora Peru
Fecha: 13/09/2025 14:06

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO

El Peruano

SÁBADO 13
DE SETIEMBRE DE 2025

FUNDADO EL 22 DE OCTUBRE DE 1825 POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

## MINISTERIO DEL AMBIENTE

### DECRETO SUPREMO
### Nº 018-2025-MINAM

# DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE SEDIMENTOS

## NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

## DECRETO SUPREMO
## N° 018-2025-MINAM

### DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE SEDIMENTOS

**LA PRESIDENTA DE LA REPÚBLICA**

**CONSIDERANDO:**

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el Artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, de acuerdo con el numeral 4.2 del artículo 4 del Decreto Legislativo N° 1013, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, la actividad del Ministerio del Ambiente comprende las acciones técnico-normativas de alcance nacional en materia de regulación ambiental, entendiéndose como tal el establecimiento de la política, la normatividad específica, la fiscalización, el control y la potestad sancionadora por el incumplimiento de las normas ambientales en el ámbito de su competencia, la misma que puede ser ejercida a través de sus organismos públicos correspondientes;

Que, el artículo 133 de la Ley N° 28611, establece que la vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental; siendo la Autoridad Ambiental Nacional la entidad encargada de establecer los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo;

Que, se requiere establecer los criterios técnicos estandarizados para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad ambiental de sedimentos presentes en los cuerpos hídricos superficiales continentales (lénticos y lóticos) y marino costero, a través de un protocolo transectorial de alcance nacional, de obligatorio cumplimiento para los titulares de actividades económicas, entidades de fiscalización ambiental y entidades ambientales competentes;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 00048-2025-MINAM, se dispuso la publicación del proyecto de "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad Ambiental de Sedimentos", el Decreto Supremo que lo aprueba y su Exposición de Motivos, en cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por el Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, así como del numeral 19.1 del artículo 19 y los artículos 20 y 21 del Reglamento que establece disposiciones sobre publicación y difusión de normas jurídicas de carácter general, resoluciones y proyectos normativos, aprobado por Decreto Supremo N° 009-2024-JUS, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo, que fueron debidamente sistematizados y analizados;

Que, de acuerdo con el numeral 41.2 del artículo 41 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1565, Decreto Legislativo que aprueba la Ley General de Mejora de la Calidad Regulatoria, aprobado por el Decreto Supremo N° 023-2025-PCM, la Comisión Multisectorial de Calidad Regulatoria ha declarado que la presente norma se encuentra excluida del alcance del Análisis de Impacto Regulatorio Ex Ante establecido en el numeral 33.2 del artículo 33 del citado Reglamento;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; y, el Decreto Legislativo N° 1013, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente;

**DECRETA:**

**Artículo 1.- Aprobación del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad Ambiental de Sedimentos**
Se aprueba el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad Ambiental de Sedimentos" que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 2.- Financiamiento**
La implementación del presente Decreto Supremo se financia con cargo al presupuesto institucional de las entidades involucradas, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público.

**Artículo 3.- Publicación**
El presente Decreto Supremo y el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad Ambiental de Sedimentos" se publican en la Plataforma Digital Única del Estado Peruano para Orientación al Ciudadano (www.gob.pe) y en las sedes digitales del Ministerio del Ambiente (www.gob.pe/minam), del Ministerio de Energía y Minas (www.gob.pe/minem), del Ministerio de la Producción (www.gob.pe/produce) y del Ministro de Desarrollo Agrario y Riego (www.gob.pe/midagri), el mismo día de la publicación del Decreto Supremo y el referido Protocolo en el Diario Oficial "El Peruano".

**Artículo 4.- Refrendo**
El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro del Ambiente, el Ministro de Energía y Minas, el Ministro de la Producción y el Ministro de Desarrollo Agrario y Riego.

## DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

**Única.- Adecuación de los instrumentos de gestión ambiental aprobados o en trámite**
Los titulares de proyectos de inversión que cuenten con instrumentos de gestión ambiental aprobados o hayan iniciado un procedimiento administrativo para su aprobación, deben adecuar sus programas de monitoreo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad Ambiental de Sedimentos en la próxima actualización o modificación de dichos instrumentos de gestión ambiental, en tanto ello comprenda el componente sedimentos.

El monitoreo de calidad ambiental de sedimentos que forma parte de la línea base de los instrumentos de gestión ambiental, que haya iniciado antes de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo o se inicie hasta ciento ochenta (180) días calendario contados a partir de la entrada en vigencia de esta norma, se realizan de acuerdo a las reglas por las cuales se iniciaron.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los once días del mes de setiembre del año dos mil veinticinco.

DINA ERCILIA BOLUARTE ZEGARRA
Presidenta de la República

JUAN CARLOS CASTRO VARGAS
Ministro del Ambiente

ÁNGEL MANUEL MANERO CAMPOS
Ministro de Desarrollo Agrario y Riego

JORGE LUIS MONTERO CORNEJO
Ministro de Energía y Minas

SERGIO GONZALEZ GUERRERO
Ministro de la Producción

# PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE SEDIMENTOS

**Contenido**


**I. GENERALIDADES**

I.1. BASE LEGAL
I.2. ALCANCE Y APLICACIÓN
I.3. OBJETIVO
I.4. FINALIDAD
I.5. GLOSARIO DE TÉRMINOS
I.6. ACRÓNIMOS

**II. GENERALIDADES DEL MONITOREO DE SEDIMENTOS**

**III. PLANIFICACIÓN DEL MONITOREO**

II.1 OBJETIVO DEL MONITOREO
III.1. RECURSOS PARA EL MONITOREO

III.1.1. RECURSOS HUMANOS
III.1.2. RECURSOS FINANCIEROS

**IV. ESTABLECIMIENTO DE LA RED DE MONITOREO Y CODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO**

IV.1. CRITERIOS Y CONSIDERACIONES PARA ESTABLECER LA RED DE MONITOREO

IV.1.1. INSPECCIÓN DEL SITIO
IV.1.2. NÚMERO DE MUESTRAS

IV.3 ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y NÚMERO DE MUESTRAS EN CUERPOS MARINO COSTERO
IV 4 FORMATOS PARA LA CODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

**V. FRECUENCIA DE MONITOREO**

**VI. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL MUESTREO**

VI.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL DISEÑO DE MUESTREO

VI.1.1. TIPOS DE DISEÑO DE MUESTREO

VI.1.1.1 MUESTREO SELECTIVO O CRÍTICO
VI.1.1.2 MUESTREO ALEATORIO SIMPLE
VI.1.1.3. MUESTREO ESTRATIFICADO
VI.1.1.4. MUESTREO SISTEMÁTICO O EN CUADRÍCULA

VI.1.1.5. MUESTREO DE CONJUNTOS CLASIFICADOS
VI.1.1.6. MUESTREO ADAPTATIVO POR CONGLOMERADOS

VI.2 VOLUMEN DE MUESTRA
VI.3. PROFUNDIDAD DE MUESTREO DE SEDIMENTOS
VI.4. PORCENTAJE DE SÓLIDOS
VI.5. FRACCIÓN DE SEDIMENTOS A ANALIZAR
VI.6. TAMIZADO
VI.7. REPRESENTATIVIDAD DE LA MUESTRA
VI.8. ACEPTABILIDAD DE LA MUESTRA
VI.9. CONSIDERACIONES PREVIAS EN CAMPO

VII PARÁMETROS, MATERIALES, EQUIPOS DE MUESTREO, MEDIDAS DE SEGURIDAD, LIMPIEZA Y DESCONTAMINACIÓN

VII.1. PARÁMETROS PARA SEDIMENTOS EN CUERPOS DE AGUA LÓTICOS Y LÉNTICOS
VII.2. PARÁMETROS PARA SEDIMENTOS EN ECOSISTEMAS MARINO-COSTERO Y ESTUARIOS
VII.3. MATERIALES DE MUESTREO
VII.4. EQUIPOS PARA MONITOREO DE CALIDAD DE SEDIMENTOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

VIII.4.1. PRINCIPALES EQUIPOS PARA MONITOREO DE CALIDAD DE SEDIMENTOS
VII.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE EQUIPOS PARA MUESTREO DE SEDIMENTOS

VII.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD
VII.6. LIMPIEZA Y DESCONTAMINACIÓN

VIII. MUESTREO DE SEDIMENTOS EN CUERPOS HÍDRICOS LÉNTICOS, LÓTICOS Y MARINO-COSTERO

VIII.1. TOMA DE MUESTRA EN CUERPOS HÍDRICOS LÉNTICOS

VIII.1.1. PROPÓSITO
VIII.1.2. CONSIDERACIONES GENERALES
VIII.1.3. EQUIPOS PARA CUERPOS HÍDRICOS LÉNTICOS
VIII.1.4. PROCEDIMIENTO

VIII.2. TOMA DE MUESTRA EN CUERPOS HÍDRICOS LÓTICOS

VIII.2.1. PROPÓSITO
VIII.2.2. CONSIDERACIONES GENERALES
VIII.2.3. EQUIPOS PARA CUERPOS HÍDRICOS LÓTICOS
VIII.2.4. PROCEDIMIENTO
VIII.2.5. EQUIPO PARA CASOS DE SEDIMENTOS COMPACTADOS
VIII.2.6. PROCEDIMIENTO PARA CASO DE SEDIMENTOS COMPACTADOS

VIII.3. TOMA DE MUESTRA EN CUERPOS MARINO COSTERO

VIII.3.1. PROPÓSITO
VIII.3.2. CONSIDERACIONES GENERALES
VIII.3.3. EQUIPOS PARA CUERPOS MARINO COSTERO

IX PRESERVACIÓN, CADENA DE CUSTODIA, ALMACENAMIENTO, CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA

IX.1. PRESERVACIÓN
IX.2. ETIQUETADO Y ROTULADO
IX.3. CADENA DE CUSTODIA
IX.4. ALMACENAMIENTO
IX.5. CONSERVACIÓN
IX.6. TRANSPORTE DE LA MUESTRA
IX.7. FINALIZACIÓN DEL MUESTREO
IX.8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

X REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

XI ANEXOS

ANEXO I. MODELO DE CADENA DE CUSTODIA DE LA MUESTRA
ANEXO II. MODELO DE ETIQUETA PARA SEDIMENTOS
ANEXO III. DETALLE DEL LLENADO DE LA PIZARRA O EQUIVALENTE EN EL PUNTO DE MONITOREO
ANEXO IV. FICHA DEL PUNTO DE MONITOREO DE SEDIMENTOS
ANEXO V. REQUISITOS PARA LA TOMA DE MUESTRA DE SEDIMENTOS Y PRESERVANTES DE LAS MUESTRAS POSTMONITOREO

**Índice de Tablas**

**Tabla N° 1.** Consideraciones prácticas para la selección de estaciones de muestreo del sitio en el desarrollo de un plan de muestreo.
**Tabla N° 2:** Sugerencias para seleccionar un diseño de muestreo apropiado
**Tabla N° 3:** Requisitos típicos de volumen de sedimentos para varios análisis por muestra
**Tabla N° 4:** Materiales
**Tabla N° 5:** Equipos de monitoreo
**Tabla N° 6:** Ventajas y Desventajas de equipos para muestreo de sedimentos
**Tabla N° 7:** Equipos de Protección Personal - EPP

**Índice de Figuras**

**Figura N° 1:** Marco de Trabajo para el Muestreo de Sedimentos
**Figura N° 2:** Ejemplo de la distribución de puntos de monitoreo de sedimentos en emisario.
**Figura N° 3:** Ejemplo de la distribución de puntos de monitoreo de sedimentos de aguas residuales emitidas directamente al mar.
**Figura N° 4:** Ilustraciones de muestras tomadas al azar aceptables e inaceptables.

## I. GENERALIDADES

El Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad Ambiental de Sedimentos determina los procedimientos, recursos humanos, materiales, frecuencias y seguridad que se deben adoptar en el monitoreo de la calidad de sedimentos que son realizados por las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Asimismo, contribuye a la generación de información confiable, con la finalidad de implementar estrategias efectivas para la prevención y mitigación de impactos ambientales. Además, es fundamental para evaluar los efectos de las actividades productivas, extractivas y de servicios, en los ecosistemas acuáticos (continentales y marino costeros).

Cabe indicar que, el presente documento ha sido desarrollado tomando como referencia lo indicado por otras instituciones gubernamentales, tales como U.S. Environmental Protection Agency (**US EPA**), Canadian Council of Ministers of the Environment (**CCME**), la Agencia Ambiental de la Unión Europea, la Agencia Ambiental de Australia, el Ministerio de Medio Ambiente de Colombia y el Consejo de Seguridad Nuclear de España, entre otros, así como las necesidades y la realidad de nuestro país, de modo tal que pueda convertirse en una herramienta que permita la gestión integral de los sedimentos presentes en los cuerpos hídricos.

### I.1. BASE LEGAL

- Constitución Política del Perú.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Decreto Supremo N° 014-2024-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Decreto Supremo N° 023-2021-MINAM, Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030.
- Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM, que aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados.

### I.2. ALCANCE Y APLICACIÓN

El presente protocolo es de alcance nacional y aplicación por todas las entidades públicas y/o privadas que desarrollan monitoreos de calidad ambiental de sedimentos, dentro del territorio nacional, en cuerpos hídricos superficiales continentales (lénticos y lóticos) y marino costero.

### I.3. OBJETIVO

El presente protocolo tiene como objetivo estandarizar los procedimientos operativos y criterios técnicos para realizar el monitoreo de la calidad ambiental de sedimentos, a efectos de determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos de los sedimentos presentes en los cuerpos hídricos superficiales continentales (lénticos y lóticos) y marino costero.

### I.4. FINALIDAD

El presente protocolo tiene por finalidad la correcta aplicación estandarizada de procedimientos, criterios técnicos y metodologías, en la toma de muestras de sedimentos presentes en los cuerpos hídricos superficiales continentales (lénticos y lóticos) y marino costero, para analizar la concentración de los parámetros inorgánicos y orgánicos presentes en los sedimentos que pueden generar riesgos a los ecosistemas acuáticos y otros componentes ambientales.

### I.5. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**a.** **Área de estudio**: El área de estudio se refiere al cuerpo de agua que contiene el sitio o sitios de estudio a ser monitoreados y/o evaluados, así como áreas adyacentes (tierra o agua) que podrían afectar o influir en las condiciones del sitio de estudio. El sitio de estudio se refiere al cuerpo de agua y sedimentos asociados a ser monitoreados y/o evaluados[1].

**b.** **Agua intersticial**: Agua contenida en los intersticios, que son los espacios porosos o huecos de los suelos y rocas, es decir, el agua subterránea[2].

**c.** **Bioacumulación**: Proceso por el que un organismo acuático absorbe una sustancia por cualquier vía, incluida la respiración, la ingestión o el contacto directo con el agua o los sedimentos[3].

**d.** **Cuerpos de agua natural lénticos**: Cuerpos de agua continentales caracterizados por bajas velocidades de corrientes y altas frecuencias de intercambio del volumen almacenado, ejemplo: lagos, lagunas y cochas[4].

---

1 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.
2 Office of Water/Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, U.S. Environmental Protection Agency (1999). Protocol for Developing Sediment Total Maximum Daily Loads (TMDLs) Glossary.
3 Office of Water/Office of Science and Technology, U.S. Environmental Protection Agency (2012). Contaminated Sediment: Glossary & Acronyms.
4 Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA: Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016-ana

e. **Cuerpos de agua natural lóticos**: Cuerpos de aguas continentales caracterizados por corrientes unidireccionales continuas, ejemplo: ríos, quebradas, entre otros[5].

f. **Cuerpos de agua natural marino costero**: Cuerpos de agua que se encuentran en mares y océanos[6].

g. **Demanda de Oxígeno en Sedimentos (DOS o SOD, por sus siglas en inglés):** La cantidad de oxígeno disuelto eliminado del agua que cubre el sedimento en una masa de agua debido a procesos biológicos, químicos y físicos.[7]

h. **Elutriado**: Material preparado a partir del agua de dilución del sedimento y utilizado para análisis químicos y pruebas de toxicidad[8].

i. **Emisario submarino:** Punto, lugar o estructura donde el efluente se vierte en una masa de agua marina, como un mar, un océano, etc.[9]

j. **Ensayos de toxicidad:** Pruebas biológicas (normalmente con un invertebrado, pez o pequeño mamífero) para determinar los efectos adversos de un compuesto o efluente[10].

k. **Estación de muestreo:** Un área bien delimitada, donde tienen lugar las operaciones de muestreo[11].

l. **Homogeneización:** Es la mezcla completa del sedimento ya sea a mano o por medios mecánicos, hasta que se logre la homogeneidad física, química y/o biológica de la muestra[12],[13].

m. **Interferencias:** Características de los sedimentos que pueden afectar los resultados analíticos o la respuesta del organismo de prueba además de las respuestas relacionadas con la contaminación de sedimentos[14].

n. **Monitoreo:** Es la acción de tomar lecturas, medidas y evaluaciones de variables físicas, químicas y/o biológicas, en un periodo determinado de tiempo a fin de conocer tanto los cambios, como el seguimiento del estado del medioambiente[15].

o. **Muestra blanca**: Muestra para determinar si hay analitos o interferencias en el entorno del laboratorio, los reactivos o los equipos[16].

p. **Muestra compuesta:** Es aquella constituida por un conjunto de muestras simples (submuestras), convenientemente mezcladas, y llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El número de submuestras dependerá de la variabilidad de la sustancia o propiedad a analizar en el área de estudio y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de muestras a analizar[17].

q. **Muestra de núcleo:** Una muestra de sedimento recolectada para obtener un perfil vertical usando una variedad de instrumentos[18].

r. **Muestra duplicada**: Muestras recogidas en el mismo momento y lugar en condiciones idénticas, y tratadas de forma idéntica a lo largo de los procedimientos de campo y de laboratorio. Los resultados de los análisis de los duplicados de campo proporcionan una estimación de la precisión asociada a la recogida, conservación y almacenamiento de las muestras, así como a los procedimientos de laboratorio[19].

s. **Muestreo piloto:** Proceso experimental que puede formar parte de la etapa preliminar en un proceso de recolección de muestras de sedimentos en cuerpos hídricos (lóticos, lénticos o marino costeros). Su propósito es poner a prueba los métodos, técnicas y equipos que se utilizarán en la etapa de muestreo, y también para obtener información sobre las características del lugar que permitan ajustar el diseño de muestreo antes de llevar a cabo el muestreo.

t. **Muestreo estratificado**: Método de muestreo en el que una población se divide en subpoblaciones no superpuestas denominadas estratos y los lugares de muestreo se seleccionan independientemente dentro de cada estrato utilizando algún diseño de muestreo. El muestreo estratificado se utiliza para hacer inferencias sobre estratos individuales que son intrínsecamente más homogéneos que toda la población heterogénea[20].

---

5 Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA: Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016-ana

6 Office of Water/Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, U.S. Environmental Protection Agency (1999). Protocol for Developing Sediment Total Maximum Daily Loads (TMDLs) Glossary.

7 United States Environmental Protection Agency (EPA). Recuperado el 04 de junio del 2025, de https://sor.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&vocabName=Urban%20Watershed%20Terminology#formTop

8 United States Environmental Protection Agency. (1995). QA/QC Guidance for Sampling and Analysis of Sediments. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/qaqc.pdf.

9 European Environment Agency. http://www.eionet.europa.eu/gemet/concept/7520.

10 Office of the Administrator/Office of External Affairs and Environmental Education, U.S. Environmental Protection Agency (2009). Terms of Environment: Glossary, Abbreviations, and Acronyms.

11 International Union of pure and applied chemistry analytical chemistry division. (2005). terminology in soil sampling. https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac200577050827/html?srsltid=AfmBOore1caM9l6_d8cXwv3J60q0rLY9L_uhgT5jHKH-fhoY58zFiMKq

12 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

13 Según la Real Academia Española, para el sustantivo son válidas las formas *homogeneización* y *homogenización*.

14 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

15 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

16 Environmental Protection Agency. 40 CFR Part 136. https://www.ecfr.gov/current/title-40/part-136.

17 Guía para el muestreo de suelos. Ministerio del Ambiente. Perú, 2014.

18 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

19 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

20 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

**u. Muestra representativa:** Es aquella que puede representar cualitativa y cuantitativamente todas las características del sitio de muestreo[21] Además, muestran el grado en que los datos representan con precisión una característica y la variación de un parámetro en un punto de muestreo. Esto incluye a los parámetros orgánicos, inorgánicos y biológicos, asegurando que los datos recolectados reflejen con exactitud la composición química, las propiedades físicas y la presencia de organismos relevantes dentro del sitio de muestreo[22].

**v. Muestra simple**: Las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular son llamadas muestras simples. Este tipo de muestras representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado. Estas muestras siempre se aplicarán para compuestos orgánicos volátiles (COV's), Hidrocarburos y Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos (BTEX) [23].

**w. Plan de muestreo:** Documento que contiene el procedimiento predeterminado para la selección, extracción, conservación, transporte y preparación de las porciones que se extraerán de una población como muestra[24].

**x. Plataforma de muestreo:** Es un espacio de trabajo, como la cubierta de una embarcación, desde el que se realizan todas las actividades de recolección de muestras[25].

**y. Protocolo:** Son documentos técnicos en los cuales se establecen criterios y se detallan las actividades que se tienen que realizar ante determinada problemática. Aplicable de manera complementaria a la normativa vigente en la materia correspondiente[26].

**z. Puntos críticos:** Los puntos críticos se consideran volúmenes de suelo con concentraciones relativamente elevadas que podrían estar presentes en un emplazamiento, pero cuya ubicación y dimensiones no pueden preverse antes del muestreo[27].

**aa. Punto de muestreo**: Lugar (punto o área determinada) del suelo y/o sedimento donde se toman las muestras, sean estas superficiales o de profundidad[28].

**bb. Representatividad de la muestra**: Una muestra es representativa si los rasgos de los elementos que la integran son similares a los de toda la población que busca representar, es decir, si la muestra es capaz de producir o evidenciar las características principales de la población o universo de donde fue extraída[29].

**cc. Riesgo**: Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los sedimentos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro[30].

**dd. Sedimento**: Material no consolidado depositado por procesos fluviales o marinos recientes, y que se encuentra permanente o temporalmente por debajo del espejo de aguas superficiales[31].

**ee. Sedimentos compactados:** Sedimentos que han experimentado una reducción en su volumen debido a la presión ejercida por capas de sedimentos superiores o por la acción de factores externos, como el movimiento del agua o la actividad humana. Esta compactación disminuye la porosidad del sedimento y aumenta su densidad, lo que puede influir en la forma en que los contaminantes se retienen o liberan en los sedimentos.

**ff. Sedimento contaminado:** Sedimentos que contienen sustancias químicas en concentraciones que representan una amenaza conocida o sospechada para la salud ambiental o humana[32].

**gg. Sedimento entero:** Sedimento y agua intersticial asociada y que han tenido una manipulación mínima. También se conoce como sedimento a granel[33]

**hh. Sitio:** Un área de estudio que puede estar compuesta de múltiples estaciones de muestreo[34].

**ii. Sistema de Coordenadas Cartográficas UTM**: Sistema de Coordenadas Trasversal Universal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM), identifica un punto de la superficie "terrestre", y tiene como unidad de medida el metro. Es un sistema cilíndrico transverso conforme, secante al globo terráqueo el cual se encuentra relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 - Geodetic Reference System 1980 (GRS80), siendo de utilización más idónea, del cual deriva el WorldGeodeticSystems – WGS84. (Resolución Jefatural N° 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J).

---

21 Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del PRONAME del Instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC-CCA) de México. 2010.

22 EPA/240/R-02/005. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection (QA/G-5S). https://www.epa.gov/quality/guidance-choosing-sampling-design-environmental-data-collection-use-developing-quality

23 Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA: Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016-ana

24 International Union of pure and applied chemistry analytical chemistry division. (2005). Terminology in soil sampling. https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac200577050827/html?srsltid=AfmBOore1caM9l6_d8cXwv3J60q0rLY9L_uhgT5jHKH-fhoY58zFiMKq

25 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

26 Minam. (2025). Procedimientos para la Elaboración, Aprobación, y Archivo de dispositivos normativos y actos resolutivos en el MINAM, Directiva N° 001-2025-MINAM/DM. Disponible en https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7895563/6648719-directiva-001-2025-minam-dm.pdf?v=1744144427.

27 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

28 Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA: Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016-ana

29 Office of Water/Office of Science and Technology, U.S. Environmental Protection Agency (2012). Contaminated Sediment: Glossary & Acronyms.

30 Autoridad Nacional del Agua. (2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA: Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016-ana

31 Guía para la evaluación de sitios contaminados y la elaboración de planes dirigidos a la remediación, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 00376-2024-MINAM.

32 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

33 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

34 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

### I.6. ACRÓNIMOS

**a.** MINAM : Ministerio del Ambiente
**b.** BTEX : Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos
**c.** COV : Compuesto Orgánico Volátil
**d.** DOS : Demanda de oxígeno en sedimentos
**e.** INACAL : Instituto Nacional de Calidad
**f.** PAH : Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
**g.** PCB : Bifenilos Policlorados
**h.** US-EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

## II. GENERALIDADES DEL MONITOREO DE SEDIMENTOS

El monitoreo ambiental es la acción de tomar lecturas, medidas y evaluaciones de variables físicas, químicas y/o biológicas, en un periodo determinado de tiempo, a fin de conocer tanto los cambios, como el seguimiento del estado del ambiente. El monitoreo ambiental puede ser útil para muchos propósitos.

En ese sentido, el monitoreo, permite consolidar la información a través de una base de datos y analizar su respectiva tendencia, en concordancia con el cumplimiento de las normas en materia ambiental. Asimismo, permite obtener información acerca de eventos especiales o posibles fuentes de contaminación de los sedimentos presentes en los cuerpos hídricos, causada por las actividades productivas, extractivas o de servicios.

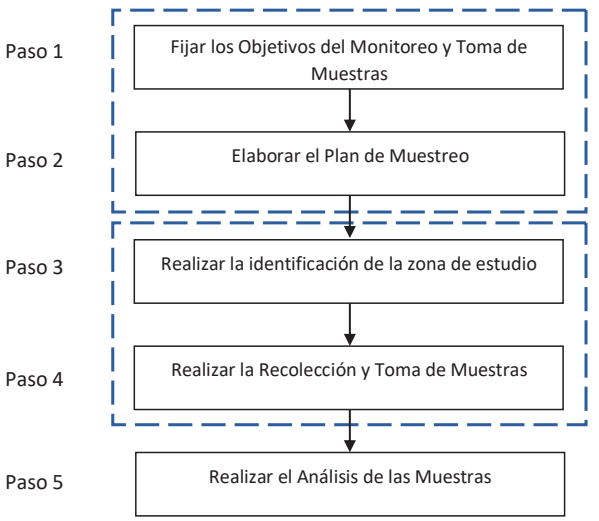
Bajo ese contexto, se adopta un enfoque preventivo, orientado a la identificación temprana de impactos ambientales y la implementación de medidas de mitigación oportunas. Por ello, definir los objetivos del monitoreo es el primer paso para la planificación, luego se identifica los parámetros, el tipo de monitoreo a realizar (por ejemplo, utilizando draga, barreno o manual), así como las consideraciones para la preservación de la muestra y su análisis.

En línea con lo expresado en el párrafo anterior, es importante considerar tres propósitos claves para medir la calidad ambiental de los sedimentos de un cuerpo de agua:

a) Conocer el transporte de los sedimentos en la corriente de un cuerpo de agua, en atención a su importancia en la calidad y en los procesos de aprovechamiento del agua y de los cauces para distintos fines.
b) Soportar programas de protección de fuentes hídricas frente a amenazas de origen antrópico.
c) Permitir generar indicadores que den cuenta del estado de los recursos hídricos estudiados, en la medida que ellos tienen inmerso transporte y depósitos de sedimentos, el cual se basa en el rendimiento de sedimentos[35].

Resulta importante tener en cuenta el marco de trabajo a considerar en las actividades de muestreo de sedimentos, el mismo que contiene los siguientes pasos:

***Figura N ° 1:*** *Marco de Trabajo para el Muestreo de Sedimentos*




**Fuente:** Adaptación de las Notas de Clases del Curso "Caracterización de sedimentos contaminados en la evaluación de riesgos"- Paul Sibley – University of Guelph – P.Sbley 2015 – Toronto –Canadá.

Por otro lado, para el muestreo de sedimentos se debe adoptar una estrategia de manejo, lo cual implica una planificación cuidadosa, la selección de métodos apropiados, el control de calidad de datos y la comunicación efectiva de resultados, para apoyar en la toma de decisiones informadas en la gestión de recursos hídricos y la protección ambiental.

Asimismo, otro aspecto a tener en cuenta es la red de monitoreo o los puntos de toma de muestra, el cual es un aspecto clave en el proceso de toma de muestras. Esto implica definir el ámbito de monitoreo y la caracterización del área objeto de evaluación.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta en los procedimientos de muestreo las condiciones del sitio a monitorear, tales como profundidad, velocidad, caudal, ancho del cauce, entre otros.

[35] (Montoya & Contreras, 2015).

En esa línea, la toma de muestras debe realizarse de manera progresiva, desde el sitio menos contaminado hasta el sitio más contaminado, lo cual se puede estimar a partir de datos históricos, condiciones del sitio, uso de la tierra, criterios del profesional responsable, etc.

Finalmente, es pertinente considerar la caracterización del área, lo cual implica conocer la existencia de afluentes, usos del recurso hídrico, posibles fuentes de contaminación por hidrocarburos y/o de otras sustancias químicas, características geoquímicas de la cuenca, subcuenca o microcuenca donde se ubique el área de evaluación, entre otros que resulten apropiados.

**III. PLANIFICACIÓN DEL MONITOREO**

El monitoreo de sedimentos se realiza en cuerpos hídricos superficiales continentales (lénticos y lóticos) y marino costero en un determinado periodo de tiempo.

El monitoreo de sedimentos en cuerpos hídricos superficiales continentales demanda adoptar criterios técnicos a tener en cuenta al momento de realizar la toma de muestra; donde uno de los aspectos técnicos a resolver es la elección del punto de muestreo, puesto que, dicho punto debe reunir las condiciones de representatividad. Sin embargo, dado el carácter inestable y estacional del depósito sedimentario, sobre todo en el caso de sedimentos de orilla, esta elección no es sencilla y en ocasiones un punto considerado representativo durante un determinado periodo de tiempo puede dejar de serlo.

En ese sentido, para la determinación de puntos de monitoreo con un menor margen de error o incertidumbre, se sugiere tener en consideración estudios previos que permitan conocer el comportamiento y destino final de las sustancias químicas, tales como el estudio de transporte de solutos, estudios de fugacidad, entre otros.

Otro factor a tener en cuenta es la temporalidad relacionada con las estaciones del año, puesto que un mismo punto puede presentar diferentes características sedimentarias en diferentes temporadas del año. También se debe tener en cuenta las consideraciones respecto al volumen o masa de muestra requerida, profundidad y la metodología del muestreo, incluyendo los materiales a utilizar.

Además, antes de ejecutar las actividades de monitoreo, se debe contar con los permisos y/o autorizaciones otorgadas por las autoridades competentes, según corresponda.

Complementariamente, de ser necesario la autoridad competente puede establecer otros puntos de monitoreo en los cuerpos hídricos lóticos y lenticos priorizados según los objetivos.

Por lo cual, se recomienda instalar estaciones de aforo de transporte de sedimentos que pueden estar equipados con: i) turbisonda para muestreo de sedimentos en suspensión, ii) correntómetro para aforos por vadeo o con lastre desde un Puente, iii) carro Huaro, iv) regla limnimétrica, v) materiales para el análisis granulométrica de las calicatas.

Finalmente, de ser necesario, y de acuerdo con el alcance y objetivo del proyecto de monitoreo, se puede incorporar un plan de seguimiento, u otras acciones post monitoreo.

**II.1 OBJETIVO DEL MONITOREO**

Evaluar la calidad ambiental de los sedimentos presentes en cuerpos hídricos superficiales continentales (lénticos y lóticos) y marino costero; a través de la medición de parámetros físicos, químicos y/o biológicos en un periodo determinado de tiempo.

**III.1. RECURSOS PARA EL MONITOREO**

El monitoreo de calidad ambiental de sedimentos debe ser realizado por un equipo de profesionales y/o técnicos con conocimientos sólidos sobre técnicas de monitoreo, toma de muestras, preservación, transporte y seguridad.

Por otra parte, para el proceso se debe contar con los recursos financieros necesarios, a fin de alcanzar los objetivos del monitoreo ambiental.

**III.1.1. RECURSOS HUMANOS**

Para el monitoreo de calidad de sedimentos se requiere profesionales y/o técnicos con capacidad de análisis integral, pensamiento crítico, habilidades y capacidades en la recolección y tabulación de datos, manejo instrumental y equipos, y de aparatos propios del trabajo de campo.

Por otro lado, todo el personal de campo debe tener experiencia en otros procedimientos estándar descritos para la recolección y el procesamiento de sedimentos[36].

Bajo ese contexto, se recomienda que el equipo de trabajo este compuesto, como mínimo por el siguiente personal:

- Un coordinador o líder de grupo con sólidos conocimientos en monitoreo ambiental.
- Uno o dos especialistas ambientales con capacitación en toma de muestras ambientales.
- Una o dos personas de apoyo a los profesionales (puede ser un guía o personal de la zona).

El número de personas dependerá de las condiciones logísticas, financieras u otras; Sin embargo, ello no debe de afectar el propósito u objetivo del monitoreo.

[36] Personal Qualifications/Responsabilities (Standard Operating Procedure – EAP 039- version 1.3. – March 2019.

### III.1.2. RECURSOS FINANCIEROS

Los recursos necesarios para asegurar el cumplimiento de los objetivos del monitoreo son los siguientes:

a. Materiales y equipo de monitoreo (propios o alquilados).
b. Vehículos y combustible para el traslado de los equipos y personal responsable.
c. Viáticos y otras asignaciones para el personal responsable del monitoreo.
d. Recursos para la preservación, conservación y envío de muestras (vía aérea, terrestre o fluvial).
e. Análisis de las muestras por cada parámetro evaluado.
f. Materiales de escritorio, entre otros.

## IV. ESTABLECIMIENTO DE LA RED DE MONITOREO Y CODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

### IV.1. CRITERIOS Y CONSIDERACIONES PARA ESTABLECER LA RED DE MONITOREO

Para la ejecución de los monitoreos de sedimentos, es importante contar con el diseño de programas o planes de muestreo de calidad de sedimentos, donde se incluye los siguientes criterios técnicos y consideraciones que garanticen el logro de metas y objetivos:

- Información de antecedentes del área de estudio.
- Objetivos específicos de la investigación de sedimentos.
- Determinar la red de monitoreo.
- Selección de estaciones de muestreo.
- Tamaño de muestra, número y replicado.
- Establecer punto o estación de control y/o referencia.
- Evaluación de la calidad de la data obtenida.
- Metodologías del muestreo de sedimentos.
- Delimitar el área de monitoreo.
- Especificar el tipo de muestra, los parámetros de campo y los parámetros para el análisis en laboratorio.
- Analizar las características del cuerpo de agua asociada a riesgos ambientales sobre el recurso natural que se desea monitorear.
- Analizar la relevancia de los datos obtenidos desde una perspectiva de riesgo ambiental y social, así como determinar la factibilidad de obtener datos confiables a lo largo del tiempo.
- Establecer un indicador de monitoreo.
- Definir el problema potencial u objetivo general
- Revisar la información existente.
- Identificar objetivos específicos del estudio.
- Determinar los datos que se necesitan para alcanzar los objetivos del proyecto.
- Identificar las condiciones y/o cuestiones específicas del sitio que pueden influir en el proceso de recopilación y análisis de datos.
- Considerar la clasificación de los sedimentos, según su tamaño, en gruesos (gravas y arenas) y finos (arenas finas, limos y arcillas), dado que tiene implicancias con la forma como estos materiales son transportados y depositados por el flujo. Generalmente, el tamaño de la partícula y contenido orgánico de los sedimentos están directamente relacionados con la velocidad del agua y características de flujo de un cuerpo de agua. Los contaminantes son más propensos a concentrarse en los sedimentos de partícula fina y con un alto contenido orgánico. Este tipo de sedimentos es más probable que se encuentre en las zonas de deposición. Por el contrario, los sedimentos gruesos con bajo contenido orgánico no suelen concentrar contaminantes y se encuentran en zonas de erosión.
- Tener especial atención a los lugares afectados significativamente por los cambios en la aportación de sedimentos, los cuales pueden variar estacionalmente por los flujos de agua y por las tasas de acumulación.
- Distinguir entre las variaciones estacionales asociadas a los periodos de alta y baja escorrentía, los cuales inducen cambios en las características físicas del sedimento a granel (por ejemplo, el porcentaje de arena, limo o arcilla). Los periodos de alta escorrentía deberían abordarse mediante métodos de normalización, mientras que los periodos de baja escorrentía deberían abordarse aumentando la frecuencia de muestreo.
- Considerar el tamaño del área de estudio, el cual influye en el tipo de diseño de muestreo y los métodos de posicionamiento del sitio.
- Los límites del área de estudio deben definirse claramente desde el principio y deben delinearse en una carta hidrográfica o un mapa topográfico.
- Considerar en las zonas de cuerpos de agua lóticos y lénticos las condiciones hidrográficas, como la profundidad, el flujo del del agua, la forma de la cuenca, la entrada y salida del agua (ríos, manantiales, etc.), y los patrones de circulación.
- Considerar en la zonas marino costeras, aspectos oceanográficos, tanto la dirección como velocidad de corrientes marinas, y aspectos fisiográficos costeros marinos como islas, islotes, puntas, bahías, otros, a fin de establecer escenarios de distribución del contaminante, el mismo que debe de considerar un análisis con data histórica para reducir algún sesgo.
- Desarrollar modelos determinísticos y estocásticos de la dispersión del contaminante, lo cual permitirá establecer la ruta del contaminante y su proyección, determinando un área de afectación; en los casos que se cuente con información histórica.

Es importante tener en cuenta que la identificación de sedimentos contaminados se logra mediante la comparación de sus características obtenidas con los estándares de calidad de sedimentos nacionales y/o internacionales, según corresponda. El análisis de los resultados de laboratorio de sedimentos puede determinar si las concentraciones de contaminantes específicos sobrepasan los estándares de calidad; además de considerar el origen natural o antropogénico de la presencia del elemento analizado, y si pueden constituir un riesgo para la salud pública, el bienestar o el ambiente. Por ello es importante un adecuado diseño de las redes de monitoreo y la aplicación correcta de los procedimientos de la toma de muestras requeridos.

Para que la información generada en el área monitoreada, en los puntos de muestreo, entre otros, pueda reutilizarse en estudios posteriores, es importante registrar:

- Posición de cada sitio de muestreo.
- Descripciones cuidadosas y completas de cada sitio y sus medios de acceso.
- Puntos exactos de los que se tomaron las muestras.

Un factor clave en el diseño eficaz de un estudio de calidad de sedimentos es controlar aquellas fuentes de variabilidad que puedan brindar resultados con mayor grado de incertidumbre. Existen dos fuentes principales de variabilidad que,

con una planificación adecuada, pueden minimizarse, o al menos tenerse en cuenta, en el proceso de diseño, asegurando así un estudio exitoso. En términos estadísticos, las dos fuentes de variabilidad son el error de muestreo y el error de medición[37, 38].

A. El error de muestreo, es el error atribuible a la selección de una determinada estación de muestreo que puede no ser representativa del sitio o la población de unidades de muestra. El error de muestreo se controla mediante: (1) el uso de métodos imparciales para seleccionar estaciones si se realiza un monitoreo general de un sitio determinado; o (2) varias estaciones a lo largo de un gradiente espacial si el objetivo es una ubicación específica.

B. El error de medición es el grado en que el investigador caracteriza con precisión la unidad o estación de muestreo. Por lo tanto, el error de medición incluye componentes de variabilidad espacial y temporal natural dentro de la unidad de muestra, así como errores reales de omisión o comisión por parte del investigador. El error de medición se controla mediante el uso de métodos estandarizados y comparables: los métodos estandarizados incluyen la capacitación adecuada del personal y procedimientos de garantía de calidad. Para ayudar a minimizar el error de medición, se debe muestrear cada estación de la misma manera, dentro de un sitio o estudio, utilizando un conjunto estandarizado de procedimientos y en el mismo período de tiempo para minimizar las fuentes de confusión y variabilidad.

### IV.1.1. INSPECCIÓN DEL SITIO

Se recomienda realizar una inspección física del sitio, antes de desarrollar un plan de muestreo, para evaluar la integridad y validez de los datos históricos recopilados e identificar cualquier cambio significativo que pueda haber ocurrido en el sitio o área de estudio. Una inspección del sitio del área de drenaje inmediata y la cuenca aguas arriba también puede identificar posibles factores estresantes (como la erosión) y coadyuvar a determinar el equipo de muestreo apropiado[39].

Si los recursos financieros lo permiten, se aconseja realizar algún muestreo piloto en esta etapa para afinar aún más el diseño de muestreo real necesario. El muestreo piloto es particularmente útil para definir las ubicaciones de las estaciones adecuadas para el muestreo dirigido o para identificar los estratos apropiados en el muestreo estratificado o multietapa, respectivamente.

### IV.1.2. NÚMERO DE MUESTRAS

La cantidad de muestras recolectadas afecta directamente la representatividad e integridad de los datos para abordar los objetivos del monitoreo. Como regla general, un mayor número de muestras da una mejor definición de la extensión del área de contaminación o toxicidad. Muchos programas especifican una cierta cantidad de muestras por ubicación (p. ej., sitio o unidad de dragado).

En consecuencia, los requisitos de muestra deben determinarse caso por caso. El número de muestras a recolectar es, en última instancia, el resultado de las preguntas formuladas. Por ejemplo, si uno está interesado en caracterizar los efectos de una fuente puntual o un gradiente (p. ej., los efectos de ciertos afluentes o usos de la tierra en un lago o estuario) es posible que sea necesario recolectar y analizar muchas muestras en un área relativamente pequeña. Sin embargo, si uno está interesado en detectar “puntos críticos” o ubicaciones de alta contaminación dentro de una cuenca o cuerpo de agua, pueden ser apropiadas pocas muestras en ubicaciones espaciadas regularmente. En la mayoría de los estudios de seguimiento y evaluación, el número de muestras a recolectar generalmente resulta de un compromiso entre lo ideal y lo práctico. Las principales limitaciones prácticas son los costos de los análisis y la logística de la recolección de muestras.

Por otro lado, la US EPA señala que, en las acciones de monitoreo, los costos del muestreo son mínimos, siendo los mayores costos el viaje al sitio donde se realiza el monitoreo y el análisis de las muestras en el laboratorio.

En consecuencia, es una buena práctica recolectar un número excesivo de muestras y seleccionar un subconjunto igual al número mínimo requerido para el análisis. Las muestras replicadas archivadas se pueden utilizar para reemplazar muestras perdidas, para la verificación de datos, para volver a analizar aquellos que arrojan resultados cuestionables o para la prueba independiente de hipótesis a posteriori que puedan surgir de la selección de los datos iniciales. Sin embargo, el almacenamiento de sedimentos puede provocar cambios en la biodisponibilidad de los contaminantes químicos[40].

### IV.2. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS PARA LA SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE SEDIMENTOS

Varios factores específicos del sitio pueden influir en última instancia en la ubicación adecuada de las estaciones de muestreo, tanto para estudios de seguimiento a gran escala, en los que se desea el estado general de la calidad de los sedimentos, como para estudios de menor escala y específicos para determinar la necesidad de remediación de sedimentos. Si se elige un diseño de muestreo aleatorio dirigido o estratificado, es importante ubicar las áreas de sedimentación y erosión para identificar adecuadamente los regímenes de contaminantes. La Tabla N° 1 presenta un resumen de los factores específicos del sitio que se deben considerar al desarrollar un plan de muestreo.

---

37 U.S. Environmental Protection Agency. 2000a. Guidance for the Data Quality Objectives Process. EPA QA/G-4. EPA/600/R-96/055. Office of Environmental Information, Washington, D.C.

38 U.S. Environmental Protection Agency. 2000b. Guidance for Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection.

39 Inspección del sitio - Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemicaland Toxicological Analyses – US EPA 2001

40 EPA-823-B-01-002 (2001) Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemicaland Toxicological Analyses – US EPA 2001.

***Tabla N° 1.*** *Consideraciones prácticas para la selección de estaciones de muestreo del sitio en el desarrollo de un plan de muestreo.*

| Actividad | Consideración |
|---|---|
| Determinación de áreas donde podría ocurrir contaminación por sedimentos | - Información hidrológica<br>- Calidad y cantidad de la escorrentía<br>- Entradas potenciales de depósito de sólidos suspendidos totales<br>- Patrones de filtración de afloramientos |
| Determinación de áreas de depósito y erosión | **Mapas batimétricos y cartas hidrográficas**<br>- Profundidad del agua<br>- Zonas de erosión<br>- Trasporte y deposición<br>- Batimetría<br>- Distribución<br>- Espesor y tipo de sedimento<br>- Velocidad y dirección de las corrientes<br>- Tasas de sedimentación<br>**Condiciones Climáticas**<br>- Vientos dominantes<br>- Cambios estacionales de temperatura, precipitación y radiación solar<br>- Mareas<br>- Cambios estacionales en cargas antropogénicas y naturales |
| Determinación de fuentes potenciales de contaminación | **Consideraciones antropogénicas**<br>- Ubicación de los centros urbanos<br>- Cambios históricos en el uso del suelo<br>- Tipos, densidades y tamaño de las industrias<br>- Ubicación de los sitios de eliminación de desechos<br>- Ubicación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales<br>- Ubicación de los desagües de aguas pluviales y desbordamientos de alcantarillado combinado<br>- Ubicación, cantidad y calidad de efluentes<br>- Monitoreo y evaluaciones previas o estudios geoquímicos<br>- Ubicación del dragado y eliminación del material dragado en aguas abiertas |
| Factores que afectan la biodisponibilidad de los contaminantes | - Consideraciones geoquímicas<br>- Tipo de roca madre y química del suelo/sedimento<br>- Propiedades físicas y químicas del agua suprayacente. |
| Determinación de la representatividad de las muestras | - Área a caracterizar<br>- Volumen a caracterizar<br>- Profundidad a caracterizar<br>- Posible estratificación del depósito a caracterizar |

**Fuente:** Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses – US EPA 2001

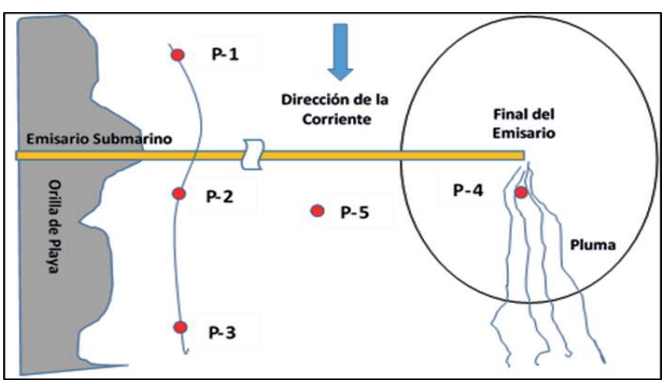
## IV.3 ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y NÚMERO DE MUESTRAS EN CUERPOS MARINO COSTERO

Para el muestreo de sedimentos marinos comprendidos en la plataforma continental del mar peruano, la toma de muestras de sedimentos se debe efectuar a lo largo de transectos o perfiles de navegación propuestos por los responsables de los proyectos, teniendo en cuenta la batimetría, profundidad, corrientes marinas, viento, oleaje, ubicación de la plataformas marinas, ubicación y longitud de los emisarios submarinos, ubicación de los puertos y bahías de alta transitividad, y considerando la mayor cobertura y representatividad muestral, según la ubicación del proyecto o área de estudio.

En caso el sitio de estudio cuente con un instrumento de gestión ambiental aprobado, los puntos de muestreo y número de muestras se encuentran determinados en dicho instrumento.

Cuando se trate de estudios de sedimentos ante la ocurrencia de vertidos a través de emisario submarino, se deben seleccionar los puntos de muestreo de acuerdo al siguiente detalle:

***Figura N° 2:*** *Ejemplo de la distribución de puntos de monitoreo de sedimentos en emisario.*




**Fuente:** Profonanpe, (2021).

- Tres puntos situados sobre la línea de costa, según la dirección de la corriente:

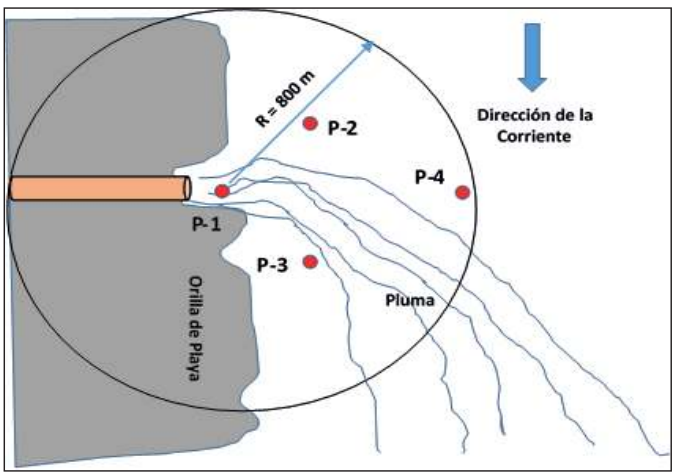
  o Dos a ambos lados del emisario (P-1 y P-3)
  o Uno cerca al inicio del emisario (P – 2)

- Dos puntos: Uno situado a la salida del efluente (P – 4) y otro entre la costa y el efluente (P-5), fuera de la zona de mezcla, posicionadas a diferentes distancias de la boquilla de la descarga.

Un punto adicional en una zona distinta a las establecidas (P-1, P-2, P-3, P-4 y P-5), de no afectación del vertido[41]. Este punto no está representado en la Figura 2 ya que esta solo representa la zona afectada.

Cuando los vertimientos son realizados a orillas del mar, se selecciona al menos cuatro puntos de muestreo, uno de ellos situado en el centro del punto de descarga del vertido (P-1) y los tres restantes en el mar repartidos de manera homogénea (P-2, P-3 y P-4), considerando una circunferencia de radio de 800 m y según la orientación de la pluma del vertido; si la pluma no fuera fácilmente identificable, guiarse de la línea de costa de acuerdo al detalle establecido en la Figura N° 3.

***Figura N° 3:*** *Ejemplo de la distribución de puntos de monitoreo de sedimentos de aguas residuales emitidas directamente al mar.*




**Fuente:** Profonanpe. (2021).

De otro lado, en las aguas de baño o playas de uso recreacional, se toman muestras superficiales en los puntos en los que se prevea mayor presencia de bañistas, de acuerdo con la siguiente consideración:

- En las playas, en la zona donde la profundidad del agua llegue a 1 m (aproximadamente la cintura del técnico), la muestra debe tomarse en contracorriente del flujo entrante y a 1 a 10 cm de la superficie del lecho marino.

Es importante indicar que se está estableciendo un número mínimo de muestras por punto de monitoreo las cuales se deben ajustar a la malla o red de muestreo.

De manera adicional se debe tomar muestras en blanco, a fin de asegurar que las muestras de sedimentos no han sido contaminadas en el proceso de muestreo en campo.

Finalmente, se recomienda adaptar la ubicación de los puntos de monitoreo según las condiciones oceanográficas locales (corrientes, batimetría y oleaje) y la naturaleza de los objetivos de conservación y/o preservación. La disposición final de los puntos debe ser flexible y ajustarse a las características geomorfológicas y dinámicas de cada zona de estudio.

**IV 4 FORMATOS PARA LA CODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO**

La codificación de los puntos de monitoreo es esencial para su identificación, puesto que le da nombre propio a la muestra, la cual es utilizada para los reportes ambientales, cadenas de custodia, etiquetados, entre otros. La codificación se realiza de acuerdo con el tipo y nombre del recurso hídrico, número de muestras y nivel de profundidad de la toma de las mismas. Para la codificación se sugiere que se realice de la siguiente manera:

a) Tipo de Muestra: Sedimentos = Sd
b) Tipo de Recurso Hídrico
   - Rio = Ri
   - Quebrada = Qd
   - Lago = Lg
   - Laguna = Ln
   - Cocha = Co
   - Manantial = Man
   - Mar = Mar
   - Bahía = Bah
   - Estuario, Manglar o Marisma = Est
   - Humedal o Bofedal = Hu
   - Embalse o Represa = Em

[41] Consultoría Profonanpe, (2021) – "TECNOAMBIENTE – UNIDAD TECNICA a Coruña y Andalucía: PETM15 TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS DE MAR".

c) Número del Punto de Monitoreo = N
d) Superficie = S
e) Fondo = F

**Punto de Monitoreo =** (Tipo de Muestra, Tipo de Recurso Hídrico, Nombre del Recurso Hídrico, Número del Punto de Monitoreo y profundidad de la muestra)

**Nota:** Para el Nombre del cuerpo hídrico = Primera letra del nombre en mayúsculas y la segunda letra en minúscula.

- Ejemplo 1: Monitoreo de sedimentos en el Río Amazonas:

SdRiAm-01-F

- Ejemplo 2-1: Monitoreo de sedimentos en la quebrada Horizonte:

SdQdHo-03-S

- Ejemplo 2-2: Monitoreo de muestra de sedimentos del Lago Junín:

Muestra de fondo:

SdLgJu-01-F

Muestra superficial:

SdLgJu-01-S

- Ejemplo 3: Monitoreo de muestra de sedimento en la Laguna Caballococha:

Muestra de fondo:

SdLnCa-01-F

Muestra superficial:

SdLnCa-01-S

Por otro lado, se registra la coordenada UTM WGS 84 contando con un GPS calibrado por laboratorios acreditados ante el INACAL o por alguna entidad miembro de la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios – ILAC o el Acuerdo de Reconocimiento Multilateral de la Cooperación Interamericana en Acreditación – IAAC u otra instancia del mismo nivel.

**V. FRECUENCIA DE MONITOREO**

El monitoreo de la calidad ambiental de sedimentos tiene que realizarse periódicamente, cuya frecuencia depende de los objetivos del monitoreo, así como de las características de la zona a monitorear.

Cuando el objetivo del monitoreo de calidad de sedimentos es del tipo sistémico es recomendable que el muestreo tenga una frecuencia anual, teniendo en consideración que es el plazo temporal medio necesario para que se alcance una nueva capa de sedimentos que se pueda muestrear.

Si el muestreo se realiza en cuerpos de agua lóticos se recomienda que el mismo no coincida con ciclos extremos naturales (avenidas, lluvias torrenciales, heladas, etc.), ya que durante estos ciclos se pueden perturbar las características del sedimento, por lo que la muestra obtenida dejaría de ser representativa.

En línea con el párrafo anterior, las muestras de sedimentos deben recolectarse con una frecuencia adecuada que coincida con los cambios esperados en el sedimento, teniendo en cuenta el régimen hidrológico y la velocidad de sedimentación del cuerpo de agua estudiado. Los estuarios, ríos y embalses, y en ocasiones lagos, pueden mostrar grandes diferencias en las características hidrodinámicas durante el año. Cuanto mayor sean los cambios esperados/observados, mayor es la frecuencia.

Asimismo, se sugiere que la frecuencia de toma de muestras de sedimentos debe estar definida por la variabilidad del régimen hídrico, esto es, conocer la carga sólida en un punto determinado para diferentes estados (mínimo, medio y máximo) de caudal líquido; esto permite establecer las relaciones que existen entre el caudal líquido y el caudal sólido, así como la concentración media y la concentración superficial; a partir de las cuales, es calculado el transporte del sedimento.

Es recomendable que el muestreo se realice durante un período con bajas velocidades de corriente, el cual debe corresponder al momento de menor tasa de descarga de agua (flujo). Además, la bioturbación es menor en época de estiaje. Se recomienda planificar las campañas de muestreo en la misma ventana temporal cada año, preferiblemente en condiciones de flujo similares.

Sin perjuicio de lo anterior, es importante indicar que los muestreos de sedimentos pueden realizarse en diferentes épocas del año dependiendo de los objetivos del estudio y las condiciones ambientales locales, considerando factores como los eventos de lluvia, las actividades humanas y las estaciones del año al planificar los muestreos de sedimentos.

Por otro lado, la frecuencia puede reducirse cuando se demuestre, mediante los datos de seguimiento y el análisis de las presiones, que los parámetros están significativamente por debajo de los objetivos de calidad o cuando no pueda observarse o esperarse una tendencia significativa. No obstante, la reducción de la frecuencia no corresponde en tanto las concentraciones se encuentren muy cerca al objetivo de calidad. Además, el muestreo de sólidos en suspensión para el análisis de tendencias se recomienda realizar al menos cuatro (4) veces al año.

Asimismo, se sugiere que la frecuencia en sitios contaminados y en proceso de rehabilitación o remediación sea mensual hasta comprobar que se ha eliminado los contaminantes.

## VI. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL MUESTREO

Para el diseño del muestreo es preciso tomar en cuenta aspectos técnicos asociados a los tipos de muestreo, volumen, profundidad, porcentaje de sólidos, fracción de sedimentación, tamizado, representatividad de la muestra y aceptabilidad de la muestra entre otros. A continuación, se detalla los criterios señalados:

### VI.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL DISEÑO DE MUESTREO

Para la selección de criterios asociados a los diseños de muestreo, se pueden considerar factores como:

- La distribución espacial del contaminante o parámetro de interés.
- Los recursos logísticos y técnicos disponibles.
- Los objetivos regulatorios o de investigación.

En la **Tabla N° 2** se enumeran las problemáticas frecuentes que se presentan en el monitoreo de sedimentos, junto con los diseños de muestreo recomendados para cada escenario. La tabla es una guía práctica para elegir las metodologías que optimicen la representatividad de los datos y la eficiencia del muestreo.

***Tabla N° 2:*** *Sugerencias para seleccionar un diseño de muestreo apropiado*

| Si estás… | y tienes… | considere usar [42]... | con el fin de... |
|---|---|---|---|
| *Realizando una fase de tamizaje/ cribado en el análisis de un sistema de baja complejidad o de pequeña escala* | *Un presupuesto limitado y/o un hito/tiempo limite* | *Muestreo selectivo o crítico* | *Evaluar si se justifica una investigación adicional que incluya un diseño de muestreo probabilístico estadístico* |
| *Desarrollando una caracterización de las condiciones asociadas a la presencia de contaminación* | *Un presupuesto adecuado para el número de muestras necesarias.* | *Muestreo sistemático* | *Adquirir cobertura de los periodos de interés.* |
| *Desarrollando una comprensión de dónde la contaminación está presente.* | *Un presupuesto adecuado para el número de muestras necesarias.* | *Muestreo de cuadrícula* | *Garantizar la cobertura del área de interés con un nivel de confianza determinado para la detección de zonas críticas de un tamaño específico* |
| *Delineando los límites de un área de contaminación.* | *Un método de cribado en campo* | *Muestreo adaptativo por conglomerados* | *Utilizar de manera integral todas las observaciones en la estimación de la media* |

**Fuente:** United States Environmental Protection Agency. (2002). Guidance For Choosing A Sampling Design For Environmental Data Collection.

#### VI.1.1. TIPOS DE DISEÑO DE MUESTREO

Este protocolo describe seis (6) diseños de muestreo utilizados para la recolección de datos ambientales. Estos diseños contribuyen a robustecer la información al permitir la obtención de muestras representativas del sistema que se desea evaluar. A continuación, se presenta una breve descripción de cada diseño, así como información sobre los tipos de aplicaciones para los que resultan adecuados y útiles. Adicionalmente, pueden emplearse otros tipos de diseño según el objetivo específico del muestreo.

##### VI.1.1.1 MUESTREO SELECTIVO O CRÍTICO

El muestreo selectivo o crítico consiste en la selección de ubicaciones de muestreo basándose en el criterio profesional, sin ningún tipo de aleatorización. Este muestreo es útil cuando existe conocimiento histórico y físico fiable, sobre un sistema de baja complejidad o de pequeña escala.

Una de las decisiones principales en el diseño del muestreo consiste en determinar si se aplicará un enfoque crítico (basado en el juicio profesional) o un enfoque estadístico (basado en la probabilidad)[43]. Una distinción importante entre los dos tipos de diseños es que los diseños de muestreo estadístico suelen ser necesarios cuando es preciso cuantificar el nivel de confianza, mientras que los diseños de muestreo crítico suelen ser necesarios para cumplir los plazos y las limitaciones presupuestarias[44].

Con el fin de evaluar si se justifica una investigación adicional que incluya un diseño de muestreo probabilístico estadístico.

##### VI.1.1.2 MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

En el muestreo aleatorio simple, las unidades de muestreo (ubicaciones y/o tiempos) se seleccionan mediante números aleatorios, donde todas las combinaciones posibles de unidades tienen igual probabilidad de ser elegidas[45]. Por ejemplo:

Este diseño es óptimo cuando la población es relativamente homogénea; es decir, cuando no se anticipan patrones de contaminación ni zonas críticas (hotspots).

[42] United States Environmental Protection Agency. (2002). Guidance For Choosing A Sampling Design For Environmental Data Collection
[43] EPA (1998). Quality Assurance Guidance for Conducting Brownfields Site Assessments
[44] Adaptado de EPA. (2002). Guidance For Choosing A Sampling Design For Environmental Data Collection.
[45] Adaptado de EPA. (2002). Guidance For Choosing A Sampling Design For Environmental Data Collection.

### VI.1.1.3. MUESTREO ESTRATIFICADO

En el muestreo estratificado, la población objetivo se divide en estratos que se consideren homogéneas en relación con el ambiental o el objeto de estudio, para el cual se puede considerar:

- Proximidad espacial o temporal de las unidades,
- Información previa sobre el sitio,
- Experiencia profesional.

Esto hace que las unidades de muestreo dentro de un mismo estrato tengan menos variación entre sí que las unidades de estratos diferentes

### VI.1.1.4. MUESTREO SISTEMÁTICO O EN CUADRÍCULA

El muestreo sistemático, también conocido como muestreo en cuadrícula o muestreo regular, proporciona una cobertura uniforme y facilita la identificación de patrones espaciales o temporales. Este enfoque consiste en recolectar muestras siguiendo un patrón predefinido, ya sea en un área geográfica (espacial) o a intervalos regulares en el tiempo (temporal)[46].

### VI.1.1.5. MUESTREO DE CONJUNTOS CLASIFICADOS

El muestreo por conjuntos clasificados combina el muestreo aleatorio simple con la experiencia del profesional. Este enfoque mejora la representatividad de las muestras al abarcar un rango amplio de valores (bajos, medios y altos), lo que permite mejores estimaciones de la media y mayor precisión en pruebas estadísticas, como las de cumplimiento con estándares[47].

Este método es especialmente útil cuando:

- Los análisis de laboratorio son costosos.
- La experiencia del profesional o las mediciones in situ pueden estimar con precisión las diferencias entre puntos.
- Se busca una mayor precisión con un presupuesto limitado, en comparación con el muestreo aleatorio simple.

El muestreo por conjuntos clasificados optimiza recursos, mejora la calidad de las estimaciones y es más eficaz cuando se dispone de buenos indicadores visuales o tecnológicos para evaluar la contaminación antes del análisis de laboratorio.

### VI.1.1.6. MUESTREO ADAPTATIVO POR CONGLOMERADOS

En el muestreo adaptativo por conglomerados, se seleccionan inicialmente “n” muestras mediante muestreo aleatorio simple. Cuando alguna medición supera un valor umbral predeterminado, se toman muestras adicionales en ubicaciones adyacentes. Este proceso puede requerir varias rondas sucesivas de muestreo y análisis.

### VI.2 VOLUMEN DE MUESTRA[48]

Antes de comenzar el muestreo, se debe determinar el tipo y número de análisis y pruebas, calcular el volumen requerido de sedimento por muestra.

Cada prueba fisicoquímica y biológica requiere una cantidad específica de sedimento, para los análisis químicos, depende de los límites de detección alcanzables y la eficiencia de extracción del procedimiento y, para las pruebas biológicas, depende de los organismos de prueba y el método de prueba. Los requisitos típicos de volumen de sedimentos para cada uso final se resumen en la Tabla 3.

Al determinar los volúmenes de muestra necesarios, se debe saber lo que se requiere para todos los análisis de muestra (considerando una replicación adecuada) y también es útil conocer las características generales de los sedimentos que se están muestreando. Por ejemplo, si se van a realizar análisis de agua intersticial o pruebas de elutriado, el porcentaje de agua (o porcentaje de peso seco) del sedimento afecta en gran medida la cantidad de agua extraída. Muchos sedimentos depositacionales no compactados tienen contenidos de agua intersticial que oscilan entre el 30 y el 70%. Sin embargo, las aguas intersticiales son muy difíciles de eliminar de los sedimentos arenosos o ricos en grava.

***Tabla N° 3:*** *Requisitos típicos de volumen de sedimentos para varios análisis por muestra*

| Análisis de Sedimentos | Volumen Mínimo de Muestra |
|---|---|
| Productos químicos inorgánicos | 90 ml |
| Productos químicos orgánicos no derivados del petróleo | 230 ml |
| Otros parámetros químicos (p. ej., carbono orgánico total, contenido de humedad) | 300 ml |
| Tamaño de partícula | 230 ml |
| Hidrocarburos de petróleo[1] | 250-1000 ml |
| Ensayos de toxicidad aguda y crónica en sedimentos enteros[2] | 1-2 L |
| Pruebas de bioacumulación[3] | 15 L |
| Evaluaciones de macroinvertebrados bentónicos | 8-16 L |

[46] Adaptado de EPA. (2002). Guidance For Choosing A Sampling Design For Environmental Data Collection.
[47] Adaptado de EPA. (2002). Guidance For Choosing A Sampling Design For Environmental Data Collection.
[48] EPA de EE.UU. 2001. Métodos de Recolección, Almacenamiento y Manipulación de Sedimentos para Análisis Químicos y Toxicológicos: Manual Técnico. EPA 823-B-01-002. Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., Oficina del Agua, Washington, DC.

| Análisis de Sedimentos | Volumen Mínimo de Muestra |
|---|---|
| Extracción de agua de poro | 2 L |
| Preparación de elutriado | 1 L |
| Análisis microbiológico | 300 ml |

**Nota:**
(1) El volumen máximo (1000 ml) se requiere solo para análisis de aceite y grasa; de lo contrario, 250 ml es suficiente.
(2) Cantidad necesaria por prueba de sedimento completo (es decir, una especie) suponiendo 8 réplicas por muestra y volúmenes de prueba especificados en USEPA, 2000d.
(3) Basado en una media de 3 L de sedimento por cámara de ensayo y 5 réplicas.

### VI.3. PROFUNDIDAD DE MUESTREO DE SEDIMENTOS[49]

El muestreo de sedimentos generalmente se dirige a la capa superior del sedimento porque indica el material recientemente depositado y el estado de la contaminación actual. Además, las capas superiores del sedimento forman el hábitat de los organismos bentónicos y la protección de los ecosistemas es el objetivo principal de todo muestreo. Estas capas superiores son el resultado neto de la deposición de material particulado de la columna de agua (sedimentación) y la mezcla física (por ejemplo, por corrientes, olas) y biológica (bioturbación), que está restringida en la mayoría de las áreas a los 5-10 cm superiores. Los sedimentos son fuentes de alimento y están sujetos a interacciones dinámicas con la columna de agua debido a la re suspensión.

El criterio principal para elegir la profundidad correcta de muestreo de sedimentos (el espesor de la capa de sedimentos muestreada) en un cuerpo de agua es el conocimiento de la tasa de deposición del sitio de muestreo. En teoría, cuanto menor es la tasa de deposición, más delgada es la capa que se puede muestrear. En situaciones con sedimentación constante y sedimentos no perturbados, como algunos lagos oligotróficos, la capa superior del sedimento contiene información más reciente y se pueden muestrear capas superiores más delgadas (de 0,5 a 1 cm de profundidad).

Por otro lado, para la toma de muestra de sedimentos en zócalo continental es necesario conocer las condiciones físicas y químicas de los sedimentos en forma previa a las actividades de cada proyecto; con ello, se establece la línea base.

### VI.4. PORCENTAJE DE SÓLIDOS

Los muestreadores deben asegurar que el peso y/o volumen recogido sea lo suficiente para que el laboratorio pueda realizar sus ensayos. Las muestras deben contener los sedimentos que se introducen en una bolsa plásticas de cierre hermético, botando el agua excedente o un frasco de vidrio de boca ancha. La muestra debe tener un peso aproximado o mayor de 500 gr, y ocupar la bolsa o recipiente hasta un máximo del 90%, a fin de dejar espacio para la expansión de la muestra (10 %) por el congelamiento del agua debido a la humedad de la muestra.

### VI.5 FRACCIÓN DE SEDIMENTOS A ANALIZAR[50]

- Los sedimentos consisten en una amplia gama de partículas, que van desde las arcillas muy finas (< 2 mm) hasta las piedras de varios mm de tamaño. Su superficie a menudo está cubierta por materia orgánica que actúa como un sitio de unión para muchos contaminantes y otros compuestos. Cuanto más pequeña es la partícula, mayor es el área de superficie relativa, lo que significa que la mayor parte de muchas sustancias peligrosas está contenida en las fracciones de sedimento más finas, que también son la principal fuente de alimento para la Biota.

- El material fino (inorgánico y orgánico) y los contaminantes asociados se depositan especialmente en áreas de baja energía hidrodinámica, mientras que, en áreas de mayor energía, el material particulado fino se mezcla con partículas de sedimento más gruesas, que generalmente tienen una capacidad mucho menor para unir contaminantes. Este efecto de dilución que surge de la presencia de material más grueso causa concentraciones de contaminantes más bajas y variables en el sedimento total resultante.

- Cuando se analiza el sedimento completo (es decir, una fracción de <2 mm) para estudios de distribución espacial, los mapas resultantes pueden dar un reflejo directo de la distribución de contaminantes solo si los sedimentos tienen una composición a granel homogénea (por ejemplo, son todo lodo o arena) en todo el estudio. Sin embargo, en áreas con distribuciones de tamaño de grano variable, un mapa de concentraciones de contaminantes, está estrechamente relacionado con la distribución de sedimentos de grano fino, y cualquier efecto de otras fuentes de contaminantes, por ejemplo, fuentes antropogénicas, está al menos parcialmente oscurecido por el tamaño de grano. Si las muestras utilizadas para un estudio espacial consisten predominantemente en material fino (>80 % de finos), la influencia de la distribución del tamaño de grano es de menor importancia y puede ignorarse evitando la necesidad de procedimientos de tamizado.

### VI.6. TAMIZADO[51]

- Los sedimentos están formados por una amplia gama de partículas, que van desde arcillas muy finas (<2 mm ) hasta guijarros y piedras gruesos de varios mm de tamaño. Su superficie suele estar recubierta de materia orgánica, que actúa como lugar de unión de muchos contaminantes y otros compuestos.

- El tamaño del grano es uno de los factores más importantes que controlan la distribución de los componentes naturales y antropogénicos en los sedimentos, junto con el contenido de materia orgánica y otros.

- En ese sentido, es esencial normalizar los efectos del tamaño de grano para proporcionar una base para comparaciones significativas de la presencia de sustancias en sedimentos con distribución y textura de tamaño de grano variable dentro de áreas individuales, entre áreas o a lo largo del tiempo.

49 European Union. (2010). Guidance on chemical monitoring of sediment and Biota under the Water Framework Directive. (2010). European Communities.
50 Documento de orientación N° 25- Sobre Monitoreo Químico de Sedimentos y Biota Bajo la Directiva Marco del Agua. (2000/60/CE) – UROPEAN COMMISION (Pág. 25)
51 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

- La selección de la fracción granulométrica considerada como "fracción fina" utilizada para el análisis depende del objetivo general del análisis de sedimentos; debe reflejar la distribución del analito particular en función del tamaño de las partículas del sedimento.

- En conclusión, no es recomendable tamizar la muestra de sedimentos. El procedimiento recomendado para la corrección de los efectos del tamaño de grano en los sedimentos es la recolección de la fracción de sedimento <63 µm.

**VI.7. REPRESENTATIVIDAD DE LA MUESTRA**

El muestreo estratificado aleatorio[52] es la mejor recomendación. En cualquier caso, las consideraciones estadísticas deben constituir la base de las decisiones relativas al número de muestras que deben tomarse.

**a.** **La matriz de muestreo**[53]: Un primer aspecto importante es la representatividad de la matriz de muestreo en relación con la carga de contaminantes y la exposición en el sitio de monitoreo estudiado. Por lo tanto, es esencial describir muy claramente lo que representan las matrices de muestreo sugeridas en términos de carga o exposición de contaminantes. Además de factores como la disponibilidad, los costos de muestreo, etc., sería útil proporcionar información adicional sobre, por ejemplo, factores de concentración, tasas de bioacumulación, capacidad metabólica y, para la Biota, tasas de excreción. Las concentraciones son mucho más altas en el sedimento de grano fino que en la arena o en fracciones más gruesas.

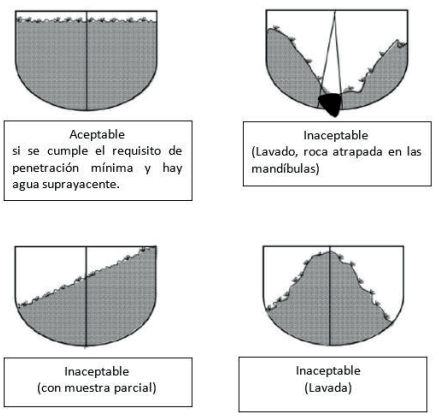
**b.** **Representatividad espacial**[54]: Cualquier consejo firme, desde un punto de vista estadístico, necesita estimaciones sobre la heterogeneidad espacial. En el caso de los estudios espaciales, los objetivos deben especificarse claramente (por ejemplo, tendencias espaciales, diferencias entre regiones, diferencias entre cuencas, etc.) y ser cuantitativos.

**VI.8. ACEPTABILIDAD DE LA MUESTRA**

Solo los sedimentos que se recogen correctamente con dispositivos de toma de muestras o de núcleo deben utilizarse para las pruebas fisicoquímicas, biológicas o de toxicidad posteriores. La aceptabilidad de las cucharas se puede determinar observando que los muestreadores estaban cerrados cuando se recuperaron, están relativamente llenos de sedimentos (pero no sobrellenados) y no parecen haber perdido finos superficiales. Las muestras de núcleo son aceptables si el núcleo se insertó verticalmente en el sedimento y se tomaron muestras a una profundidad adecuada.

Una muestra de sedimento debe inspeccionarse tan pronto como esté asegurada. Si una muestra recolectada no cumple con alguna de las condiciones de aceptabilidad enumeradas a continuación para el dispositivo de muestreo respectivo, es posible que sea necesario rechazar la muestra y recolectar otra muestra en el sitio. La ubicación de los intentos consecutivos debe estar lo más cerca posible del intento original y ubicada en la dirección "aguas arriba" de cualquier corriente existente. Las muestras de sedimentos rechazadas deben desecharse de manera que no afecten las muestras posteriores en esa estación u otras posibles estaciones de muestreo. En la Figura 5, se proporcionan ilustraciones de muestras tomadas al azar aceptables e inaceptables.

***Figura N° 4:*** *Ilustraciones de muestras tomadas al azar aceptables e inaceptables.*




**Condición aceptable:** ocurre cuando la toma de muestra se ha dado sin incertidumbres, interferencias ni errores en la recogida del sedimento con el instrumento elegido y se ha obtenido la cantidad y/o volumen programado.

**Condición inaceptable:** ocurre cuando se han dado interferencias en la recogida del sedimento, por ejemplo, presencia de algún cuerpo extraño que no permite el cierre de las mandíbulas de la cuchara o cuando la recogida del sedimento es incompleta en cantidad y /o volumen o cuando ha sido lavada la muestra reduciendo la cantidad de la misma.

**VI.9. CONSIDERACIONES PREVIAS EN CAMPO**

Antes de realizar la toma de muestras de sedimentos, se debe revisar que los equipos y materiales se encuentren operativos y en buen estado; para ello, se debe limpiar y secar todas las herramientas que tendrán contacto directo con el sedimento (palas, barrenos, tubos muestreadores, tubos muestreadores, espátulas, otros).

Los equipos y materiales también deben ser revisados por el personal de almacén antes de su salida a campo, así como por el profesional que lo recibe y el encargado del muestreo.

52 EPA. (2002). Guidance for Data Quality Assessment: Practical Methods for Data Analysis.
53 European Union, 2010. "Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive
54 Methods for collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA 2001.

Luego de identificado el punto de muestreo, se debe georreferenciar el punto utilizando el GPS calibrado y el sistema UTM WGS 84 e indicando la zona, altura y precisión. Debe registrarse los puntos de referencia más resaltantes, tales como recodos de ríos, peñascos, puentes, quebradas, parajes, caseríos cercanos, así como otras referencias que faciliten su ubicación posterior. Se considera que dicha información debe consignarse en la libreta de campo y en la ficha del punto de muestreo.

Se sugiere realizar como mínimo tres fotografías: Una fotografía panorámica de la zona de muestreo con la pizarra donde se pueda apreciar las características de la zona o alrededores, una fotografía durante el muestreo y una fotografía donde aparezca la muestra con la pizarra que contiene los datos de campo (ubicación de las coordenadas UTM, registro de la fecha y hora).

El Anexo III del presente Protocolo detalla el llenado de la pizarra acrílica o su equivalente en cada punto de muestreo.

Antes de realizar la toma de muestras, se debe rotular y etiquetar los envases con la información detallada en el Anexo II del presente Protocolo (Etiquetas de Muestreo).

## VII PARÁMETROS, MATERIALES, EQUIPOS DE MUESTREO, MEDIDAS DE SEGURIDAD, LIMPIEZA Y DESCONTAMINACIÓN

### VII.1. PARÁMETROS PARA SEDIMENTOS EN CUERPOS DE AGUA LÓTICOS Y LÉNTICOS

Los parámetros en un monitoreo de calidad de sedimentos están directamente vinculados al objetivo y propósito del plan de muestreo; no obstante, se pueden considerar los siguientes parámetros:

- Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos).
- Hidrocarburos Fracción Ligera, Hidrocarburos Fracción Media, Hidrocarburos Fracción Pesada.
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles (COSV's).
- Metales Pesados y Metaloides.
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, (por sus siglas en inglés PAH).
- Bifenilos Policlorados, por sus siglas en inglés PCB (PolyChlorinated Biphenyls).
- Otros según la actividad que se desarrolla en el ámbito de estudio.

### VII.2. PARÁMETROS PARA SEDIMENTOS EN ECOSISTEMAS MARINO-COSTERO Y ESTUARIOS

Para ecosistemas marino costero y estuarios, los parámetros recomendados son:

- Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) o BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos).
- Hidrocarburos Fracción Ligera, Hidrocarburos Fracción Media e Hidrocarburos Fracción Pesada.
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles COSV's y Plaguicidas.
- Demanda de Oxígeno en Sedimentos (DOS o SOD por sus siglas en inglés).
- Metales Pesados y Metaloides.
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH por sus siglas en inglés).
- Bifenilos Policlorados (PCB, por sus siglas en inglés).
- Invertebrados Bentónicos.
- Muestreo Bacteriológico (Coliformes totales, Coliformes Termotolerantes y Escherichia coli).
- Muestreo de Protozoos (Protozoos patógenos, Cryptosporidium y Giardia o Cryptosporidium quistes).
- Muestreo de macrófitos.
- Otros según la actividad que se desarrolla en el ámbito de estudio.

Al respecto, los parámetros[55] considerados en el muestreo de sedimentos en cuerpos hídricos loticos, lenticos y marino costeros están en función a los objetivos del muestreo, calidad de los datos y de los requisitos del nivel de detección.

Adicional a los parámetros señalados, incluir los parámetros de campo.

El número de parámetros puede variar dependiendo del tipo de actividad económica desarrollada o en desarrollo, ya sea extractiva, de producción o de servicios.

### VII.3. MATERIALES DE MUESTREO

Para el desarrollo del muestreo de calidad de sedimentos, es necesario que se cuente con los materiales y equipos calibrados con anticipación, soluciones preservantes, entre otros, los cuales se indican a continuación:

- Cuerda (nylon que no se retuerza).
- Recipiente de acero inoxidable o vidrio.
- Cucharas, palas y/o cortadoras de acero inoxidable.
- Cinta rotuladora.
- Bolígrafo impermeable.
- Bloc de notas.
- Etiquetas para muestras.
- Mapa hidrográfico que muestra los sitios de muestreo.
- Recipientes de muestras de sedimentos a prueba de fugas (por ejemplo, frascos de vidrio de boca ancha, tapas revestidas de Teflón; el material de los recipientes dependerá del análisis).
- Neveras con bolsas de hielo o bolsas de agua caliente, según la temporada.
- Bolsas plásticas de cierre hermético.
- Un paquete de jeringas desechables.
- Unidad GPS.
- Sonda de profundidad.
- Cinta métrica.
- Cámara fotográfica.
- Guantes desechables de látex o polietileno sin polvo, guantes largos de goma.

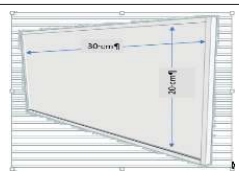
[55] OHIO-Environmental Protection Agency (OHIO-EPA), Lazarus Government Center. 2001. Sediment sampling guide and methodologies. 2 nd Edition.

- Equipo para procedimientos de limpieza / descontaminación de campo (ver Sección VII.6 del presente Protocolo).
- Equipo de seguridad (ver Sección VII.5 del presente Protocolo).
- Contenedores de residuos para productos químicos usados.
- Pizarra acrílica de 30 X20 cm.
- Hojas de solicitud de análisis de laboratorio y formularios de cadena de custodia.

Para el desarrollo del monitoreo de calidad de sedimentos, es necesario que se cuente con los materiales siguientes:

**Tabla N° 4:** Materiales

| | |
|---|---|
| Mapa de ubicación del área de estudio |  |
| Cámara fotográfica (buena resolución) |  |
| GPS (Calibrado y certificado) |  |
| Balde de plástico. |  |
| Espátula de acero inoxidable |  |
| Cernidor plástico |  |
| Guantes de nitrilo |  |
| Pala Manual:<br>De acero inoxidable |  |
| Frascos de vidrio |  |
| Nevera |  |
| Piseta con agua destilada |  |
| Bolsa plástica de cierre hermético |  |
| Rotulador |  |

| | |
|---|---|
| Ice Pack |  |
| Preservantes químicos o Viales |  |
| Pizarra acrílica |  |
| Cinta adhesiva |  |
| Cinta métrica o regla graduada |  |
| Etiquetas autoadhesivas |  |
| Libreta de campo |  |

**Fuente:** Profonanpe. (2021).

**VII.4. EQUIPOS PARA MONITOREO DE CALIDAD DE SEDIMENTOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

**VIII.4.1. PRINCIPALES EQUIPOS PARA MONITOREO DE CALIDAD DE SEDIMENTOS**

En el desarrollo del monitoreo de sedimentos existen otros factores determinantes en la selección de los equipos apropiados, como son:

- Naturaleza del sedimento a colectar (granulación: arcilla / limo / arena).
- Profundidad de la columna de agua por encima del sedimento.
- Cantidad de sedimento requerido para complementar la totalidad de los análisis a efectuar.
- La magnitud del área del lecho que se desea caracterizar.
- Condiciones hidrológicas reinantes en la zona de muestreo (ejemplo: zona de altas corrientes en ríos, o zonas calmadas como en lagunas).
- Posibilidades de operar desde botes, puentes o por vadeo.
- Disponibilidad de equipos auxiliares para operar los equipos muestreadores de tamaño y peso significativo (aparejos, winches, manuales o con motor).

Otros criterios a considerar están referidos a los objetivos cualitativos / cuantitativos del estudio a efectuar en los sedimentos que se extraen:

- Es importante que el equipo a utilizar no genere perturbaciones en el lecho durante su descenso para la toma de la muestra.
- Es relevante la pérdida de los finos de la muestra de sedimentos extraída que suele acontecer cuando el equipo es llevado nuevamente a la superficie, atravesando la columna de agua (lavado del material originalmente colectado).
- Es pertinente la eficiencia de los muestreadores cuando se pretende colectar sedimentos representativos de diferente textura (ejemplo: tamaño de partículas, grado de compactación, áreas con raíces / pedregoso).
- Es relevante el aporte contaminante que el equipo muestreador empleado pueda generar a la muestra de sedimento colectada, cuando desean analizar compuestos específicos (ejemplo: metales, compuestos orgánicos y organismos bentónicos).

Para el monitoreo de sedimentos, los equipos y materiales a utilizar dependen del objetivo de la evaluación y las características del sedimento. En este apartado, se desarrollan las características de los distintos muestreadores que se pueden utilizar para el monitoreo de calidad de sedimentos.

**Muestreador de sedimentos Beeker:**

Es un equipo utilizado para muestrear sedimentos, también conocido como muestreador Beeker, es ideal para obtener muestras intactas de fondos subacuáticos. Las muestras se toman en un tubo transparente, con lo cual se mantiene

la estratificación del material, de manera que permite efectuar una descripción clara del perfil. El conjunto estándar es adecuado para el uso en aguas de hasta 5 m de profundidad. Sin embargo, en algunos casos es posible tomar muestras a más profundidad utilizando los alargamientos adicionales. Una de las ventajas de este muestreador es la toma de muestras de fondos subacuáticos; asimismo, se puede describir claramente el perfil del fondo.

Las ventajas del muestreador de sedimentos Beeker, son las siguientes:

- No puede perderse la muestra en ningún caso.
- El cabezal de corte se puede cerrar con aire a presión.
- El pistón asegura una longitud perfecta de la muestra de perforación.
- Se puede golpear para muestrear todo tipo de sedimentos.
- Para longitudes de muestreo de hasta 150 cm.
- Transparente: La descripción de perfiles más sencilla.
- Estructura de acero inoxidable libre de contaminantes.
- El juego B permite 10 cm de transferencia de submuestra.

**Muestreador de Sedimentos Draga Ekman:**

Muestreador de acero inoxidable diseñado para ser usado en sedimento blando libre de residuos o vegetación. Las muestras se pueden tomar de las capas superficiales y las mandíbulas de carga, mediante un dispositivo de muelles, que evitan la pérdida de material siempre que no haya pequeñas piedras o tallos que impidan el cierre.

Gracias a una apertura en la parte superior se puede observar la muestra antes de que esta sea recuperada. Este muestreador de 3.5 litros se completa con una cuerda sintética para alcanzar profundidades de hasta 30 metros.

Las características son:

- Uso en sedimentos blandos.
- Dos delgadas mandíbulas (con bisagras) están abiertas mientras sumergimos la draga para dejar pasar el agua.
- Las mandíbulas se cierran mediante mensajero.
- Disposición de mandíbulas solapadas para evitar la pérdida de muestra.
- Fabricada en acero inoxidable.
- Equipada con sistema de mensajero, para poder trabajar a cualquier profundidad.

**Muestreador de Sedimentos Draga Van Veen:**

Este modelo es una de las dragas más utilizadas en estudios bentónicos costeros, especialmente por su sencillez y no necesitar grandes equipamientos en el barco donde se vaya a utilizar.

Está compuesta por dos cubetas de muestreo sujetas a dos brazos largos que actúan a modo de palanca y facilitan el cierre de la draga. Así, mientras que este tipo de draga se ha utilizado ampliamente en estudios de la macrofauna bentónica, no se recomienda para su uso sobre sustratos gruesos. En sustratos más blandos, es decir, con un menor componente de grava, sus características de funcionamiento, principalmente debido a la mayor palanca que realizan sus brazos, es probablemente la mejor opción en relación al coste-beneficio que proporciona.[56]

**Muestreador de Sedimentos Draga Tijera para Fondos Blandos:**

La draga de tijeras para fondos blandos o de muestreo de fondo es una herramienta especializada para la recolección de muestras de sedimentos en cuerpos de agua como ríos, lagos y embalses. Diseñada para facilitar el estudio de materiales depositados en el lecho acuático, esta draga permite obtener muestras representativas de fondo de forma rápida, eficiente y segura.

Está compuesta con materiales resistentes a la corrosión y al uso en ambientes acuáticos, cuenta con un sistema de apertura y cierre confiable que asegura la captura efectiva del sedimento. Su diseño robusto permite su uso tanto en labores de investigación ambiental como en estudios de calidad de sedimentos, agua, e impacto ecológico o monitoreo de contaminación.

**Muestreador de Sedimentos Box Corer**

Es un muestreador de sedimentos sencillo y muy utilizado para muestreo geológico marino y de sedimentos blandos en lagos u océanos, disponible en diferentes tamaños. Están diseñados para minimizar la perturbación de la superficie del sedimento, lo cual es importante para muestreo de sedimentos, de agua, procesos geoquímicos e investigaciones cuantitativas de fauna bentónica.[57]

Se despliega desde una embarcación mediante grúa-puente con un cable de alta mar, adecuándose a cualquier profundidad de agua. La caja de muestreo de acero inoxidable puede contener un bloque de sedimento superficial con una perturbación mínima. Una vez recuperado el sedimento a bordo, la caja de sedimentos puede desmontarse del bastidor y llevarse a un laboratorio para su submuestreo y posterior análisis.[58]

El tamaño de la muestra depende de la velocidad a la que se introduce el muestreador en el fondo marino. Cuando el fondo es firme, se requiere una mayor velocidad para obtener una muestra completa. Generalmente, se utiliza un sensor de profundidad u otro indicador de profundidad para determinar cuándo la caja está completamente llena de sedimento.[59]

---

[56] Instituto Español de Oceanografía (IEO). Recuperado el 10 de junio del 2025, de https://www.ieo.es/es_ES/web/baleares/equipamiento?p_p_id=ieolistadosestructuramain_WAR_IEOListadoContenidosPorEstructuraportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_ieolistadosestructuramain_WAR_IEOListadoContenidosPorEstructuraportlet_journalId=4463957&_ieolistadosestructuramain_WAR_IEOListadoContenidosPorEstructuraportlet_mode=detail

[57] Nautiluis Oceanica. Box Corer. Recuperado de: https://www.nautilusoceanica.com/producto/box-corer-muestreo-sedimento/

[58] Gobierno de España - Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Muestreo de sedimentos con Box Corer. Recuperado de: https://www.csic.es/es/investigacion/catalogo-de-servicios-cientifico-tecnico/servicios/muestreo-de-sedimentos-con-box-corer

[59] Woods Hole Oceanographic Institution. Box Corer. Recuperado de: https://www.whoi.edu/what-we-do/explore/instruments/instruments-sensors-samplers/box-corer/

Presenta las siguientes ventajas:

- Mínima alteración de los sedimentos
- Fácil de usar
- Mayor volumen de muestra
- Permite muestrear agua suprayacente con sedimento

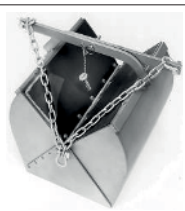
Y la siguiente desventaja:

- Es pesado para transportar e instalar

Los equipos de muestreo deben estar diseñados de tal manera que no provoquen, en lo posible, alteraciones en las capas superiores del sedimento y minimicen la pérdida del material de poca densidad allí existente, dado que durante el proceso de extracción de la muestra este suele escurrirse del equipo colector, alterando la representatividad de la muestra.

A continuación, se muestran los equipos y dragas que se recomiendan tomar en cuenta:

***Tabla N° 5:*** *Equipos de monitoreo*

| | |
|---|---|
| Multiparámetro<br><br>Equipo que permite la medición de diferentes parámetros pH, C.E, entre otros. |  |
| Draga Eckman o Pala tipo draga Ekman<br><br>Para muestreo de comunidades bénticas que habitan en ambientes acuáticos. |  |
| Draga pesada de 6” x 6” para profundidades.<br><br>Para muestreo de fondo con dimensiones de 6” x 6”, área efectiva de muestreo de 36 pulgadas cuadradas. Especiales para aplicaciones de muestreo en aguas profundas. |  |
| Draga pesada de 6” x 6” para superficies.<br><br>Para muestreo de fondo con dimensiones de 6” x 6”, área efectiva de muestreo de 36 pulgadas cuadradas. Especial para muestreo en aguas poco profundas. |  |
| Draga tijera para fondos blandos.<br><br>Draga muestreadora de sedimentos tipo tijera, especial para el uso en fondos blandos de arena o limo, área de muestreo de 67” |  |
| Draga Van Veen 24 Litros<br><br>Esta cuchara toma muestras grandes en fondos blandos. Sus largos brazos de palanca y sus filos de corte afilados en la parte inferior de las palas le permiten cortar profundamente en fondos más suaves. |  |

| | |
|---|---|
| Muestreador Tipo Box Corer<br><br>Se usan para muestreo geológico marino y sedimentos blandos en lagos u océanos. |  |
| Muestreador de sedimentos de núcleo manual Wildco<br><br>Para obtener muestras de testigos de sedimentos del fondo de arroyos, ríos y lagos.<br><br>El muestreador incluye una boquilla Lexan ™ atornillable, un colector de núcleos de plástico tipo cáscara de huevo para mantener la muestra intacta durante la extracción y un tubo de revestimiento de plástico que recibe la muestra y se retira fácilmente del tubo central que sirve como contenedor de almacenamiento de muestras |  |
| Muestreador de sedimentos Beeker - equipo básico y Muestreador de sedimentos Beeker - equipo completo<br><br>Este muestreador de sedimentos, también conocido como muestreador Beeker, es ideal para obtener muestras intactas de fondos subacuáticos.<br>Las muestras se toman en un tubo transparente, con lo cual se mantiene la estratificación del material, cosa que permite efectuar una descripción de perfil clara.<br>El conjunto estándar es adecuado para el uso en aguas de hasta 5 m de profundidad. Sin embargo, en algunos casos es posible tomar muestras a más profundidad utilizando los alargos adicionales. |  |

**Fuente:** Elaboración propia en base a Weather controls SAS.

### VII.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE EQUIPOS PARA MUESTREO DE SEDIMENTOS

Respecto a los equipos de muestreo como tubos de teflón o de vidrio, sistemas de cierre manual, equipos tipo Ekman o draga tipo caja, muestreadores tipo CORE, Dragas tipo Petersen, Dragas tipo Orange Peel / Smith Mc. Intyre, Dragas tipo Elgmork`s.

En la siguiente Tabla N° 5 se detallan las ventajas y desventajas del equipamiento estándar actualmente en uso en el mundo, y su uso recomendado.

***Tabla N° 6:*** *Ventajas y Desventajas de equipos para muestreo de sedimentos*[60]

| Equipo de Muestreo | Uso Recomendado | Ventajas | Desventajas |
|---|---|---|---|
| Tubos de teflón o de vidrio. | Extracción de sedimentos en cursos hídricos de baja profundidad en los que sea factible el vadeo o en aguas más profundas si se dispone de equipos aptos (tipo SCUBA) que los contengan. Opera en depósitos tipo suelo y semi consolidados. | Preservan los estratos y permiten el estudio de la contaminación histórica acontecida en la estación. El muestreo es eficiente y rápido, quedando el material colectado listo para su envío al Laboratorio. El riesgo de contaminación es mínimo y el costo reducido. | El tamaño de las muestras colectadas es pequeño, requiriendo en ocasiones muestreos repetitivos cuando se necesita un volumen grande de muestra para los análisis en Laboratorio. |

[60] Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental "Metodologías Monitoreo de agua y sedimentos en cursos superficiales y de suelos afectados por contaminantes de origen industrial". Argentina.

| Equipo de Muestreo | Uso Recomendado | Ventajas | Desventajas |
|---|---|---|---|
| Sistemas de cierre manual, con cubierta de materiales de vidrio o teflón intercambiables. | Similares aptitudes y uso al enunciado en el caso anterior, excepto que opera mejor en sedimentos bien consolidados. Puede además ser utilizado hasta profundidades mayores (1 a 2 m) mediante soportes y varillas acoplables que aumentan su longitud. | Posee manijas especiales que facilitan la penetración en los sustratos ya enunciados en los que opera el equipo precedente. | Requiere el reemplazo de las carcasas o cubiertas cuando se desea volver a repetir el muestreo.<br><br>Existe un pequeño riesgo de contaminación metálica asociada al estado de mantenimiento de los bordes o cuchillas del cilindro o cubeta que se introduce en el lecho. |
| Equipos tipo Ekman o draga tipo caja, (variante normal y de tamaño grande). Son regularmente operadas mediante sistema de poleas o con barras metálicas. | Aptas para extraer sedimentos blandos / semiblandos. Pueden ser operadas desde botes, puentes y muelles. La de mayor tamaño si opera con barras minimiza la onda o Shock de cierre que perturba el lecho. | Se obtiene mayor cantidad de muestra que cuando se trabaja con los tubos tipo CORE[61]. El material puede ser subdividido luego y trasvasado a otros envases aptos removiendo la tapa. Las pérdidas de material se minimizan con el equipo grande. | No opera con eficiencia en aguas agitadas o donde exista mucha corriente o vegetación arraigada en el lecho. En ocasiones el cierre del sistema es imperfecto ocasionando pérdidas de la muestra. Su material de construcción puede introducir contaminación metálica. Su uso genera disturbios en la distribución del material fino del sedimento en el lecho. |
| Muestreadores tipo CORE[62] de carcasa exterior metálica que contienen en su interior cilíndrico de acrílico o plástico inerte, existen dos tipos:<br><br>que actúan por efecto gravitatorio (Ejemplo: Phleger).<br><br>2- de tipo pistón (Ejemplo: el BMH53). | Se usa en lagos y ríos profundos y en sedimentos semi consolidados.<br><br>Se usa hasta profundidades de 1 a 2 m, si cuenta con barras extensoras, apto para sedimentos blandos y semi consolidados. | Existe poco riesgo de contaminación de las muestras.<br><br>El de tipo pistón provea además mejor retención de la muestra colectada.<br><br>Ambos mantienen la integridad de la muestra y permiten caracterizar el contenido de la capa superficial y los estratos profundos. | Extrae poca cantidad de muestra y las operaciones deben repetirse si se necesita un volumen significativo, el cambio de los tubos interiores y apresto del equipo consume tiempo.<br><br>Existe riesgo de contaminación debido a la barra metálica del pistón, el material colectado se debe trasvasar de inmediato. |
| Dragas tipo Petersen. | Puede operar en lagos profundos, ríos de caudales altos y/o correntosos y estuarios. Apto para todo tipo de sustratos, en especial para extraer limos o sedimentos finos. Posee una estructura simple, fuerte y resistente para su utilización. | Penetra fácilmente en todo tipo de lechos, obteniendo una discreta cantidad de muestra. Debe evitarse el cierre prematuro del equipo y operarse adecuadamente a ese fin. | Su elevado peso dificulta su maniobrabilidad, pueden requerirse equipos auxiliares (guinches) No permiten la subdivisión al no tener una tapa adecuada a ese fin y posee las desventajas ya enunciadas para las Eckman y Ponar. |
| Dragas tipo Orange Peel / Smith Mc. Intyre. | Puede operar en lagos profundos (1500 m), ríos y estuarios. Apto para todo tipo de sustratos. Aunque pierde algo de los finos durante el muestreo. | Puede operarse aún en malas condiciones atmosféricas, genera cierta onda de choque al cerrarse; que minimiza una pantalla protectora que posee. | Su tamaño, peso y preparación dificultan su maniobrabilidad. No es recomendable para sedimentos de espesor inferior a 7 cm. |
| Dragas tipo Elgmork`s. | Puede trabajar en cuerpos de agua de todo tipo, pero no es apta para extraer sedimentos duros. | Su estructura permite una eficiente y rápida colecta de sedimentos blandos en especial, la muestra es fácilmente removida del equipo. | No puede operar en sedimentos muy consolidados. |

### VII.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Es de vital importancia que el personal profesional y/o técnico responsable del monitoreo, cuente con las medidas y/o requisitos de seguridad correspondientes, entre las cuales destacan:

***Tabla N° 7:*** *Equipos de Protección Personal - EPP*

| | |
|---|---|
| Seguros de riesgos laborales |  |

61 Núcleo.
62 Núcleo.

| | |
|---|---|
| Respirador contra gases |  |
| Chalecos salvavidas |  |
| Ropa de protección |  |
| Botas de protección |  |
| Gafas de protección |  |
| Guantes de látex |  |
| Casco de seguridad |  |
| Línea de vida (arnés de seguridad) |  |
| Bloqueadores solar y repelente para mosquitos |  |

**Fuente:** Profonanpe, (2021).

Para las actividades en campo se recomienda contar con los permisos y/o autorizaciones correspondientes. Asimismo, el uso de naves y tripulación debe efectuarse en cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las normas vigentes, de corresponder.

### VII.6. LIMPIEZA Y DESCONTAMINACIÓN

Limpie todo el equipo de muestreo que vaya a utilizar con un detergente de laboratorio y enjuáguelo tres veces con agua destilada de laboratorio. Envuélvalo en papel de aluminio o plástico resistente limpio para mantenerlo libre de polvo.

Si se van a tomar muestras de sustancias orgánicas, limpie el equipo con un disolvente orgánico (como hexano de laboratorio) y envuélvalo en papel de aluminio. El hexano es preferible para el análisis de hidrocarburos de petróleo.

Una vez descontaminado, el equipo solo debe ser manipulado con guantes limpios para prevenir contaminación cruzada o recontaminación.

## VIII. MUESTREO DE SEDIMENTOS EN CUERPOS HÍDRICOS LÉNTICOS, LÓTICOS Y MARINO-COSTERO

A continuación, se detallan los propósitos, consideraciones generales, equipos y procedimientos asociados al muestreo de sedimentos en cuerpos hídricos lénticos, lóticos y marino-costero, considerando sus particularidades.

### VIII.1. TOMA DE MUESTRA EN CUERPOS HÍDRICOS LÉNTICOS

La toma de muestras de sedimentos en ***lagos y lagunas*** se realiza en lugares accesibles. Se toma como referencia un punto fijo que perdure en el tiempo (árboles mayores de tres metros, peñascos, otros).

En la pizarra colocar el código del punto de monitoreo debidamente georreferenciado, fecha de la muestra, hora, coordenadas y altura del punto de monitoreo.

El especialista debe usar guantes de látex y debe seleccionar el frasco de acuerdo con el parámetro que se desea monitorear. Asimismo, debe tener a la mano las etiquetas auto adhesivas para facilitar la maniobra y tomar fotografía del acto de muestreo donde aparezca la pizarra con los datos.

Todas las muestras se toman con el apoyo de una embarcación, muelle o plataforma de muestreo, siempre y cuando las condiciones lo permitan, entendiendo que estas “condiciones” pueden ser de diversa índole, como meteorológicas, climatológicas o de seguridad, entre otras.

#### VIII.1.1. PROPÓSITO

Recolectar muestras representativas de sedimentos superficiales presentes en los lagos o lagunas, para evaluar su calidad ambiental, para lo cual se emplea instrumentos especializados adaptados a estos ambientes.

#### VIII.1.2. CONSIDERACIONES GENERALES

- Las muestras deben tomarse, desde el sitio menos contaminado hasta el sitio más contaminado, el cual se puede considerar a partir de datos históricos, condiciones del sitio, uso de la tierra, conocimiento profesional, entre otros.
- El muestreo de agua debe realizarse antes del muestreo de sedimentos para evitar la perturbación de las aguas suprayacentes por la técnica de muestreo de sedimentos.
- El muestreo mediante dragado se usa si no hay suficiente sedimento para usar un muestreador de sedimentos de núcleo, entre otras razones (p. ej., la necesidad de definir la calidad del sedimento en relación con los invertebrados bénticos).
- Si las mordazas de la draga no están cerradas correctamente cuando se recupera la draga, deseche la muestra y vuelva a muestrear.
- Consulte el literal c de la Sección VII. 6 del presente Protocolo para conocer los procedimientos de limpieza y descontaminación del equipo de muestreo.
- Consulte la Sección VII.5 para obtener una descripción general de las consideraciones/requisitos de seguridad.

#### VIII.1.3. EQUIPOS PARA CUERPOS HÍDRICOS LÉNTICOS

- Barreno
- Cernidor con malla 2 mm
- Muestreador de fondo y/o dragado – Ejemplo, Muestreador de cuchara Ponar o Ekman, Tijera para fondos blandos, Van Veen, muestreador Beeker, otros.
- Cuerda (nylon no retorcido).
- Recipiente de acero inoxidable o vidrio.
- Cucharas, palas y/o rebanadoras de acero inoxidable o Teflón/plástico.
- Cinta de rotular, bolígrafo resistente al agua y bloc de notas.
- Mapa hidrográfico que muestra los sitios de muestreo.
- Contenedores de muestras de sedimentos a prueba de fugas (p. ej., frascos de vidrio de boca ancha, tapas revestidas de Teflón; el material de los contenedores dependerá del análisis).
- Contenedor térmico con bolsas de hielo o botellas de agua caliente, según la temporada.
- Bolsas plásticas de cierre hermético, un paquete de jeringas desechables o cuentagotas.
- Hojas de solicitud de análisis de laboratorio y formularios de cadena de custodia.
- Unidad GPS, sonda, cinta métrica y cámara.
- Guantes desechables de látex o polietileno sin empolvar, así como guantes largos de goma.
- Equipos para procedimientos de limpieza/descontaminación de campo (ver Sección VII.6).
- Equipo de seguridad (ver Sección VII.5).
- Contenedores de residuos para productos químicos usados.

#### VIII.1.4. PROCEDIMIENTO

Para el caso de sedimentos provenientes de lagos y lagunas, se debe tomar en consideración la tasa de sedimentación, lugar de acumulación y la profundidad del cuerpo hídrico léntico.

1. Delimitar el área de muestreo eliminando cualquier material extraño, desecho o escombro, teniendo en consideración de no contaminar la muestra.

2. La muestra se toma directamente de la matriz y se preserva conforme a los parámetros referenciales de la normativa ambiental internacional. Asimismo, se debe considerar que la preservación o conservación depende del o los parámetros(s) a analizar.

3. Etiquetar los recipientes de muestra con la identificación del sitio, el tipo de muestra, el método de muestreo, la identificación del muestreador y la fecha de recolección.

4. Anotar la siguiente información del sitio/muestreo en la hoja/libro de campo durante el proceso de muestreo: ubicación objetiva y real del muestreo (GPS); fecha y hora de la toma de muestras; profundidad del agua suprayacente (m); las condiciones climáticas; personal de muestreo; cualquier desviación del procedimiento de muestreo de campo, crecimiento de macrófitos.

5. Asegúrese de que las mandíbulas de la draga se abran y cierren correctamente.

6. Bloquee las mordazas de la draga en la posición abierta y bájelas de manera controlada hasta el fondo del lago. No permita que el muestreador "caiga libremente". El muestreador debe estar en contacto con el sustrato o colocado justo encima de él.

7. Deje caer el mensajero (en caso corresponda) y levante lentamente el muestreador del fondo para evitar la pérdida de sedimentos finos y luego levante la draga hasta la superficie del agua.

8. La profundidad de penetración real alcanzable depende de la naturaleza del sedimento y del dispositivo de muestreo utilizado. La profundidad de penetración mínima es de 6 a 8 cm para muestras de sedimentos superficiales, pero es preferible de 10 a 15 cm de profundidad. Estas profundidades garantizan una alteración mínima de los 2 a 5 cm superiores de sedimento que se extraen de la muestra manual y se envían para análisis fisicoquímicos.

9. Tome nota de las siguientes mediciones/observaciones de sedimentos (cuando corresponda): profundidad de penetración del agarre; profundidad submuestreada; tipo de material (tipo de sedimento, color, condición de humedad, densidad y tamaño de grano), estructura biológica (p. ej., moluscos bivalvos, grandes tubos, Biota, macrófitos); desechos (p. ej., astillas de madera, plantas u otras fibras); signos evidentes de anoxia (p. ej., capas negras); grado de perturbación de la muestra; olor evidente o brillo aceitoso; y, otras características inusuales.

10. Saque el agua de la superficie de la muestra al azar con una jeringa, pero si el agua está turbia, deje que se asiente primero (utilice una jeringa nueva para cada sitio). Retire los 2-5 cm superiores de sedimento con un instrumento de acero inoxidable o Teflón y transfiéralo a una bandeja/tazón de acero inoxidable/plástico. Evite los sedimentos en los bordes de la muestra manual (tocando la muestra manual).

11. Si se requiere más sedimento para obtener el volumen requerido para el análisis, se deben recolectar más muestras al azar del mismo sitio en sedimento no perturbado, es decir que no haya sido alterado física y/o químicamente. El volumen de sedimento a enviar al laboratorio analítico depende de los objetivos del estudio, los parámetros a analizar y el laboratorio analítico. La bandeja/recipiente de muestra compuesto debe estar cubierto mientras se recolectan las muestras al azar. Debe anotarse el número de muestras tomadas al azar.

12. Lave la draga en el lago. Enjuague el balde y los cucharones antes y después de cada sitio con agua del lago. Si toma muestras de compuestos orgánicos, realice un enjuague con hexano/acetona y recolecte los desechos en un frasco para transportarlos de regreso al laboratorio. El papel de aluminio utilizado para cubrir la cubeta también debe enjuagarse con hexano/acetona (consulte el ítem VI.3 para conocer los procedimientos de descontaminación detallados).

13. Una vez que se haya recolectado suficiente sedimento, revuelva (homogeneicé) la muestra compuesta durante 30 segundos, luego transfiérala a los recipientes pre etiquetados apropiados con un instrumento de acero inoxidable o Teflón.

14. Almacene y transporte las muestras en un refrigerador cerrado a 4°C y no permita que se congelen a menos que estén destinadas a ser almacenadas congeladas. Coloque cada recipiente de muestra en dos bolsas de plástico o de cierre hermético (doble bolsa) en caso de fuga.

15. Si las muestras no van a congelarse y almacenarse a 4°C hasta el análisis posterior, los recipientes de muestras deben llenarse hasta el borde sin espacio libre para reducir la exposición al oxígeno. Esto es particularmente importante si se van a medir parámetros volátiles.

16. Si las muestras se van a congelar, se debe dejar un espacio libre de aproximadamente el 10% del volumen del frasco en recipientes de vidrio, para acomodar la expansión de la muestra cuando se congela. Verifique con el laboratorio analítico antes del muestreo para confirmar los requisitos de almacenamiento de muestras para los análisis solicitados. Las muestras almacenadas a 4°C en la oscuridad generalmente solo se pueden almacenar durante días o semanas antes del análisis, excepto para el análisis del tamaño de partículas (tamaño de grano), que se puede almacenar hasta por 6 meses. Las muestras se pueden congelar y archivar durante períodos de tiempo más largos, pero se debe tener en cuenta que las muestras destinadas al análisis del tamaño de partículas no se deben congelar[63].

17. Luego de extraída la muestra se toma una fotografía donde se incluya la pizarra acrílica con todos los datos del punto de muestreo.

En el caso de no usar draga, recolectar los sedimentos en los puntos asignados utilizando una pala de acero inoxidable o barreno manual (sumergiendo y aplicando torsión para obtener muestras representativas). Asegurar homogeneidad mediante cuarteo si es necesario. Las muestras deben tener peso/tamaño uniforme, estar libres de materias extrañas (madera, plástico, etc.) y, en caso de contaminación evidente, descartarlas. Si hay exceso de rocas/vegetación, tamizar con malla de 2 mm; si contienen agua, dejar sedimentar y decantar el excedente. Llenar los frascos correspondientes según los análisis requeridos (químicos, geoquímicos, orgánicos/inorgánicos).

[63] Environment Canada (2004) y USEPA (2002) almacenamiento y archivo de muestras.

### VIII.2. TOMA DE MUESTRA EN CUERPOS HÍDRICOS LÓTICOS

La toma de muestras de sedimentos en ***ríos y quebradas*** se realiza en lugares accesibles. Se debe tomar como referencia un punto fijo que perdure en el tiempo (árboles mayores de tres metros, peñascos, otros).

En la pizarra colocar el código del punto de monitoreo debidamente georreferenciado, fecha de la muestra, hora, coordenadas y altura del punto de monitoreo.

El especialista debe usar guantes de látex y seleccionar el frasco de acuerdo con el parámetro que se desea monitorear. Se debe tener a la mano las etiquetas auto adhesivas para facilitar la maniobra y tomar fotografía del acto de muestreo donde aparezca la pizarra con los datos.

Todas las muestras se toman en una embarcación, muelle o plataforma de muestreo, siempre y cuando las condiciones del sitio lo permitan, entendiendo que estas "condiciones" pueden ser de diversa índole, como meteorológicas, climatológicas o de seguridad, entre otras.

Para ello se debe tener en cuenta:

- Delimitar el área de muestreo eliminando cualquier material extraño, desecho o escombro, teniendo en consideración de no contaminar la muestra.
- Recoger el sedimento en los puntos de monitoreo dentro del área asignada, utilizando una pala de acero inoxidable y aplicar el método del cuarteo, de ser necesario, para tomar muestras homogéneas. Luego, llenar los frascos para muestras químicas, geoquímicas, inorgánicas y orgánicas a evaluar.
- Todas las muestras deben tener el mismo peso o tamaño y estar exentas de materias extrañas evidentes (p.ej. trozos de madera, chatarra, piezas de plástico); caso contrario, es aconsejable descartar la muestra y tomar una nueva.
- También se puede utilizar el barreno o muestreador de sedimentos manual. Para ello hay que sumergir el barreno en el punto que se desea muestrear, y aplicar el torniquete a fin de obtener la muestra representativa.
- Levantar lentamente el barreno o la pala que contiene la muestra, teniendo cuidado de no desperdiciarla. Si la muestra contiene demasiados elementos rocosos y/o vegetación debe pasarse por un cernidor con malla 2 mm, a fin de obtener la granulometría más adecuada. Si contiene agua se debe esperar a que el sedimento se asiente y luego verter el agua excedente.
- Luego de extraída la muestra se toma una fotografía donde se incluya la pizarra acrílica con todos los datos del punto de muestreo.

Cuando se realiza el muestreo en ríos, quebradas y/o tributarios se debe tener especial precaución con crecidas y los riesgos asociados a descargas, así como la velocidad del cauce. Las muestras deben ser recolectadas conforme la finalidad del muestreo, abarcando las zonas de mayor y menor profundidad.

- **Muestreo Compuesto de Sedimentos en Ríos y Quebradas**

Otro tipo de muestreo es el muestreo compuesto de sedimentos, el cual consiste en la mezcla de toma de muestras simples, convenientemente seleccionadas de los cuerpos de aguas superficiales como ríos y quebradas, motivo de evaluación

#### VIII.2.1. PROPÓSITO

Obtener muestras compuestas de sedimentos superficiales para evaluar la calidad reciente de los sedimentos en ríos y quebradas, que generalmente se recolectan de las áreas de depósito mediante dragas tipo Ponar o Ekman.

En los sistemas lóticos, los sedimentos se mezclan y redistribuyen con frecuencia dependiendo de la fuerza del flujo de agua y la frecuencia de los eventos de inundaciones/caudales altos. Por lo tanto, la calidad de los sedimentos solo puede evaluarse en zonas de depósito dentro de los cursos de agua[64].

Todas las muestras se toman con el apoyo de una embarcación, muelle o plataforma de muestreo, siempre y cuando las condiciones lo permitan, entendiendo que estas "condiciones" pueden ser de diversa índole, como meteorológicas, climatológicas o de seguridad, entre otras.

#### VIII.2.2. CONSIDERACIONES GENERALES

- Las muestras deben tomarse desde el sitio menos contaminado hasta el sitio más contaminado (el grado de contaminación se puede estimar a partir de datos históricos, condiciones del sitio, uso de la tierra, conocimiento profesional, etc.).
- El muestreo de agua debe realizarse antes del muestreo de sedimentos para evitar la perturbación de las aguas suprayacentes por la técnica de muestreo de sedimentos o debe realizarse directamente aguas arriba del lugar de muestreo de sedimentos.
- Si las mordazas de la draga no están cerradas correctamente cuando se recupera la draga, deseche la muestra y vuelva a muestrear.
- Consulte el literal c de la Sección VII.6 del presente Protocolo para conocer los procedimientos de limpieza y descontaminación del equipo de muestreo.
- Consulte la Sección VII.5 del presente Protocolo para obtener una descripción general de las consideraciones/ requisitos de seguridad.

#### VIII.2.3. EQUIPOS PARA CUERPOS HÍDRICOS LÓTICOS

- Muestreador de fondo y/o dragado – Ejemplo, Muestreador de cuchara Ponar o Ekman, Tijera para fondos blandos, Van Veen, muestreador Beeker, otros.
- Cuerda (nylon no retorcido).
- Recipiente o balde de acero inoxidable o vidrio.
- Cucharas, palas y/o rebanadoras de acero inoxidable o Teflón/plástico.
- Cinta de rotular, bolígrafo resistente al agua, bloc de notas y papel de aluminio.
- Mapa hidrográfico que muestra los sitios de muestreo.
- Contenedores de muestras de sedimentos a prueba de fugas (p. ej., frascos de vidrio de boca ancha, tapas revestidas de Teflón).

[64] Composite Sediment Grab Sampling – Acuatic Ecosystems Field Sampling Protocols - Alberta Environment

- Hojas de solicitud de análisis de laboratorio y formularios de cadena de custodia.
- Bolsas plásticas de cierre hermético, para muestras, contenedor térmico y bolsas de hielo o botellas de agua caliente, según la temporada.
- Unidad GPS, sonda, cinta métrica y cámara.
- Pack de jeringas desechables o cuentagotas.
- Guantes desechables de látex o polietileno sin empolvar, así como guantes largos de goma.
- Equipos para procedimientos de limpieza/descontaminación de campo (ver Sección VII.6).
- Equipo de seguridad (ver Sección VII.5).
- Contenedores de residuos para productos químicos usados.

**VIII.2.4. PROCEDIMIENTO**

1. Asegúrese de que todo el equipo se limpie para rastrear los estándares orgánicos (Ver sección VII.5 del presente Protocolo).

2. Discutir la selección del sitio y los requisitos de sedimentos con el coordinador o líder del grupo.

3. Etiquete los recipientes de muestra con la identificación del sitio, el tipo de muestra, el método de muestreo, la identificación del muestreador y la fecha de recolección. Tome una o varias fotografías del sitio/tramo (aguas arriba y aguas abajo).

4. Anotar la siguiente información del sitio/muestreo en la hoja/libro de campo durante el proceso de muestreo: ubicación objetiva y real del muestreo (GPS); fecha y hora de la toma de muestras; profundidad del agua suprayacente (m); condiciones climáticas ambientales; profundidad de penetración del agarre, profundidad muestreada; personal de muestreo; así como, cualquier desviación del procedimiento de muestreo de campo

5. Asegúrese de que las mandíbulas de la draga se abran y cierren correctamente.

6. Bloquee las mordazas de la draga en la posición abierta y bájelas de manera controlada hasta el fondo del lago. No permita que el muestreador “caiga libremente”. El muestreador debe estar en contacto con el sustrato o colocado justo encima de él. Despliegue un mensajero en aguas profundas (>2 m) o use un palo adjunto o una mano para disparar el mecanismo de mordaza.

7. Lentamente levante el muestreador del fondo para evitar la pérdida de sedimentos finos y luego levante la draga hasta la superficie del agua.

8. La muestra se considera aceptable si se ha logrado la profundidad de penetración deseada; y el muestreador se cerró por completo y no se insertó en ángulo ni se inclinó al recuperarlo. Si la muestra no cumple con estos criterios la muestra debe volver a tomarse cerca del lugar de muestreo original. La muestra rechazada debe descartarse de tal manera que no afecte los esfuerzos de muestreo posteriores.

9. La profundidad de penetración real alcanzable depende de la naturaleza del sedimento y del dispositivo de muestreo utilizado. Se recomienda una profundidad de penetración mínima de 6 a 8 cm para muestras de sedimentos superficiales, siendo la preferida de 10 a 15 cm. Estas profundidades garantizan una alteración mínima de los 2 a 5 cm superiores de sedimento que se extraen de la muestra manual y se envían para análisis fisicoquímicos.

10. Tome nota de las siguientes mediciones/observaciones de sedimentos (cuando corresponda): profundidad de penetración del agarre; profundidad submuestreada; tipo de material (tipo de suelo, color, condición de humedad, densidad y tamaño de grano), estructura biológica (p. ej., conchas, grandes tubos, Biota, macrófitos); escombros (por ejemplo, astillas de madera, plantas u otras fibras); signos evidentes de anoxia (p. ej., capas negras); grado de alteración de la muestra; olor evidente o brillo aceitoso; y, otras características inusuales.

11. Extraer la muestra de agua de la superficie de la muestra con una jeringa. Si el agua está turbia, deje que se asiente primero (utilice una jeringa nueva para cada sitio). Retire los 2-5 cm superiores de sedimento con un instrumento de acero inoxidable o Teflón y transfiéralo a una bandeja/tazón de acero inoxidable. Evite los sedimentos en los bordes de la muestra manual (tocando la muestra manual).

12. Si se requiere más sedimento para obtener el volumen requerido para el análisis, se deben tomar más muestras al azar del mismo sitio en sedimento no perturbado, es decir que no haya sido alterado física y/o químicamente. El volumen de sedimento a enviar al laboratorio analítico depende de los objetivos del estudio, los parámetros a analizar y el laboratorio analítico. La bandeja/recipiente de muestra compuesto debe estar cubierto mientras se recolectan las muestras al azar. Debe anotarse el número de muestras tomadas al azar.

13. Lave la draga en el lago. Enjuague balde y cucharones antes y después de cada sitio con agua de río. Si toma muestras de compuestos orgánicos, haga un enjuague con acetona/hexano y recoja los desechos en un frasco para transportarlos de regreso al laboratorio. El papel de aluminio utilizado para cubrir la cubeta también debe enjuagar con acetona/texano.

14. Una vez que se haya recolectado suficiente sedimento, revuelva (homogenice) la muestra compuesta durante 30 segundos, luego transferirla a los recipientes pre etiquetados apropiados con un instrumento de acero inoxidable.

15. Almacene y transporte las muestras en un enfriador cerrado de muestras a 4°C y no permita que se congelen a menos que estén destinadas a ser almacenadas congeladas. Coloque cada recipiente de muestra en dos bolsas de plástico o de cierre hermético (doble bolsa) en caso de fuga.

16. Si las muestras no van a congelarse y almacenarse a 4°C hasta el análisis posterior, los recipientes de muestra deben llenarse hasta el borde sin espacio libre para reducir la exposición al oxígeno. Esto es particularmente importante si se van a medir parámetros volátiles.

17. Si las muestras se van a congelar, se debe dejar un espacio libre de aproximadamente el 10% del volumen del frasco en recipientes de vidrio para acomodar la expansión de la muestra cuando se congela. Verifique con el laboratorio analítico antes del muestreo para confirmar los requisitos de almacenamiento de muestras para los análisis solicitados. Las muestras almacenadas a 4°C en la oscuridad generalmente solo se pueden almacenar durante días o semanas antes del análisis, excepto para el análisis del tamaño de partículas (tamaño de grano), que se puede almacenar hasta por 6 meses. Las muestras se pueden congelar y archivar durante períodos de tiempo más largos. Se debe tener en cuenta que las muestras destinadas al análisis del tamaño de partículas no se deben congelar.

Puede que no sea práctico utilizar un muestreador de cuchara cuando una fina capa de depósito se superpone a sedimentos compactados que son demasiado difíciles de penetrar con una cuchara. En estos casos se puede adoptar el método de "cubo y cuchara".[16]

18. Luego de extraída la muestra se toma una fotografía donde se incluya la pizarra acrílica con todos los datos del punto de muestreo.

**VIII.2.5. EQUIPO PARA CASOS DE SEDIMENTOS COMPACTADOS**

- Balde de acero inoxidable o balde Nalgene.
- Cucharón de acero inoxidable y cuchara coladora o cuchara recubierta de Teflón.
- Papel de aluminio.
- Frascos de vidrio de boca ancha, tapas revestidas de Teflón y limpieza especial para muestras.
- Bolsas plásticas de cierre hermético para muestras.
- Contenedor térmico.
- Hielo/Hielo Seco.

**VIII.2.6. PROCEDIMIENTO PARA CASO DE SEDIMENTOS COMPACTADOS**

1) Asegúrese de que todo el equipo se limpie para rastrear los estándares orgánicos.
2) Discutir la selección del sitio y los requisitos de sedimentos con el coordinador o líder del grupo.
3) Camine a lo largo de un tramo de 50 a 100 m en el sitio, de río abajo a río arriba.
4) Con el cucharón o la cuchara coladora, recoja los 5 cm superiores de sedimento en el agua más profunda posible y transfiéralos a la cubeta.
5) Una vez que se haya recolectado suficiente sedimento, agite la muestra compuesta durante 30 segundos y luego transfiérala a los recipientes pre etiquetados.
6) Mantenga las muestras frescas/congeladas hasta que se almacenen o se envíen para su análisis. Registre la descripción del sitio, las muestras recolectadas, las descripciones de los sedimentos, etc.
7) Luego de extraída la muestra se toma una fotografía donde se incluya la pizarra acrílica con todos los datos del punto de muestreo.

**VIII.3. TOMA DE MUESTRA EN CUERPOS MARINO COSTERO**

**VIII.3.1. PROPÓSITO**

Recolectar muestras representativas de sedimentos superficiales para evaluar su calidad ambiental en zonas marino costeras, empleando dragas especializadas adaptadas a estos ambientes.

**VIII.3.2. CONSIDERACIONES GENERALES**

- Para la selección y ubicación de puntos de muestreo con la finalidad de determinar la calidad en sedimentos marino costeros, se debe considerar el objetivo del muestreo, la presencia de ecosistemas estratégicos y los tensores ambientales. Adicionalmente, se considera la profundidad del punto, el tipo de sustrato a muestrear (arenas, lodos, restos biológicos) y la presencia de corrientes, características que pueden ser condicionantes en el muestreo[65].

- Para determinar la frecuencia y el momento del muestreo es importante tener en cuenta factores como la tasa de sedimentación del área de estudio relacionada con la presencia de descargas de tributarios, el régimen pluviométrico y la presencia de fuentes terrestres de contaminación.

- En sedimentos marinos las mediciones se realizan de manera puntual, las muestras pueden tomarse en el sedimento superficial y a varias profundidades que dependen de los objetivos del plan de muestreo y los criterios descritos en el Sección VI.3. del presente Protocolo.

- Todas las muestras se toman, de ser necesario, con el apoyo de una embarcación, muelle o plataforma de muestreo, siempre y cuando las condiciones lo permitan, entendiendo que estas "condiciones" pueden ser de diversa índole, como meteorológicas, climatológicas o de seguridad, entre otras.

- Existe una gran variedad de instrumentos para el muestreo de sedimentos, tanto comerciales como de elaboración propia. Algunos son de utilización manual y otros están total o parcialmente automatizados. El uso de uno u otro instrumento de muestreo está definido en función de la profundidad del agua donde se realiza el muestreo, espesor de capa de sedimento y la cantidad que se necesite recolectar para realizar las determinaciones.

- La recolección del sedimento se debe realizar después de la toma de las muestras de agua, para evitar la alteración de la columna de agua por la re suspensión del sedimento.

- Para la toma de muestra superficial en playas, manglares o de sedimentos marinos con equipo de buceo, se debe asegurar que el área de toma de muestra se encuentre sin material que pueda alterar la misma, como por ejemplo conchas, ramas, residuos plásticos u otros materiales.

- Para la toma de muestras en área superficial, se debe usar una pala pequeña, tomar la cantidad requerida y considerar las siguientes recomendaciones de acuerdo con los análisis solicitados.

- Para análisis de contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados, grasas y aceites, entre otros), se debe recolectar con pala de acero inoxidable aproximadamente 100 g de sedimento de la capa superficial en un recipiente de vidrio o sobre una película de aluminio. En caso de usar botellas de vidrio, llenar máximo hasta 2/3 partes de la capacidad del recipiente, para permitir la expansión sin rotura durante su congelamiento.

- Para granulometría[66]: recolectar aproximadamente 500 g y colocarlos en una bolsa plásticas de cierre hermético. No congelar la muestra.

---

65 Protocolo de Monitoreo de Agua – Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – Colombia.

66 Canadian Society of Soil Science (2008). *Soil Sampling and Methods of Analysis.* Second Edition.

- Para análisis de metales: recolectar aproximadamente 100 g de muestra con palas de acero inoxidable y depositar en botellas plásticas de boca ancha o en bolsas plásticas de cierre hermético. Todo el material empleado debe ser previamente purgado con $HNO_3$ hasta pH < 2.[67]

- Para análisis microbiológico: las muestras se deben recolectar con una pala estéril y depositar en bolsas resellables o Whirl-pak. Una vez tomada las muestras deben ser analizadas dentro de las dos horas siguientes, en caso de que no se analicen de inmediato se deben mantener bajo refrigeración (2 a 6°C) por un tiempo máximo de 24 horas.

- En el caso de sedimentos de profundidad se recomienda que los muestreos se realizan con dragas Ekman o Van Veen, o con muestreadores de plataforma. Dependiendo de los parámetros solicitados y el volumen de la draga, se deben realizar los lances necesarios para cumplir con las cantidades requeridas por el laboratorio, por lo que sugiere homogeneizar las submuestras antes de repartir para los diferentes parámetros.

El uso de equipos para la recolección de sedimentos se basa en el objetivo requerido para el estudio, garantizando la integridad de la muestra o estructura del perfil sedimentario.

**VIII.3.3. EQUIPOS PARA CUERPOS MARINO COSTERO**

- Muestreador de fondo y/o dragado – Ejemplo, Muestreador de cuchara Ponar o Ekman, Tijera para fondos blandos, Van Veen, muestreador Beeker, Box Corer, otros.
- Cuerda (nylon no retorcido).
- Recipiente de acero inoxidable o vidrio.
- Cucharas, palas y/o rebanadoras de acero inoxidable o Teflón/plástico.
- Cinta de rotular, bolígrafo resistente al agua, bloc de notas y papel de aluminio.
- Mapa hidrográfico que muestra los sitios de muestreo.
- Contenedores de muestras de sedimentos a prueba de fugas (p. ej., frascos de vidrio de boca ancha, tapas revestidas de Teflón; el material de los contenedores dependerá del análisis).
- Contenedor térmico con bolsas de hielo o botellas de agua caliente, según la temporada.
- Bolsas plásticas de cierre hermético, un paquete de jeringas desechables o cuentagotas.
- Hojas de solicitud de análisis de laboratorio y formularios de cadena de custodia.
- Unidad GPS, sonda, cinta métrica y cámara.
- Guantes desechables de látex o polietileno sin empolvar, así como guantes largos de goma.
- Equipos para procedimientos de limpieza/descontaminación de campo (ver Sección VII.6).
- Equipo de seguridad (ver Sección VII.5).
- Contenedores de residuos para productos químicos usados.

Asimismo, tener en consideración lo siguiente:

**- Palas:**

Dependiendo del tipo de muestreo (superficial o profundidad) y parámetros a medir se pueden emplear diferentes tipos de palas. Las palas manuales sirven para la toma de sedimentos superficiales que no tiene un área de muestreo definido y son de bajo costo. Las palas tipo draga como la Ekman y Van Veen tienen un área de muestreo entre 0,01 $m^2$ a 0,2 $m^2$ y son utilizadas para sedimentos de profundidad en ambientes costeros.

**- Muestreador de plataforma**

Los muestreadores de plataforma usualmente tienen un área de muestreo entre 0,025 $m^2$ a 0,25 $m^2$ de la superficie del sedimento. Están construidos de manera que la superficie del sedimento permanezca intacta durante el muestreo y se puedan tomar submuestras del mismo muestreador de plataforma. Los muestreadores de plataforma trabajan eficientemente siempre y cuando las tapas estén bien cerradas herméticamente para izado, permitiendo el flujo libre durante el descenso para reducir la onda de presión en el frente del muestreador. Dentro de los muestreadores más comunes se encuentran al Box Corer.

**- Muestreadores de gravedad**

Los muestreadores de gravedad son ampliamente usados para estudios ambientales, tales como contaminación de sedimentos, biodiversidad y ecotoxicología, entre otros, y se cuenta en una gran variedad de modelos, con diversas longitudes y diámetros de tubos y diferentes mecanismos de cierre. La mayoría de los muestreadores de gravedad tienen equipo de seccionamiento que permite que los núcleos sean seccionados en los intervalos de profundidad deseada (entre capas de 1 a 2 cm), inmediatamente después de realizado el muestreo. De esta manera, se puede analizar la distribución vertical de contaminantes u otros compuestos, obteniendo un panorama histórico de la contaminación. Entre los muestreadores de gravedad se han introducido muestreadores múltiples que tienen de 2 a 12 tubos nucleadores, cada uno con 10 cm de diámetro o más. Esto permite tomar varias muestras paralelas y tener suficiente material.

**VIII.3.4. PROCEDIMIENTO**

1. Trazar un esquema de puntos de muestreo con coordenadas, estratégico, que cubra la mayor cantidad del área a evaluar.

2. Recoger el sedimento en los puntos de monitoreo dentro del área asignada, utilizando un muestreador como una draga (Ekman o Van Veen). Luego, llenar los frascos para muestras químicas, geoquímicas, inorgánicas y orgánicas a evaluar. Considerando las réplicas y submuestras.

3. Todas las muestras deben tener el mismo peso o tamaño y estar exentas de materias extrañas evidentes (p.ej. trozos de madera, chatarra, piezas de plástico); caso contrario, es aconsejable descartar la muestra y tomar una nueva, de ser necesario.

4. Considerando zonas someras o con baja columna de agua (playas, estuarios), también se puede utilizar muestreadores de sedimentos manual. Para ello al igual que en los anteriores casos, el muestreador se utiliza en el punto que se desea muestrear y se obtiene una muestra representativa, con la ventaja que puede evidenciarse a simple vista si el material tiene los elementos extraños mencionados en el punto 3.

5. Luego de extraída la muestra se toma una fotografía donde se incluya la pizarra acrílica con todos los datos del punto de muestreo.

[67] Protocolo de Monitoreo de Agua – Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – Colombia.

Finalmente, para el caso de sedimentos provenientes de zonas marino costeras y/o estuarios, se debe tomar en cuenta que tan lejos esta de la costa el punto de muestreo y el lugar de interés.

De la misma manera en la toma de muestras en cuerpos hídricos lénticos, lóticos y Marino Costero considerar que las muestras deben ser analizadas en laboratorios acreditados ante el INACAL o por alguna entidad miembro de la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios – ILAC o el Acuerdo de Reconocimiento Multilateral de la Cooperación Interamericana en Acreditación – IAAC. Asimismo, deben considerarse las disposiciones establecidas en los Reglamentos de Gestión Ambiental Sectoriales respecto a la realización de los monitoreos ambientales.

**IX PRESERVACIÓN, CADENA DE CUSTODIA, ALMACENAMIENTO, CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA**

**IX.1. PRESERVACIÓN**

Una vez tomada la muestra, deberá agregarse el preservante correspondiente, si el parámetro analizar lo requiere. Este reactivo debe incorporarse inmediatamente después de la recolección; siguiendo las especificaciones detalladas en el anexo V del presente protocolo.

**IX.2. ETIQUETADO Y ROTULADO**

Los frascos que contienen la muestra recién tomada deben ser etiquetados y rotulados, con letra de imprenta y legible, usando marcador de tinta indeleble; luego, cubrir la etiqueta con cinta adhesiva transparente. La etiqueta (ver Anexo II del presente Protocolo) siempre debe tener la siguiente información:

- Lugar del punto de monitoreo (localidad/distrito/provincia/departamento).
- Código de la Muestra.
- Fecha y Hora de la Muestra.
- Tipo de preservante.
- Nombre del Especialista.

**IX.3. CADENA DE CUSTODIA**

La cadena de custodia es el documento que permite garantizar las condiciones de identidad de la muestra tomada desde su origen hasta el ingreso al laboratorio; con ella se realiza el registro, transporte, seguimiento y control de los resultados del análisis de laboratorio[68]. Permite conocer la trazabilidad de la muestra, desde la colecta hasta el ingreso al laboratorio.

El llenado de la cadena de custodia se realiza de manera ordenada empezando con el código de la muestra, tipo de muestra (sedimentos), profundidad, parámetros a evaluar, tipo de frascos, preservante, condiciones de conservación, nombre del especialista del muestreo y otros datos suplementarios importantes (Ver Anexo I del presente Protocolo).

**IX.4. ALMACENAMIENTO**

Las muestras tomadas deben ser almacenadas en cajas térmicas acondicionadas. La capacidad está determinada por el número de muestras que se tomarán y teniendo en cuenta el peso para el transporte en zonas agrestes.

**IX.5 CONSERVACIÓN**

La conservación de las muestras en campo se realiza dentro de las cajas térmicas donde se encuentran los Ice Pack a baja temperatura (de 0 a 4°C), lo cual garantiza que las muestras no se deterioren hasta llegar al laboratorio.

**IX.6. TRANSPORTE DE LA MUESTRA**

Las muestras tomadas luego de ser debidamente conservadas deben ser acondicionadas para el transporte a largas distancias, donde están sometidas a toda clase de eventos. Para ello, es necesario asegurar que no se rompan los frascos de vidrio o se aflojen las tapas, lo cual contaminaría la muestra y el recipiente de transporte.

Por ello, antes del sellado de la caja térmica, es necesario cubrir los frascos con bolsas de poli burbujas de embalaje u otro material de amortiguamiento. Asimismo, las cajas térmicas deben mantener su temperatura a menos de 4°C hasta la llegada al laboratorio.

**IX.7. FINALIZACIÓN DEL MUESTREO**

Al finalizar las actividades de muestreo se debe hacer un inventario de todos los equipos y materiales usados en el monitoreo, procediendo a realizar su limpieza y apagado de equipos para dejarlo en buenas condiciones para su funcionamiento. Tener cuidado en el guardado de electrodos de los equipos de medición y limpieza de carcasas.

**IX.8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

La implementación de un programa de control de calidad de campo, que incluya muestras programadas, es esencial para garantizar la idoneidad del protocolo de recolección de muestras y la integridad de los datos obtenidos. Entre estas se encuentran: réplicas de campo (muestras duplicadas, divisiones, picos de campo), muestras blancas o blancos de campo (equipo de enjuague), muestras blancas o blancos de botella, muestras blancas o blancos viajeros, y las muestras de fondo son fundamentales. Todas las muestras de control de calidad de campo deben manipularse de manera idéntica a las muestras de sedimento y tratarse como muestras ciegas para minimizar el sesgo en el análisis. Además, un tercero debe analizar una porción aleatoria de las muestras para evaluar el desempeño del laboratorio primario.

Las muestras deben ser analizadas en laboratorios acreditados ante el INACAL o por alguna entidad miembro de la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios – ILAC o el Acuerdo de Reconocimiento Multilateral de la Cooperación Interamericana en Acreditación – IAAC. Asimismo, deben considerarse las disposiciones establecidas en los Reglamentos de Gestión Ambiental Sectoriales respecto a la realización de los monitoreos ambientales.

[68] Adaptado de: Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para el Muestreo de Suelos.

## X REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Alberta Environment. (2006). Aquatic Ecosystems Field Sampling Protocols. Gobierno de Alberta
2. Autoridad Nacional del Agua, (2016). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Ministerio de Agricultura, Perú.
3. Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). Norma Técnica Mexicana - NMX-AA-112-SCFI-2017: Análisis de Agua y Sedimentos - Evaluación de Toxicidad Aguda con Vibrio fischeri - Método de Prueba. Secretaria de Economía. Gobierno de México
4. Consejo Nacional de Seguridad, (2007). Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental. España
5. Environmental Protection (Water) Policy (2009). Monitoring and Sampling Manual: Physical and chemical assessment. Australia. Recuperado de: https://www.legislation.qld.gov.au/view/pdf/2016-12-06/sl-2009-0178
6. European Union. (2010). Guidance on chemical monitoring of sediment and Biota under the Water Framework Directive. (2010). European Communities.
7. EPA-823-B-01-002 (2001). Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Manual Técnicol de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
8. Environmental Protection Agency División of Surface Water. (2001). Sediment Sampling Guide and Methodologies State of Ohio.
9. IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gobierno de Colombia.
10. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018). Protocolo de Monitoreo de Aguas. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gobierno de Colombia.
11. Johnson, B., Olivero, J., Guette, J., Baldiris, R., Obyrne, I., et al. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons and their hydroxylated metabolites in fish bile and sediments from coastal waters of Colombia.
12. MINAMBIENTE. (2018). Protocolo para Toma de Muestras de Sedimentos para Análisis de Mercurio y otros Metales. Gobierno de Colombia.
13. Montoya, J. J., & Contreras, C. (2015). Sedimentos. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia
14. Profonanpe. 2021. Proyecto de Protocolo de Monitoreo de Calidad de Sedimentos.
15. U.S. Environmental Protection Agency. (2020). Sediment Sampling. United State.
16. U.S. Environmental Protection Agency. (1997). Modelo para Evaluación de Derrames de Hidrocarburos (HSSM). United State.
17. Universidad de Sevilla. (2015). Estudio de la calidad ambiental de los sedimentos de las bahías de Cádiz y Algeciras mediante un método integrado. España
18. UNESCO-WHO-UNEP. (1992). Water Quality Assesment: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. London England.
19. Unidad Técnica A Coruña y Andalucía. (2020). PETM15 TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS DE MAR. TECNOAMBIENTE. España.


## XI ANEXOS

I. Modelo de Cadena de Custodia de la Muestra
II. Modelo de Etiqueta para Sedimentos
III. Detalle del Llenado de la Pizarra o equivalente en el Punto de Monitoreo
IV. Ficha del Punto de Monitoreo de Sedimentos
V. Requisitos para la Toma de Muestra de Sedimentos y Preservación de las Muestras Post Monitoreo

### ANEXO I. MODELO DE CADENA DE CUSTODIA DE LA MUESTRA

| CADENA DE CUSTODIA DE CALIDAD DE SEDIMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DATOS DEL MUESTREO | | | | | | DATOS DEL CLIENTE | | | | DATOS DE ENVÍO | | | | | | | | | | | |
| Ubicación | | | | | | Nombre o razón social | | | | Enviado por: | | | | | | | | | | | |
| Localidad | | | | | | Dirección | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distrito | | | | | | Persona de Contacto | | | | Fecha: | | | | Hora: | | | | | | | |
| Departamento | | | | | | Teléfono | | | | Medio de Envío | | | | | | | | | | | |
| Tipo de Recurso Hídrico | | | | | | Correo electrónico | | | | Terrestre: ☐ | | | | Aéreo: | | | | | | | |
| Rio ☐ | Laguna ☐ | Lago ☐ | Mar ☐ | Estuario ☐ | | Referencia | | | | Otro: ☐ | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Otro dato de relevancia: | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° Muestra | Cod. del Punto de Monitoreo | Fecha | Hora | Preservante | Envase | | Parámetro Físico Químicos y/o Biológicos | | | | | | | | | | | | | | Observaciones |
| | | | | | P | V | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| OBSERVACIONES GENERALES | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| **Coordinador de Brigada** | **Firma** | **Operador del Muestreo** | **Firma** | **Custodio de la muestra** | **Firma** | **Recepción de Muestra en Laboratorio** | **Firma** |
| | | | | | | | |

P = Plástico
V = Vidrio
**Nota:** formato es referencial y contiene la información mínima de una cadena de custodia.

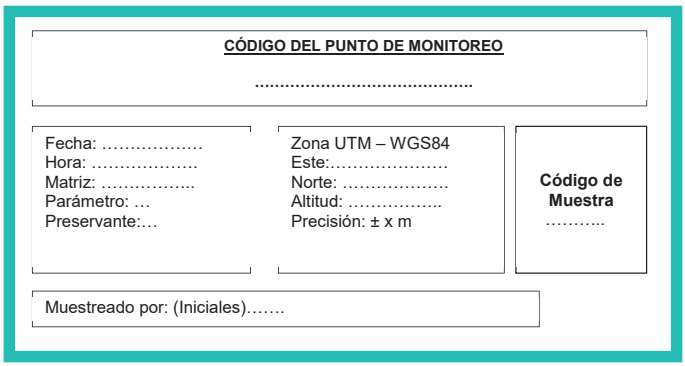
## ANEXO II. MODELO DE ETIQUETA PARA SEDIMENTOS

Las etiquetas se utilizan para identificar la muestra y debe contener los siguientes datos.

| ETIQUETA DE MUESTREO DE SEDIMENTOS | | |
|---|---|---|
| Código Muestra | | |
| Paraje/localidad/distrito | | |
| Recurso Hídrico | | |
| Fecha y Hora | | |
| Ensayo Físico –Químico | | |
| Ensayo Biológico | | |
| Preservantes | | |
| Profundidad | | Peso/volumen: |
| Tipo de Muestreo | Puntual: ☐ | Compuesto: ☐ |
| Observaciones | | |

## ANEXO III. DETALLE DEL LLENADO DE LA PIZARRA O EQUIVALENTE EN EL PUNTO DE MONITOREO

Los datos contenidos en la pizarra serán tomados *in situ*, indicando los siguientes datos según se detalla:




## ANEXO IV. FICHA DEL PUNTO DE MONITOREO DE SEDIMENTOS

| FICHA DE UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO DE SEDIMENTOS | | | |
|---|---|---|---|
| **DATOS GENERALES DEL SITIO DE ESTUDIO** | | | |
| Nombre del Sitio de Estudio | | Dirección del Sitio de Estudio | |
| Titular del sitio de estudio | | Distrito | |
| Uso del recurso hídrico | | Provincia | |
| | | Departamento | |
| **DATOS DEL PUNTO DE MONITOREO** | | | |
| Nombre del Punto de monitoreo | | Profundidad de la muestra | |
| **Coordenadas UTM (WGS84)** | | | |
| Este: | Norte: | Zona UTM: | Altitud: |
| Datos del GPS | Marca: | Modelo: | Precisión: |

| Equipo Usado en la muestra | | | |
|---|---|---|---|
| Descripción: | | | |
| **Descripción de la Superficie Muestreada** | | **Descripción del Recurso Hídrico** | |
| | | Lótico: | |
| | | Lentico: | |
| | | Marino: | |
| **DATOS DE LA MUESTRA DE SEDIMENTO** | | | |
| Código de Muestra | | | |
| Fecha del Muestreo | | | |
| Hora | | | |
| Profundidad de la superficie del Agua | | | |
| Profundidad desde la superficie del Sedimento | | | |
| Características organolépticas | Color: | Olor: | Textura: |
| Compactación/ consistencia | | | |
| % de Humedad | | | |
| Estimación de la fracción >2 mm (malla 200) | | | |
| Cantidad de la muestra | Volumen: | Peso: | |
| Medios de Conservación | Congelador: | Caja térmica (Cooler) | Tecnopor |
| Tipo de Muestra | Simple: | Compuesta | Área de Muestreo: |
| Componentes Antropogénicos: | Descripción: | | |
| **EVIDENCIAS DE LA TOMA DE LA MUESTRA** | | | |
| Fotografía de la toma de muestra: | | Croquis de la toma de muestra: | |
| Datos del coordinador del Grupo de Muestreo:<br><br>Nombre:<br>Especialidad:<br>DNI: | | Datos del operador del muestreo:<br><br>Nombre:<br>Especialidad:<br>DNI: | |
| Firma: | | Firma: | |

## ANEXO V. REQUISITOS PARA LA TOMA DE MUESTRA DE SEDIMENTOS Y PRESERVANTES DE LAS MUESTRAS POSTMONITOREO

| REQUISITOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Determinación del Parámetro** | **Recipiente** | **Volumen Mínimo de Muestra/ Cantidad mínima de muestra** | **Preservante y concentración** | **Tiempo máximo para análisis** |
| Temperatura | P, V, | 1000 ml | No es posible | 15 min |
| pH, | Bolsa plástica | 100 g | - | 30 días |
| Conductividad eléctrica | Bolsa plástica | 100 g | - | 30 días |
| Aceites y Grasas | V, ámbar/oscuro | 200 g | Refrigerar | 28 días |
| Solidos Suspendidos Totales (SST) | Bolsa plástica | 100 g | Refrigerar ≤ 6 ºC | 24 horas |
| Demanda de Oxígeno en Sedimentos (DOS) | Botellas de vidrio Winkler (usar botellas oscuras) | 300 ml | Refrigerar a 4°C | 4 días |
| Orgánicos Volátiles (COVs) - incluye BTEX | Vidrio Ámbar | 2 g - 5 g aprox. | Dos viales pre-pesados de capacidad de 40 ml cada uno:<br>1 vial con 10 mL Metanol;<br>1 vial con 10 mL de agua con bisulfato de sodio al 10%.<br>Refrigerar ≤ 6 ºC.<br>1 vial de 40 mL lleno con muestra para la humedad. | 14 días |
| Hidrocarburos totales (TPH; F1(C5-C10) o (C6-C10) | Vidrio Ámbar | 2 g – 5 g aproximadamente | Dos viales pre-pesados de capacidad de 20 ml cada uno:<br>1 vial con 10 mL Metanol;<br>1 vial con 10 mL de agua con bisulfato de sodio al 10%.<br>Refrigerar ≤ 6 ºC.<br>1 vial de 40 mL lleno con muestra para la humedad | 14 días |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) | Vidrio Ámbar | 100 g - 200 g | Refrigerar ≤ 6 ºC | 14 días |
| Metales pesados y Metaloides | Bolsa plástica | 100 g | - | 6 meses |