

Monitoreo de la calidad del agua

Guía técnica del Módulo 1 · Curso de Monitoreo de la Calidad Ambiental
CENESAM · Centro de Especialización Ambiental

Alcance de esta guía. El procedimiento de muestreo, la preservación, el aforo y el control de calidad son **universales**. Lo que cambia entre países es el marco normativo y, sobre todo, **los valores**. Por eso esta guía **no contiene ninguna tabla de valores límite**: cada cifra se lee en el texto oficial vigente el día en que se emite el informe. Lo que sí encontrarás es el mapa de qué norma abrir en cada país y cómo tomar una muestra que resista una revisión.

1. Las dos normas que nunca deben confundirse

Antes de buscar un valor hay que saber cuál de estas dos preguntas se está respondiendo:

Norma de calidad del cuerpo de agua	Norma de descargas
Fija la condición que debe tener el río, lago o acuífero	Fija lo que puede contener el efluente antes de verterse
Se aplica a la masa de agua receptora	Se aplica al punto de descarga del titular
Sus valores dependen del uso asignado al cuerpo de agua	Sus valores dependen de la actividad que descarga

Comparar un resultado contra la norma equivocada es el error de fondo más frecuente del sector, y es de los que invalidan un informe completo. Solo Ecuador y Bolivia resuelven ambas cosas en un mismo instrumento; el resto de países las separan.

2. El marco normativo, país por país

País	Autoridad	Calidad del cuerpo de agua	Límites de descarga
Perú	MINAM · ANA · OEFA	D.S. N.º 004-2017-MINAM (ECA para Agua)	LMP sectoriales · VMA al alcantarillado: D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA
México	SEMARNAT · CONAGUA · PROFEPA	· Declaratorias de clasificación de · cuerpos de agua (CONAGUA)	NOM-001-SEMARNAT-2021
Colombia	MinAmbiente · ANLA y Decreto 1076 de 2015		Resolución 631 de 2015

CAR

Chile	MMA · SMA · DGA	NCh 1333 (1978, mod. 1987) y D.S. n.º 90/2000 · D.S. n.º 609 al NSCA por cuenca	alcantarillado
Ecuador	MAATE	Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 del Libro VI (TULSMA)	El mismo Anexo 1 — norma única
Brasil	CONAMA · ANA · IBAMA	Resolução CONAMA n.º 357/2005	Resolução CONAMA n.º 430/2011
Argentina	Competencia provincial	Ley 25.688 (presupuestos mínimos, sin clases)	La fija cada provincia
Bolivia	MMaYA	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, D.S. 24176/1995	El mismo Anexo A — norma única
Costa Rica	MINAE · Ministerio de Salud	D.E. n.º 33903-MINAE-S (2007)	D.E. n.º 33601-MINAE-S
Panamá	MiAMBIENTE · DGNTI-MICI	No se localizó clasificación por clases	DGNTI-COPANIT 35-2019

Referencias verificadas en julio de 2026 en sitios oficiales o fuentes institucionales. **Confirma la vigencia antes de citar cualquiera de ellas:** las normas se modifican con más frecuencia de la que se actualiza cualquier material de formación, este incluido.

Un ejemplo de por qué esta guía no imprime cifras: la **NOM-001-SEMARNAT-2021** de México sustituyó la DBO₅ por la DQO, endureció los metales e incorporó color verdadero y toxicidad aguda, con entrada en vigor escalonada entre 2023 y 2026. Cualquier tabla de valores impresa antes quedó obsoleta sin que cambiara el nombre de la norma.

3. Cómo se determina la categoría o clase aplicable

El valor exigible depende de la clase asignada al cuerpo de agua, y esa asignación **no la elige el consultor**:

- La fija la **autoridad** según el uso real del recurso, y suele constar en una resolución o en un instrumento de gestión aprobado.
- Un mismo río puede tener **tramos con clases distintas**: aguas arriba de una captación de agua potable y aguas abajo de ella no se evalúan igual.
- Elegir la clase más cómoda —la que hace que todo cumpla— es una observación segura en supervisión.
- Si la clase no está formalmente asignada, se declara ese vacío en el informe y se justifica el criterio adoptado, en lugar de resolverlo en silencio.

4. Parámetros: los que viajan y los que no

La primera división del monitoreo de agua no es química, es logística: hay parámetros que se determinan en el punto y otros que viajan al laboratorio.

Se miden en campo, in situ	Por qué no viajan
pH	Cambia con la desgasificación de CO ₂ en cuanto se cierra el frasco
Temperatura	Es una propiedad del momento y del punto
Oxígeno disuelto	Se altera con la agitación y el contacto con el aire
Conductividad eléctrica	Se mide in situ por coherencia con el resto de datos de campo
Turbidez	El material en suspensión sedimenta durante el traslado
Caudal	No es una propiedad de la muestra: es del cuerpo de agua en ese instante

Si un parámetro de campo aparece en un informe de ensayo de laboratorio, algo se hizo mal. Y a la inversa: un informe de monitoreo sin parámetros de campo está incompleto, por muy buenos que sean los resultados del laboratorio.

Una distinción que decide el resultado: **metal total y metal disuelto no son el mismo parámetro**. El disuelto exige **filtrar a 0,45 µm en campo** antes de acidificar; si se filtra en el laboratorio días después, el resultado ya no corresponde a lo que había en el río. Varias normas exigen uno u otro según la categoría, así que pedir el que no es obliga a repetir la campaña.

5. Envases, preservación y tiempo de espera

Criterios de la tabla II de **40 CFR 136.3** de la US EPA, que es la referencia internacional más usada. Confirma volúmenes y variantes con tu laboratorio antes de la campaña.

Parámetro	Envase	Preservación	Tiempo máximo
pH, temperatura, conductividad	OD, —	Ninguno: se miden in situ	Inmediato
DBO ₅	Plástico o vidrio	Ninguno · ≤ 6 °C y oscuridad	48 h
DQO	Plástico o vidrio	H ₂ SO ₄ a pH < 2 · ≤ 6 °C	28 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio	Ninguno · ≤ 6 °C	7 días
Aceites y grasas	Vidrio	H ₂ SO ₄ a pH < 2 · ≤ 6 °C · no enjuagar	28 días

el frasco			
Metales totales	Plástico	HNO ₃ a pH < 2	6 meses
Metales disueltos	Plástico	Filtrar 0,45 µm en campo y luego acidificar	6 meses
Mercurio	Vidrio o plástico dedicado	HNO ₃ a pH < 2 · ≤ 6 °C	28 días
Cianuro (WAD / total)	Plástico	NaOH a pH > 12 · ≤ 6 °C, oscuridad	14 días
Sulfuros	Plástico	Zn(O ₂ CCH ₃) ₂ + NaOH · ≤ 6 °C	7 días
Fenoles	Vidrio	H ₂ SO ₄ a pH < 2 · ≤ 6 °C	28 días
Nitratos y nitritos	Plástico	Ninguno · ≤ 6 °C	48 h
Fósforo total	Plástico o vidrio	H ₂ SO ₄ a pH < 2 · ≤ 6 °C	28 días
Coliformes termotolerantes	Estéril	Tiosulfato si hay cloro · < 10 °C	8 h
Compuestos orgánicos volátiles	Vidrio, vial	HCl a pH < 2 · sin espacio de cabeza	14 días

Dos cifras que corrigen bibliografía antigua. La primera: **EPA exige ≤ 6 °C**, valor que sustituye expresamente al «4 °C» de los métodos viejos que aún circulan en manuales y plantillas. La segunda: **la microbiología va a < 10 °C y admite 8 horas**, no 24. Si el traslado al laboratorio es más largo, ese resultado no es defendible por muy bien tomada que esté la muestra.

Tres precauciones que se olvidan con frecuencia: el frasco de **aceites y grasas no se enjuaga** con la muestra —el analito se adhiere a las paredes y el enjuague se lleva parte de lo que se quiere medir—; los **volátiles se llenan sin espacio de cabeza**, porque cualquier burbuja se lleva el analito; y el **mercurio va en frasco dedicado**, sin agrupar con el resto de metales.

6. Diseño de la red y zona de mezcla

La red debe permitir responder tres preguntas: cuál es la condición del cuerpo de agua antes de la actividad, cuál después, y si la diferencia entre ambas es atribuible a ella.

Estación	Dónde se ubica	Qué demuestra
Control	Aguas arriba de la fuente, fuera de su influencia	La condición de referencia del tramo
Influencia	Aguas abajo, fuera de la zona de mezcla	El efecto sobre el cuerpo de agua una vez homogeneizado

Tributarios	En la desembocadura, antes de unirse al cauce principal	Qué aporta cada afluente, para no atribuir a la fuente lo que trae otro
Captaciones y usos	Antes del punto de uso	La calidad que efectivamente recibe el usuario

La zona de mezcla es el detalle técnico que más veces se pasa por alto. Una descarga no se homogeneiza al instante: hay un tramo aguas abajo donde el efluente y el río todavía circulan como dos masas distintas. Muestrear dentro de esa zona da un resultado que no representa ni al efluente ni al cuerpo de agua, y depende por completo de en qué punto de la sección transversal se metió el frasco. La longitud de la zona depende del ancho, la profundidad, la velocidad y la relación de caudales; se estima con esos datos y se confirma con observación de campo, incluida la comparación de conductividad en varios puntos de la sección.

Además, las estaciones que se van a comparar deben ser **equivalentes en hábitat**: tipo de flujo, sustrato y profundidad. Comparar un rápido con un remanso mide la diferencia entre dos ambientes, no el efecto de una descarga.

7. Procedimiento de muestreo, paso a paso

1. **Reconocimiento del punto**: seguridad del personal, accesibilidad, representatividad. Fotografía con la pizarra y registro de coordenadas con la precisión del GPS.
2. **Parámetros de campo primero**, con el equipo verificado ese mismo día, y siempre **aguas arriba** del lugar donde se pisa el cauce.
3. **Aforo de caudal** antes de perturbar el punto.
4. **Llenado de frascos** en el orden correcto: primero los que no admiten agitación —volátiles, oxígeno—, después el resto. Los frascos con preservante **no se enjuagan**.
5. **Etiquetado inmediato**, con la etiqueta escrita antes de guardar el frasco, no al final de la jornada.
6. **Refrigeración inmediata** en cooler con hielo, sin contacto directo del hielo con la etiqueta.
7. **Cadena de custodia** cerrada y firmada antes de salir del punto.

8. Aforo de caudal

Sin caudal no hay carga contaminante ni dilución que calcular, y una concentración sin caudal es un dato a medias: la misma carga produce concentraciones muy distintas según el día.

Método	Cuándo se usa	Qué vigilar
Área-velocidad	El de referencia en cauces naturales	Número suficiente de verticales y que ninguna concentre una fracción excesiva del caudal
Flotador	Estimación rápida cuando no hay correntómetro	Es aproximado: se declara como tal, con su coeficiente
Volumétrico	Caudales pequeños y descargas	Repetir varias veces y promediar

canalizadas

Vertedero o canaleta Estructuras de control instaladas Que se cumplan las condiciones de instalación de la estructura

La sección de aforo debe ser recta, de fondo estable y sin remolinos ni vegetación que distorsione el perfil de velocidades. Un buen aforo en mala sección sigue siendo un mal dato.

9. Agua subterránea

Es otro problema, no una variante del anterior. El objetivo es que la muestra represente al **acuífero**, no al agua estancada dentro del pozo.

Aspecto	Criterio
Purga	Extraer varios volúmenes de la columna, o purgar hasta que los parámetros de campo se estabilicen
Estabilización	Se vigila pH, conductividad, temperatura y turbidez en lecturas sucesivas, con un criterio declarado
Bajo caudal	Técnica preferible: bombeo lento con celda de flujo, para no arrastrar partículas que falsearían los metales
Posición de la bomba	A la altura de la rejilla, sin removerla ni apoyarla en el fondo
Registro obligatorio	Nivel estático, nivel dinámico, profundidad del pozo, caudal de bombeo y volumen purgado

El error más común: muestrear sin purgar, o purgar tan rápido que se arrastra sedimento. En ambos casos el resultado de metales sube por partículas en suspensión, no porque el acuífero esté afectado.

10. Control de calidad en campo

Los blancos y duplicados no son un extra del laboratorio: **viajan declarados en la cadena de custodia como una muestra más**, y cada uno responde a una pregunta distinta.

Muestra de control	Qué es	Qué demuestra
Blanco viajero	Agua ultrapura que acompaña al lote sin abrirse	Que el traslado y el almacenamiento no contaminaron

Blanco campo	de Agua ultrapura expuesta en el punto y envasada allí	Que el ambiente del punto no contaminó la muestra
Blanco equipo	de Agua ultrapura pasada por el equipo y descontaminado	Que la descontaminación entre puntos fue efectiva
Duplicado	Segunda muestra del mismo punto, con código ciego	La reproducibilidad del muestreo y del análisis

Si un blanco sale positivo, los resultados asociados quedan comprometidos: es preferible descubrirlo por el blanco que por una observación de la autoridad.

11. Cadena de custodia y laboratorio acreditado

La cadena de custodia es el documento que **garantiza la identidad de la muestra desde su origen hasta el ingreso al laboratorio**. El formato oficial peruano —Anexo I del D.S. N.º 018-2025-MINAM— declara ser «referencial y con la información mínima»: es un piso, no un techo. Su rasgo más revelador es que separa **cuatro firmas** —coordinador de brigada, operador del muestreo, custodio y recepción en laboratorio—, porque la custodia es una cadena de responsabilidades nominales y cada eslabón firma lo que recibe.

Sobre el laboratorio, tres comprobaciones que hay que hacer **antes** de enviar el lote:

1. **¿Está acreditado?** Registro identificable en el directorio del organismo nacional.
2. **¿Lo estaba en la FECHA del ensayo?** La acreditación tiene periodo de vigencia. Un laboratorio acreditado hoy pudo no estarlo cuando analizó tu muestra.
3. **¿El alcance cubre ESE parámetro en ESTA matriz?** La acreditación se otorga por método, parámetro y matriz; no es global. Es el error más frecuente y el menos visible.

12. Sensores continuos y telemetría

La medición continua resuelve el punto débil del muestreo puntual —que solo retrata el instante de la toma—, pero no sustituye al laboratorio ni a la campaña. Conviene saber qué funciona de verdad en campo:

Qué se mide bien en continuo	Qué exige cuidado
Nivel y caudal , con curva de gasto propia del punto	La curva se recalibra tras cada crecida que modifique la sección
Conductividad y temperatura : robustos y de baja deriva	Aun así, verificación periódica con patrón
pH	El electrodo deriva y se ensucia: es el que más mantenimiento pide
Oxígeno disuelto óptico	Mejor que el de membrana, pero la óptica se ensucia con

biopelícula

Turbidez

Muy sensible a la suciedad del sensor; sin limpieza programada, la serie deriva

Los datos continuos no reemplazan al monitoreo normativo. Sirven para detectar episodios entre campañas, elegir el momento de muestrear y sostener una interpretación; pero la comparación formal contra la norma se hace con muestras tomadas y analizadas según el protocolo. Toda serie continua necesita, además, un plan de **verificación contra medición manual** y un criterio explícito para descartar tramos con el sensor sucio o fuera de calibración — sin eso, la serie acumula deriva y nadie sabe desde cuándo.

13. Seguridad del personal

Ningún dato justifica un accidente, y en monitoreo de agua los riesgos se subestiman con frecuencia:

- **Nunca ingresar solo** a un cauce. La corriente que parece manejable a media pierna arrastra a una persona.
- Evaluar el cauce antes de entrar: profundidad, velocidad, fondo resbaladizo, troncos sumergidos.
- **No muestrear durante o inmediatamente después de una crecida:** además de peligroso, el dato no representa la condición habitual del tramo.
- Chaleco salvavidas siempre que se trabaje desde embarcación o en cauces profundos.
- En aguas residuales o con sospecha de contaminación: guantes, protección ocular y lavado antes de comer o beber.
- En pozos y espacios confinados, aplicar el procedimiento propio de esos espacios; no improvisar.
- Comunicar el itinerario y una hora de retorno prevista a alguien que no esté en campo.

14. El informe

Contenido mínimo para que el trabajo sea reproducible:

- Estaciones georreferenciadas, con descripción del punto y del acceso.
- Fecha, hora y condiciones meteorológicas de cada muestreo.
- **Parámetros de campo y caudal** de cada estación.
- Tabla de resultados con unidades y **límites de cuantificación**.
- Norma de comparación citada con número, año y categoría aplicada.
- Análisis integrado, distinguiendo observación de interpretación.
- Limitaciones y desviaciones de campo.
- Anexos: cadena de custodia, informe de ensayo, acreditación del laboratorio, certificados de calibración, panel fotográfico.

15. Lista de autocontrol antes de firmar

Repasa esta lista con el informe cerrado delante. Cada punto corresponde a una observación real de supervisión.

Comprobación

- ☐ La norma citada incluye **número, año y categoría** aplicada, y se comprobó su vigencia
- ☐ Se comparó contra la norma de **calidad del cuerpo de agua**, no contra la de descargas
- ☐ Cada estación tiene **coordenadas, fecha y hora** de muestreo
- ☐ Constan los **parámetros de campo** de todas las estaciones
- ☐ Consta el **caudal** de cada estación, con el método de aforo empleado
- ☐ La estación aguas abajo está **fuera de la zona de mezcla**, y así se justifica
- ☐ Los resultados traen **unidades y límites de cuantificación**
- ☐ Ningún parámetro relevante quedó reportado como «menor que» un límite superior al valor de comparación
- ☐ Se declaró si los metales son **totales o disueltos**, y coincide con lo que exige la norma
- ☐ Los **blancos** se incluyeron y salieron limpios; si no, se declaró el efecto
- ☐ La **cadena de custodia** está completa y firmada por todos los eslabones
- ☐ El **laboratorio** estaba acreditado para cada parámetro, en esta matriz, en la fecha del ensayo
- ☐ Los equipos de campo tienen **certificado de calibración vigente** en la fecha de medición
- ☐ Las **desviaciones de campo** están declaradas, no omitidas
- ☐ El resumen ejecutivo, los resultados y las conclusiones **dicen lo mismo**
- ☐ Todo número del texto aparece en alguna tabla, y toda tabla tiene su respaldo en anexos
- ☐ Si se usó IA, se revisó **número por número** y la interpretación la firma un profesional

16. Errores que anulan el trabajo

Error	Por qué invalida el resultado
Comparar contra la norma de descargas en vez de la de calidad del cuerpo de agua	Son instrumentos distintos, con valores distintos y sujetos distintos
Elegir la categoría de uso más favorable	La asigna la autoridad según el uso real; es una

	observación segura en supervisión
Muestrear dentro de la zona de mezcla	El resultado no representa ni al efluente ni al cuerpo de agua
Reportar concentraciones sin caudal	Sin caudal no hay carga ni dilución: la comparación entre campañas queda coja
Pedir metal total cuando la norma exige disuelto (o al revés)	Son parámetros distintos y el disuelto exige filtrar en campo: obliga a repetir la campaña
Enjuagar el frasco de aceites y grasas	El enjuague arrastra parte del analito adherido a las paredes
Llenar el vial de volátiles con burbuja	El analito se pierde en el espacio de cabeza
Analizar coliformes pasadas 8 horas	Fuera del tiempo máximo, el resultado no es defendible
Muestrear un pozo sin purgar	Se analiza el agua estancada del pozo, no el acuífero
Purgar con bombeo rápido	Arrastra partículas y eleva falsamente los metales
Omitir los blancos	Sin ellos no se puede descartar contaminación en el traslado o el equipo
Usar un laboratorio sin alcance acreditado para ese parámetro	El resultado es observable aunque el laboratorio esté acreditado para otras cosas
Tomar de una IA el valor de la norma	Puede ser de otro país, de otra categoría o de una versión derogada