

# **MANUAL DE CAMPO INTERINSTITUCIONAL PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA**

**U.S. GEOLOGICAL SURVEY**

Esta traducción en Español no ha estado verificada por un experto de los métodos que habla Español. Si hay algo discutible o dudoso, por favor consulta la versión en Inglés.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<i>OBJETO Y ALCANCE.....</i>	7
<i>RESEÑA Y REVISIÓN DEL MANUAL DE CAMPO.....</i>	7
<i>RECONOCIMIENTOS.....</i>	8
<b>PLANIFICACIÓN DE MUESTREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA.....</b>	<b>8</b>
<i>SELECCIÓN DEL SITIO.....</i>	12
<b>PREPARACIÓN DE MUESTREOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA.....</b>	<b>13</b>
<i>ESTABLECIMIENTO DEL SITIO.....</i>	13
<i>CARPETAS DE CAMPO/MEDICIONES EN EL TERRENO.....</i>	14
<i>Caudal.....</i>	19
<i>Temperatura.....</i>	21
<i>pH.....</i>	22
Método in situ.....	23
Método de submuestreo.....	23
Alcalinidad.....	23
<i>Oxígeno Disuelto.....</i>	26
Instrumento de sonda múltiple.....	26
Método de Titulación de Winkler.....	26
Correcciones a Mediciones de Oxígeno Disuelto Tomadas con Medidores de Oxígeno Disuelto.....	29
<i>Conductancia Específica.....</i>	29
<i>Cloro Residual.....</i>	30
Análisis para Determinar el Cloro Residual.....	30
<i>Bacterias Fecales Indicadoras.....</i>	31
<i>SEGURIDAD.....</i>	36
<i>EQUIPO DE MUESTREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA.....</i>	36
<i>DESCONTAMINACIÓN DEL EQUIPO.....</i>	38
<b>RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA.....</b>	<b>41</b>
<i>MÉTODOS DE MUESTREO.....</i>	41
<i>Técnicas de Manos Limpias/Manos Sucias.....</i>	41
<i>Muestreo de Metal y de Oligoelemento.....</i>	43
<i>Muestreo Tomado al Azar.....</i>	44
<i>Muestreo transversal.....</i>	50
Método de muestreo en vertical simple en el centroide del flujo.....	54
Método de incremento de igual profundidad.....	55
Método de incremento de anchos iguales.....	60
Procesamiento de muestras de corte transversal.....	65
<i>PLANES DE GARANTÍA DE CALIDAD Y DE CONTROL DE CALIDAD.....</i>	66
<b>REFERENCIAS SELECTAS.....</b>	<b>67</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>72</b>

## FIGURAS

1. Diagrama mostrando procedimientos de medición in-situ .....	17
2. Diagrama mostrando procedimientos de medición in-situ de submuestras para conductividad, pH y alcalinidad .....	18
3. Diagrama mostrando la sección transversal de flujo que ilustra el método de sección media para determinar descarga .....	21
4. Fotografías mostrando equipo de muestreo de la calidad del agua .....	37

## TABLAS

1. Objetivos de calidad de datos asociados con objetivos de información de datos para incidencia de componentes .....	9
2. Objetivos de calidad de los datos .....	10
3. Resumen de métodos de muestreo al azar y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo .....	45
4. Resumen de métodos de muestreo transversal integrado en profundidad y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo .....	50

## APÉNDICES

APÉNDICE A Lista de control de carpetas de campo para estaciones de calidad del agua .....	75
APÉNDICE B Lista de equipos de muestreo de calidad del agua .....	76
APÉNDICE C Directrices generales para la selección de equipo en base al material de construcción y al(los) analizando(s) objetivo .....	83
APÉNDICE D Designaciones y características de tomamuestras .....	84
APÉNDICE E Suministros para equipos de limpieza in situ para actividades de muestreo de calidad del agua ....	85
APÉNDICE F Velocidades de tránsito isocinético .....	86

## FACTORES DE CONVERSIÓN, ABREVIATURAS y ACRÓNIMOS

Abreviatura	De	Multiplicar por	A	Abreviatura
<b>Longitud</b>				
in.	pulgadas	2.5	centímetros	cm
ft	pies	30	centímetros	cm
ft	pies	0.3048	metros	m
yd	yardas	0.9	metros	m
mi	millas	1.609	kilómetros	km
<b>Área</b>				
en <sup>2</sup>	pulgadas cuadradas	6.5	centímetros cuadrados	cm <sup>2</sup>
ft <sup>2</sup>	pies cuadrados	0.0929	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
yd <sup>2</sup>	yardas cuadradas	0.8	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
mi <sup>2</sup>	millas cuadradas	2.59	kilómetros cuadrados	km <sup>2</sup>
ac	acres	4,047	metros cuadrados	m <sup>2</sup>
ac	acres	0.4	hectáreas	ha
<b>Vol men</b>				
pt	pintas	0.47	litros	L
qt	cuartos	0.95	litros	L
gal	galones	3.8	litros	L
gal/min	galones por minuto	6.309 x 10 <sup>-5</sup>	metros cúbicos por segundo	m <sup>3</sup> /s
ft <sup>3</sup>	pies cúbicos	0.0283	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
yd <sup>3</sup>	yardas cúbicas	0.76	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
cfs o ft <sup>3</sup> /s	pies cúbicos por segundo	0.0283	metros cúbicos por segundo	m <sup>3</sup> /s

<b>Abreviatura</b>	<b>De</b>	<b>Multiplicar por</b>	<b>A</b>	<b>Abreviatura</b>
cfs o ft <sup>3</sup> /s	pies cúbicos por segundo	0.646	millones de galones por día	Mgal/d
Mgal/d	millones de galones por día	0.0438	metros cúbicos por segundo	m <sup>3</sup> /s
Mgal/d	millones de galones por día	1.547	pies cúbicos por segundo	cfs o ft <sup>3</sup> /s
<b>Temperatura</b>				
°F	grados Fahrenheit	5/9 (°F)-32	grados Celsius	°C
<b>Concentración</b>				
ppm	partes por millón	1	miligramos por litro	mg/L
<b>Longitud</b>				
cm	centímetros	0.4	pulgadas	in.
m	metros	3.281	pies	ft
m	metros	1.1	yardas	yd
km	kilómetros	0.6214	millas	mi
<b>Área</b>				
cm <sup>2</sup>	centímetros cuadrados	0.16	pulgadas cuadradas	in <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	10.76	pies cuadrados	ft <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	1.2	yardas cuadradas	yd <sup>2</sup>
km <sup>2</sup>	kilómetros cuadrados	0.3861	millas cuadradas	mi <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	metros cuadrados	0.0002471	acres	ac
ha	hectáreas (10,000 m <sup>2</sup> )	2.5	acres	ac
<b>Vol men</b>				
mL	mililitros	0.03	onzas fluidas	fl oz
L	litros	2.1	pintas	pt
L	litros	1.06	cuartos	qt
L	litros	0.26	galones	gal
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	35.31	pies cúbicos	ft <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	metros cúbicos	1.3	yardas cúbicas	yd <sup>3</sup>
m <sup>3</sup> /s	metros cúbicos por segundo	35.31	pies cúbicos por segundo	cfs o ft <sup>3</sup> /s
m <sup>3</sup> /s	metros cúbicos por segundo	22.821	millones de galones por día	Mgal/d
<b>Temperatura</b>				
°C	grados Celsius	9/5 (°C)+32	grados Fahrenheit	°F
<b>Concentración</b>				
mg/L	miligramos por litro	1	partes por millón	ppm

### Abreviaturas

ft/s, pies por segundo  
g, gramo  
gal/min, galones por minuto  
g/L, gramo por litro  
in., pulgada  
L/min, litros por minutos  
µg/L, microgramo por litro (equivalente a partes por billón)  
µm, micrómetro  
meg/L, miliequivalente por litro  
mg/L, miligramos por litro (equivalente a partes por millón)  
mL, mililitro  
mm, milímetro  
µS/cm, microsiemens por centímetro  
ppb, partes por millar de millones (equivalente a microgramos por litro)  
ppm, partes por millón (equivalente a miligramos por litro)  
N, normalidad

## Acrónimos

ADEQ, Arizona Department of Environmental Quality (Departamento de Calidad Medioambiental de Arizona)  
ADI, Agua desionizada  
ASTM, American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales)  
BOR, Dirección de Reclamación de EE.UU.  
CFC, clorofluorocarbono  
CAN, capacidad ácido-neutralizante  
CNA, Comisión Nacional del Agua  
COD, carbono orgánico disuelto  
COS, carbono orgánico suspendido  
COT, carbono orgánico total  
CRWQCB, Junta de Control de la Calidad del Agua Regional de California Regional  
DBO, Demanda bioquímica de oxígeno  
DO, Oxígeno disuelto  
DPD, *N,N*-dietil-*p*-fenilenediamina  
FM, filtración por membrana  
FISP, Federal Interagency Sedimentation Project  
GA/CC, garantía de calidad/control de calidad  
GIS, geographic information system  
GPS, global positioning system  
IDI, incremento de descarga igual  
IAL, incremento de anchos iguales  
IBWC, International Boundary and Water Commission (Comisión Internacional sobre Límites y Agua)  
ITFM, Intergovernmental Task Force for Water-Quality Monitoring (Misión Especial de Monitoreo de la Calidad del Agua)  
MSDS, material safety data sheet  
ML/MS, manos limpias/manos sucias  
NMP, número más probable  
NRM, nivel de reporte mínimo  
OCD, objetivo de calidad de datos  
ONG, organizaciones no gubernamentales  
OVC, orgánicas volátiles compuestas  
PAO, phenylarsineoxide  
PCB, bifenilos policlorinados  
PFD, personal flotation device  
PVC, cloruro de polvinilo  
QC, Control de Calidad  
RCP, resucitación cardiopulmonar  
SAF, sulfato de amonio ferroso  
TNRCC, Texas Natural Resource Conservation Commission (Comisión de Conservación de los Recursos Naturales de Texas)  
TPI, titulación del punto de inflexión  
USEPA, U.S. Environmental Protection Agency (Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU.)  
USGS, U.S. Geological Survey  
VCF, vertical en el centroide del flujo

# MANUAL DE CAMPO INTERINSTITUCIONAL PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

*Compilado por Dee L. Lurry<sup>1</sup> y Christine Kolbe<sup>2</sup>*

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la región fronteriza Estados Unidos-México, numerosos organismos federales, estatales y locales; organizaciones no gubernamentales (ONG); e investigadores recogen datos sobre la calidad del agua con diversos fines. La comunidad de entidades dedicadas al estudio del agua utiliza una serie de procedimientos documentados e indocumentados, algunos de los cuales tienen objetivos específicos de calidad de los datos (OCD) y objetivos de información sobre datos. Esta combinación de procedimientos crea incertidumbres en los usuarios de datos con respecto a la validez y la calidad de los mismos. Estas incertidumbres limitan el empleo de los datos por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (USEPA); la Comisión Internacional sobre Límites y Agua (IBWC), Estados Unidos y México; U.S. Geological Survey (USGS); los organismos medioambientales de los Estados; las ONG; y el público, así como sus homólogos en México.

La USEPA, IBWC, USGS, y la Comisión de Conservación de Recursos Naturales de Texas (TNRCC) han estado colaborando para establecer un Consejo de Monitoreo de la Calidad del Agua para el tramo internacional del Río Grande (Río Bravo). Un esfuerzo similar está ocurriendo a lo largo del límite internacional occidental con socios como la Dirección de Reclamación de EE.UU. (BOR), el Departamento de Calidad Medioambiental de Arizona (ADEQ) y la Junta de Control de la Calidad del Agua Regional de California Regional (CRWQCB). En febrero de 1997 los socios acordaron tomar medidas hacia una mayor cooperación, específicamente:

1. revisar el Informe Conjunto de 1977 de los Ingenieros de la IBWC conforme a lo especificado en el Acta No. 289 de la IBWC;
2. implementar un grupo de trabajo para la Misión Especial de Monitoreo de la Calidad del Agua (ITFM) invitando la participación de colaboradores de México;
3. para estudiar y revisar la red de monitoreo existente de cada organismo a los efectos de reducir la duplicación entre los organismos;

<sup>1</sup> U.S. Geological Survey.

<sup>2</sup> Texas National Resource Conservation Commission.

4. desarrollar un manual bilingüe para monitoreo de la calidad del agua que describa varios métodos de campo utilizados para tomar muestras de agua, de biología acuática y de sedimentos y para evaluar el hábitat de las corrientes y selección de métodos en base a los OCD, representatividad y limitaciones;
5. establecer una base de datos común sobre la calidad del agua, de fácil acceso.
6. celebrar programas conjuntos de adiestramiento en monitoreo de la calidad del agua y manejo de datos.

Una parte del cuarto objetivo—desarrollar un manual de campo para métodos de recolección de muestras de agua—se realizará con la publicación de este manual.

### **Objeto y alcance**

El objeto de este manual interinstitucional consiste en documentar/compilar métodos de recolección de muestras de agua (de la columna de agua solamente) que son utilizados comúnmente por varios organismos "participantes" para evaluar la calidad del agua del Río Grande y de sus tributarios. Estos organismos la USEPA-Regiones VI y IX, IBWC, USGS, BOR y los organismos regulatorios del Estado. Este documento tiene como fin proporcionar una evaluación objetiva de los beneficios y limitaciones relacionados con cada método de muestreo para permitir que el coleccionista seleccione el procedimiento de campo que resulte más acertado para las necesidades del organismo respectivo o de DQOs de datos del proyecto individual. Este manual abarca solamente muestreos de columna de agua de aguas ambientales de ríos, arroyos, lagos y embalses. Por otra parte, este manual no intenta reemplazar las directrices detalladas, específicas a cada organismo, o las instrucciones de muestreo proporcionadas por USEPA, IBWC, USGS, BOR o por organismos del Estado para varios proyectos de calidad del agua. Se recomienda a los usuarios de este manual que contacten al personal de calidad del agua de sus organismos para las decisiones finales relacionadas con procedimientos, técnicas y protocolos de muestreos. El desarrollo de nuevas y mejores técnicas in-situ es un proceso continuo. Por lo tanto, es posible que este manual no contenga la información reciente después de su impresión y distribución. El usuario deberá examinar los protocolos de su organismo en caso de dudas.

### **Reseña y revisión del manual de campo**

Este manual interinstitucional ha sido examinado y revisado por los siguientes participantes: Forrest B. John, USEPA-Región VI; Yusuf Farran e Yvette McKenna, IBWC and Lloyd Woosley, USGS. Las revisiones editoriales y técnicas estuvieron a cargo del personal de USGS. Se concedieron revisiones y oportunidades de comentar a la Comisión Nacional del Agua (CNA), a través de la Sección Mexicana de la IBWC. El empleo de nombres o materiales comerciales en este manual no constituye una aceptación del producto o material por ninguno de los organismos participantes.

## **Reconocimientos**

La preparación de este documento fue posible gracias a la USEPA. La información incluida en este manual se basa en los manuales existentes del organismo, varios documentos de consulta y un amplio espectro de pericia de colegas. Los compiladores del manual desean agradecer a la siguientes persona por su contribución: Delores Williams, USGS, preparación del manuscrito y Clarence E. Ranzau, USGS, Fotógrafo.

## **PLANIFICACIÓN DE MUESTREO PARA LA CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua en arroyos y ríos se determina comúnmente mediante análisis químicos y físicos selectos de muestras de agua recolecciones para representar la masa de agua. Entre los factores a considerar al seleccionar un método de muestreo cabe mencionar: (1) la exactitud del muestreo necesaria para representar satisfactoriamente componentes de la calidad del agua de interés para que pueda lograrse el muestreo específico o los objetivos de datos-información, y (2) los costos de métodos de muestreo alternativos.

Los principales métodos de muestreo para determinar la calidad del agua en aguas circulantes pueden clasificarse como (1) muestreo de superficie tomado al azar en el que se recogen muestras en un envase abierto desde un sólo punto en la superficie del agua, o cerca de ésta y (2) muestreos integrados transversalmente, de compuestos de flujo ponderado ("integrados") usando tomamuestras de integradores de profundidad, con boquillas, que se llenan isocinéticamente. El muestreo isocinético significa que no se produce un cambio en la velocidad del flujo cuando el agua ingresa la entrada del muestreador.

Este manual contiene métodos o técnicas de muestreo que pueden seleccionarse en base a varios OCDs como se los define en las tablas 1 y 2. Para este manual, estos OCDs están asociados con objetivos de datos-información vinculados a grupos componentes y donde ocurren en la columna de agua o fase (tabla 1). Los objetivos de datos-información son definidos por el fin de l muestro de la calidad del agua, tal como determinar el cumplimiento con normas de calidad de agua aplicables, identificar tendencias, etcétera. Por ejemplo (con referencia a la tabla 1), si los nutrientes son el grupo componente a examinar o muestrear y el objetivo de datos de información es la detección en bruto (G), entonces la fase muestrada deberá ser W (agua entera, que incluye componentes disueltos, y sedimento suspendido) y (con referencia a la tabla 2) OCD I es la clave para determinar el método de muestreo sugerido. La Tabla 2 define OCD I como detección en bruto en un punto de un río/arroyo/lago/embalse e indica que el muestreo recoja o deba obtener una uestra cualitativa al azar. La Tabla 2 también incluye algunos de los beneficios y las limitaciones de los varios métodos de muestreo calificados por factores tales como costos, potencial de contaminación e inversión adecuada en control de calidad (QC).



**Tabla 1. Objetivos de calidad de datos asociados con objetivos de información de datos para incidencia de componentes**

[D, disuelto; W, agua entera (incluye componentes disueltos y sedimentos suspendidos); TMDL, carga diaria máxima total; SS, total de sedimentos suspendidos, COSV, orgánica compuesta semivolátiles]

Grupo de componentes	Objetivos de datos- información	Fase o incidencia de componente	Objetivo de calidad de los datos (tabla 2)
Principales iones inorgánicos/comunes (incluido el total de sólidos disueltos y la conductancia específica)	PDWS <sup>1</sup> , SWQS <sup>2</sup> Tendencias	D, W	II o IV
Demanda de nutrientes y de oxígeno bioquímico	G <sup>3</sup> , carga (TMDL) Tendencias	W D, W	I II o IV
Oligoelementos y otros elementos menores	PDWS <sup>1</sup> AL <sup>4</sup> HH <sup>5</sup> Carga	W D W o D y SS	II, III, IV, o V III o V IV, V, SS personalizado
COSV	AL <sup>4</sup> , carga, HH <sup>5</sup>	W o SS	V o SS personalizado
Pesticidas solubles	PDWS <sup>1</sup> , AL <sup>4</sup> , HH <sup>5</sup> Carga	D D	III o V V
Bacterias	G <sup>3</sup> PDWS <sup>1</sup> , CR <sup>6</sup>	W W	I II o IV
Parámetros de campo (temperatura, pH, alcalinidad, y oxígeno disuelto)	G <sup>3</sup> SWQS <sup>2</sup> , AL <sup>4</sup>	W W	I II
Organocloros	AL <sup>4</sup> , carga, HH <sup>5</sup>	W o SS	V o SS personalizado
Sedimento suspendido	Carga, AL <sup>4</sup>	W o SS	IV
Toxicidad	AL <sup>4</sup> , SWQS <sup>2</sup> G <sup>3</sup>	W	II o IV

<sup>1</sup>Normas para el agua potable.

<sup>2</sup>Normas para la calidad del agua de superficie.

<sup>3</sup>Detección/selección en bruto.

<sup>4</sup>Protección de la vida acuática

<sup>5</sup>Protección de la salud humana.

<sup>6</sup>Para uso de recreación por contacto.

**Tabla 2.** Objetivos de calidad de los datos

No.	Objetivo de calidad de los datos (DQO)	Métodos de muestreo		Beneficios y limitaciones
		Nivel de precisión/exactitud	Tipo de muestra	
I.	Detección de bajo nivel en un punto de un río/arroyo/lago/embalse	Cualitativo	Muestreo tomado al azar	Muy costoso; tiempo real; uso regulador limitado; bajo potencial de contaminación ambiental; requiere las medidas de control de calidad más rigurosas
II.	Detección en un punto de un río/arroyo/lago/embalse	ppm <sup>1</sup>	Muestreo tomado al azar	Menos costoso que OCD III, IV, y V; alto potencial de contaminación ambiental; aplicable para fase de disueltos y bacterias en sitios bien combinados; requiere medidas más rigurosas de control de calidad que OCD I pero menos rigurosas que OCD III, IV, y V
III.	Detección de bajo nivel en un punto de un río/arroyo/lago/embalse	ppb <sup>2</sup>	Muestreo tomado al azar	Más costoso que OCD I y II; bajo potencial de contaminación ambiental; aplicable para fase de disueltos y bacterias y sitios bien combinados; requiere medidas de control de calidad más rigurosas que OCD I, II, y IV
IV.	Detección en una sección transversal representativa de un río/arroyo/lago <sup>3</sup> /embalse <sup>3</sup>	ppm <sup>1</sup>	Sección transversal <sup>4</sup>	Más costoso que OCD I, II, y III; alto potencial de contaminación ambiental; aplicable para cualquier fase y bacterias en cualquier sitio; requiere medidas de control de calidad más rigurosas que para OCD I y II pero menos rigurosas que OCD III y V
V.	Detección de bajo nivel en una sección transversal representativa de un río/arroyo/lago <sup>3</sup> /embalse <sup>3</sup>	ppb <sup>2</sup>	Sección transversal	Más costoso; bajo potencial de contaminación ambiental; aplicable para cualquier fase y bacterias en cualquier sitio; requiere las medidas de control de calidad más rigurosas

<sup>1</sup> La exactitud de partes por millón es equivalente a miligramos por litro.

<sup>2</sup> La exactitud de partes por mil millones es equivalente a microgramos por litro.

<sup>3</sup> Deben obtenerse muestras representativas de lago o embalse recogiendo muestras integradas en profundidad con un tomamuestras de tanque o de bomba.

<sup>4</sup> El término sección transversal, como se usa en este manual, denota una muestra integrada en profundidad compuesta de varias secciones transversales del canal de flujo.

Antes de iniciar el muestreo, deberá designarse un plan de muestreo para responder a los objetivos de un proyecto o programa de calidad del agua. Un plan de muestreo debe incluir elementos específicos acerca de lugares o sitios de muestreo, métodos y técnicas, número de muestras, clases de muestras, incluidas: volumen del agua, filtrada o entera, preservativos y tiempos de retención, número y clases de muestras de garantía de calidad/control de calidad (GA/CC), y los OCD deseados. El muestreo de calidad del agua puede ser costoso y tomar mucho tiempo. Los planes de muestreo ayudan a garantizar que los resultados del muestreo no tengan errores y cumplan los objetivos del proyecto o programa de calidad del agua. Con respecto a las directrices oficiales y los componentes de planes de muestreo requeridos por los diversos organismos estatales y federales, el usuario deberá consultar a dichos organismos.

Otros recursos disponibles para asistir al personal con sus planes de muestreo y ejecución de la calidad del agua incluyen, entre otros:

- (1) Federal Interagency Sedimentation Project (FISP) es un proyecto independiente entre organismos federales creado a fin de unificar la investigación y el desarrollo de las actividades de los organismos Federales involucrados en estudios de sedimentos fluviales. La investigación realizada por FISP se ha ampliado e incluye actualmente el desarrollo de métodos de análisis de muestras, desarrollo de analizadores automáticos in-situ, y técnicas y equipos para el muestreo de la calidad del agua en arroyos y ríos. Los equipos y las técnicas de FISP son las normas que utiliza la mayoría de las organizaciones federales, estatales y de los gobiernos locales, así como las entidades privadas, para tomar muestras sedimentarias en los Estados Unidos. El catálogo de FISP está disponible para acceso electrónico en la World Wide Web en <http://fisp.wes.army.mil/Catalog%20Index.htm>
- (2) El objeto del Consejo Nacional de Monitorización de la Calidad del agua consiste en coordinar y proporcionar orientación y asistencia técnica para la implementación voluntaria de las recomendaciones presentadas en "La Estrategia para Mejorar la Monitorización de la Calidad del Agua en los Estados Unidos," por organismos gubernamentales y por el sector privado (Intergovernmental Task Force on Monitoring Water Quality, 1995). El USGS y la USEPA son parte del Consejo Nacional que actúa con el Departamento de Comercio de EE.UU./Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, la Tennessee Valley Authority, el U.S. Army Corps of Engineers, el Departamento de Agricultura de EE.UU., el Departamento de Energía de EE.UU. y el El Consejo Nacional es el sucesor permanente del ITFM. El Consejo Nacional es el sucesor permanente del ITFM.
- (3) La páginas Web de organismos Federales tales como la USGS Office of Water Quality y la EPA Office of Water, Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds tienen acceso electrónico en <http://water.usgs.gov/owq/> y <http://www.epa.gov/OWOW/index.html>

## **Selección del Sitio**

Si es posible reactivar y usar en los planes actuales los sitios de muestreo anteriores, se los deberá considerar para estos fines. Los datos históricos de calidad del agua procedentes de estos sitios anteriores pueden proporcionar datos útiles para el esfuerzo actual de recopilación de datos. Si un plan de muestreo solicita la selección de nuevos sitios de muestreo de calidad del agua, deberá tenerse en cuenta una serie de factores. Los nuevos sitios de muestreo deberán posicionarse en las estaciones de fluviométricas de USGS o de IBWC siempre que sea posible para que las descargas hidrométricas puedan relacionarse con los componentes de la calidad del agua. Si no hay estaciones pluviométricas cerca del sitio elegido, las mediciones de descarga deberán realizarse en el momento de tomar las muestras. Considérese si podrán obtenerse muestras de todas las descargas durante el curso de todo un año. Si el sitio fuera inaccesible durante partes del año, podría no resultar adecuado para las necesidades del proyecto o del programa. Los lugares de muestreo en un río deberán estar ubicados corriente arriba desde una confluencia en secciones donde el canal sea más liso, más recto, accesible y uniforme en cuanto a su profundidad. Evitar ubicar sitios directamente arriba o abajo de confluencias o fuentes focales para minimizar problemas con aguas estancadas o flujos mal mezclados. Determinar si el río o el arroyo es homogéneo en el sitio propuesto mediante mediciones de temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad o a intervalos y profundidades regulares a través del canal para probar el grado de mezcla/Debido a que la mayoría de las masas de agua no son completamente homogéneas, la representatividad de las muestras depende del equipo y del método de recolección empleado. Considérese la influencia de los errores que podrían encontrarse durante los procedimientos de muestreo debido a turbulencia, gradientes de velocidad y otros factores físicos que afectan la mezcla de sedimentos en el agua. Para determinar el mejor lugar para tomar muestras, es preciso considerar qué sitio producirá la muestra más representativa con la menor cantidad de errores introducidos por los procedimientos de obtención de esa muestra. En la sección "Preparación para el muestreo de la Calidad del Agua" se incluyen más detalles para el establecimiento de un nuevo sitio de muestreo.

Una muestra representativa es una que refleja exactamente la composición química y las características biológicas y físicas de toda la corriente en el punto de muestreo en un instante. Las muestras representativas también reflejan los cambios que ocurren en el agua ambiente que pasa por un punto de muestreo. Una vez que se hayan determinado los sitios de muestreo, el muestreador o jefe del proyecto deberá realizar la investigación y la comunicación para obtener acceso legal al sitio o los sitios.

Una vez que se hayan determinado los sitios de muestreo, el colector del muestreo o jefe del proyecto deberá realizar la investigación y la comunicación para obtener acceso legal al sitio o los sitios. Deberá obtenerse un permiso escrito formal para tener acceso al sitio y/o construir una instalación para facilitar el muestreo. Esto garantizará que todos los propietarios u operadores de la propiedad hayan comunicado su aceptación de la intención de visitar y muestrear en condiciones predeterminadas conforme a lo indicado en el plan de muestreo y que

concuerdan con respecto a toda construcción necesaria. El acceso legal de algunos funcionarios federales, estatales o de condados o de sus contratistas designados puede abarcar desde un consentimiento verbal hasta órdenes administrativas de registro. Las directrices o requisitos sobre este tema deberán verificarse con el organismo pertinente en cada caso. Se recomienda establecer una buena relación con los propietarios del lugar ofreciéndoles una copia del plan de muestreo y de los resultados de los análisis. También hay que notificar a los organismos medioambientales y sanitarios locales cuáles son los planes y las actividades de muestreo y solicitar su asesoramiento y pericia. Su pericia local y técnica podría constituir una valiosa fuente de conocimientos. Al tomar muestras en ríos internacionales y transfronterizos, en la frontera Estados Unidos-México, el personal deberá contactar siempre a la Comisión Internacional de Límites y Aguas para obtener instrucciones y requisitos para tomar muestras a lo largo de la frontera internacional. En algunas áreas fronterizas, es posible que se planteen problemas de seguridad y será necesario contactar siempre a la Patrulla Fronteriza de EE.UU. cuando se planee un plan de muestreo. A menudo son quienes saben más acerca de las condiciones locales que podrían afectar la seguridad del personal de muestreo. Deberán adoptarse todas las precauciones para garantizar que el personal de muestreo pueda llevar a cabo sus tareas en condiciones de seguridad.

## **PREPARACIÓN DE MUESTREOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA**

Hay cuatro factores cruciales para tomar muestras en forma satisfactoria y exacta—salud y seguridad personal, tomar una muestra representativa, control de calidad del proceso global de muestreo y registros completos y exactos. Las recomendaciones de salud y seguridad personal se incluyen en la sección "Seguridad" más adelante. Ya se ha hablado sobre recoger una muestra representativa y es un tema que se volverá a comentar. El control de la calidad se examinará en la sección "Planes de Garantía de Calidad y Muestras para Control de Calidad." En esta sección se explicará el archivamiento de registros.

### **Establecimiento del Sitio**

Los pasos básicos para establecer un nuevo sitio incluyen ubicar y describir la estación de muestreo en los registros de datos o base de datos indicando el posicionamiento físico, determinando las coordenadas de la estación y fotografiándola. La ubicación y el número de identificación de un sitio de muestreo de calidad del agua deberá marcarse con exactitud en un cuadrángulo topográfico del USGS. El trazado de esquemas del lugar que muestren los caminos, edificios y otros puntos de referencia que no se encuentren en los mapas topográficos, ayudará a localizar sitios remotos para terceros. El primer paso en el archivamiento de los registros deberá consistir en establecer y documentar un nuevo sitio de muestreo (si fuera necesario).

Si el sitio de muestreo no se muestra en un mapa, será necesario encontrar su localización física. Será necesario establecer el emplazamiento del sitio midiendo la distancia horizontal entre el sitio de muestreo y otras

características físicas, transferir esa distancia a un mapa y marcar la localización. Las características de referencia en los cuadrángulos topográficos pueden ser caminos, edificios, cables de alta tensión y masas de agua. Los métodos y aparatos que se utilizan para medir distancias, en orden de exactitud decreciente, son:

(1) triangulación, (2) medidor electrónico de distancias, (3) cinta métrica, (4) medidor de distancias de cadena, (5) rueda medidora de distancias, (6) telémetro, (7) sistema de posicionamiento global (GPS) (dependiendo de la exactitud o sensibilidad) (8) medida a pasos, y (9) odómetro de vehículo.

Las coordenadas del sitio de la estación/muestreo en grados, minutos, segundos y fracciones de segundos de latitud y longitud deberán determinarse con la mayor exactitud que resulte posible. Las maneras de determinar coordenadas, de menos a más costosas, incluyen: empleo de cuadrángulos topográficos, agrimensura profesional y digitalización de mapas que utilizan tecnología del sistema de información geográfico (GIS) y/o aparatos portátiles de GPS.

Los sitios de las estaciones deberán fotografiarse regularmente a fin de mantener la documentación del sitio. En la primera visita al sitio conviene tomar una cantidad suficiente de fotos para establecer un registro fotográfico completo del sitio y de sus inmediaciones. Tomar fotos desde puntos fotográficos establecidos y constantes, tales como árboles o rocas grandes. Estos puntos fotográficos deben describirse en las notas de campo o deben improvisarse puntos de referencia (por ejemplo con una pila de rocas) si no se encuentran puntos naturales. Incluir a una persona en la foto para indicar la escala. Idealmente, deberán tomarse dos fotos del sitio—uno desde corriente arriba del punto de la muestra mirando corriente abajo al punto de la muestra y el otro desde corriente abajo del punto de la muestra mirando corriente arriba en el punto de la muestra. Tomar fotos adicionales si se observan cambios apreciables en el área del sitio. Las fotografías tomadas durante la vida del sitio deberán ayudar a documentar las influencias y los cambios físicos que pueden tener un impacto sobre la calidad del agua (Arizona Water Resources Research Center, 1995, p. 10–13).

### **Carpetas de Campo/Mediciones en el Terreno**

El empleo y mantenimiento de carpetas de campo garantiza que pueda encontrarse toda la información necesaria sobre el sitio de muestreo en todo momento en un solo archivo.

El empleo de carpetas de campo para toda la información pertinente a la operación de una estación/sitio de muestreo para la calidad del agua de superficies es una práctica común de algunos organismos. La carpeta de campo deberá contener la mayoría, si no toda, la información siguiente siempre que sea posible: datos asociados o información histórica de otras bases de datos mantenidas por organismos federales, estatales y locales; información sobre el uso de la tierra, incluidas fotografías aéreas; reportes publicados y no publicados; estudios y datos; mapas geológicos y mapas de contorno de la tabla de agua. En el Apéndice A se incluye una extensa lista de control.

Las notas tomadas in-situ son importantes para el proceso de recolección de muestras debido a que a menudo son el único registro escrito de las mediciones en el terreno. Las mediciones en el terreno registradas, las observaciones del sitio y las desviaciones de los procedimientos de muestreo estándar constituyen una documentación importante para la garantía de calidad/control de calidad (GA/CC) y para la interpretación de los datos. Estos registros podrían ofrecerse como documentos oficiales y legales y deberán ser lo más legible y completo posible. Las mediciones y observaciones in-situ registradas con tinta indeleble durante cada visita a una estación individual pueden incluir, entre otras cosas, lo siguiente:

1. Nombre de la estación
2. Número de identificación
3. Datos de muestreo
4. Hora del muestreo
5. Nombre(s) del(los) muestreador(es)
6. Objeto de la muestra
7. Propiedades y componentes y valores medidos in-situ:
  - a. Temperatura (agua y aire)
  - b. pH
  - c. Oxígeno disuelto (medidos en el centro del flujo siempre que sea posible)
  - d. Conductancia específica
8. Descarga instantánea/altura de aforo al comienzo y el final del muestreo
9. Alturas de aforo interinas si ocurren cambios considerables durante el muestreo
10. Condiciones de muestreo tales como:
  - a. Ubicación (por ejemplo, vado, puente)
  - b. Uso del sitio (por ejemplo, canal abierto, charco) y de la corriente
  - c. Método/equipo usado
11. Condiciones de la etapa y actividad biológica
12. Tiempo—precipitación actual y reciente
13. Aspecto del agua, olores inusuales
14. Notas varias, incluídas mediciones transversales, actividades de línea divisoria o de corriente.
15. Tipos de muestras recogidas—químicas/biológicas/para garantía de calidad

16. Números de rotulación o de seguimiento para muestras enviadas al laboratorio

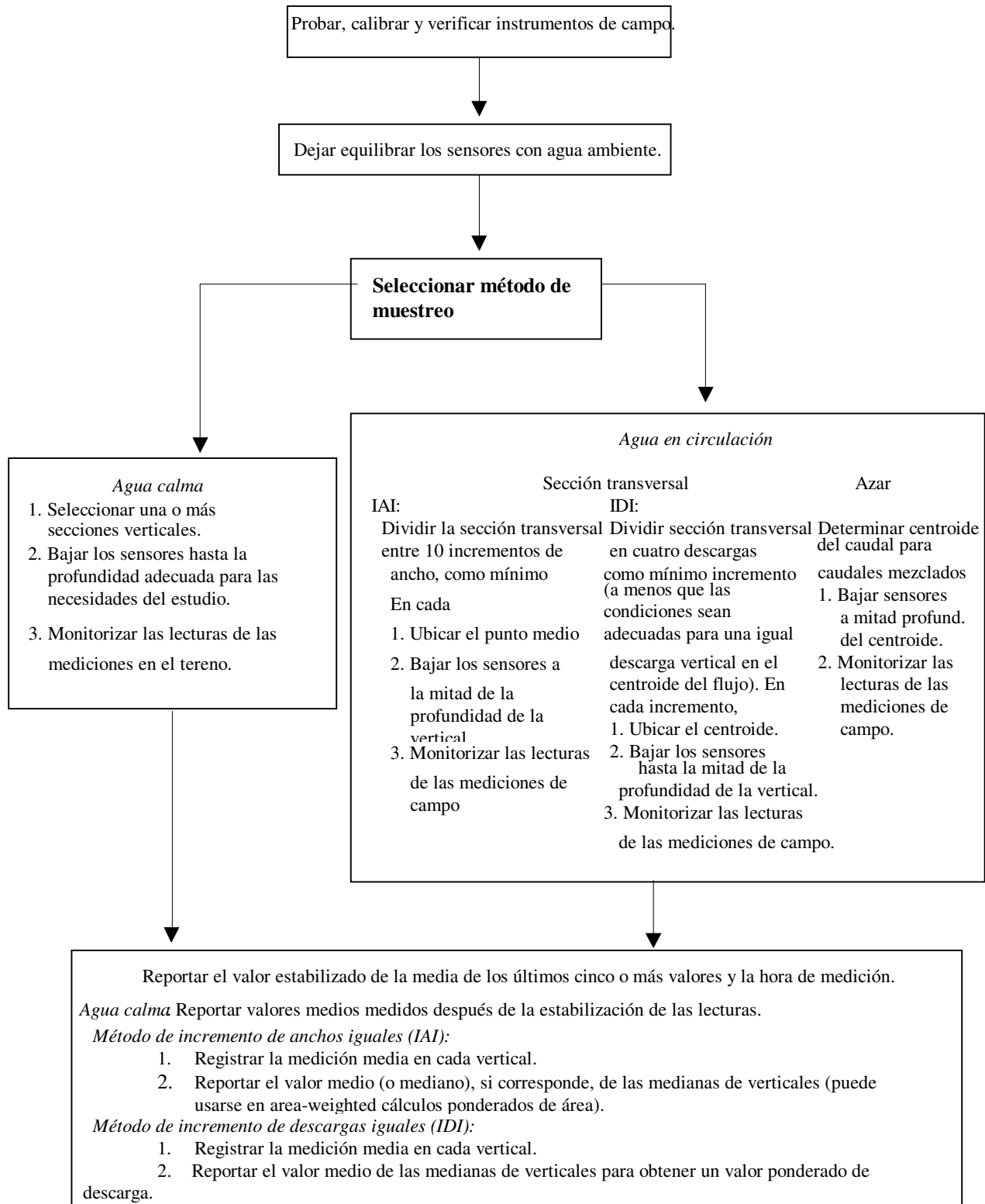
17. Números de lotes de blancos, recuentos bacterianos y parámetros que falten

Las mediciones en el terreno son las determinaciones de las propiedades físicas y de los componentes químicos que se miden en el lugar, lo más cerca posible en tiempo y espacio a los medios que se muestrean. Las mediciones de temperatura del agua, pH, alcalinidad, DO y conductancia específica podrían cambiar notoriamente en unos minutos u otras después de la recolección de la muestra. Por lo tanto, se necesitan las mediciones en el terreno de estas propiedades para obtenerse resultados representativos de las condiciones de corriente entrante. Las mediciones in-situ, notas de campo sobre los métodos o el equipo de muestreo utilizado, las observaciones del sitio y la información de calibración deberán anotarse en las formas para tomar registros in-situ para consulta posterior. Estas formas o notas para datos in-situ pueden variar de formato.

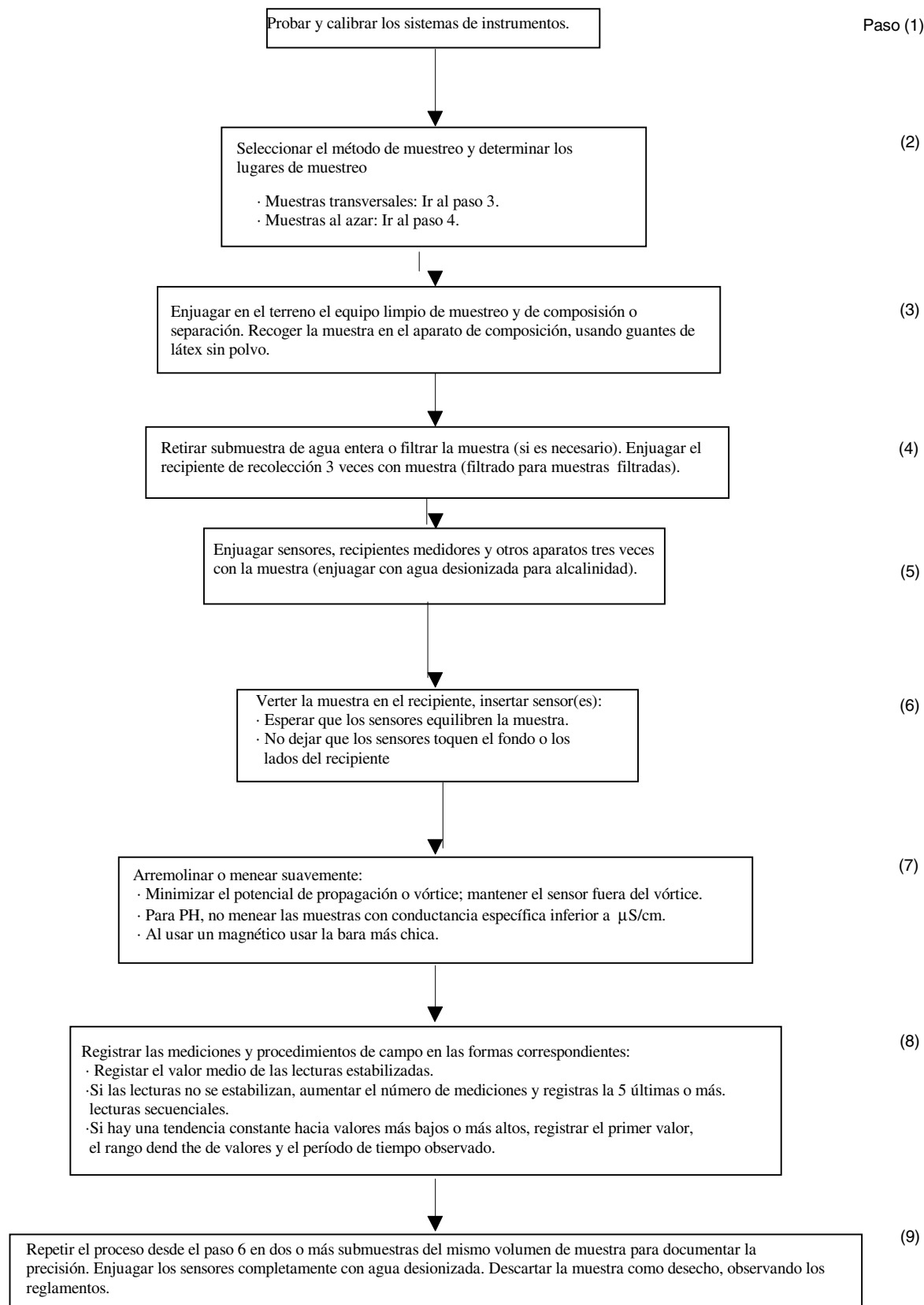
También deberán usarse registros cronológicos para controlar el comportamiento, el mantenimiento y la calibración de los instrumentos. Estos registros deben actualizarse y revisarse antes de cada viaje de estudio. Deberá verificarse la operación y la calibración de todos los instrumentos de campo (incluidos los contadores y electrodos de seguridad) para garantizar que están todos en buenas condiciones de funcionamiento. Antes de salir en viaje de reconocimiento, habrá que probar cada instrumento (contadores y sensores). Practique su técnica de medición si el instrumento o la medición es nueva para usted. Las mediciones en el terreno deben hacerse solamente con instrumentos calibrados. Calibre los instrumentos siguiendo las directrices del fabricante o del manual de funcionamiento.

Antes de tomar las mediciones en el terreno, debe permitirse que los sensores se equilibren en relación con la temperatura del agua que se esté monitorizando. Dejar 60 segundos, como mínimo (o seguir las directrices del fabricante) para equilibrar los sensores con el agua de la muestra. Los sensores están adecuadamente equilibrados cuando se estabilizan las lecturas de los instrumentos. Registre la media de las tres o más lecturas finales como el valor a reportar para ese punto de medición. Cuando se hacen mediciones en el terreno con un instrumento multiparámetros, es preferible colocar la sonda en la masa de agua que se va a muestrear y dejar que se equilibre en el modo de DO mientras ocurre la medición del caudal. Las mediciones en el terreno deben hacerse in-situ si es posible (en el centroide del flujo) si la corriente parece a simple vista completamente mezclada de orilla a orilla. La medición in-situ es necesaria para evitar cambios en las propiedades químicas del agua anóxica. Las mediciones de submuestras son necesarias para las determinaciones de alcalinidad. En las figuras 1 y 2 se muestran los flujogramas de los procedimientos de medición in-situ de submuestras.





**Figura 1.** Procedimientos de medición de campo in situ (de Wilde y Radtke, 1998).



**Figura 2.** Procedimientos de medición de campo de submuestras para conductividad, pH, y alcalinidad (de Wilde y Radtke, 1998).

Si la profundidad del agua para una muestra tomada al azar es inferior a 1.5 ft, las mediciones en el terreno deberán hacerse a una profundidad igual a un tercio de la profundidad del agua medida desde la superficie del agua. Si la profundidad del agua en el punto de muestreo es superior a 1.5 ft pero inferior a 5 ft, la temperatura, el pH, el DO, y la conductancia específica deberán medirse a 1 ft por debajo de la superficie. Si la profundidad del agua en el punto de muestreo es superior a 5 ft, deberá tomarse un perfil vertical, la temperatura, el pH, el DO, y la conductancia específica, usando el instrumento multiparámetros. Cuando no es posible hacer un perfil de las mediciones en el terreno, estas mediciones deberán reportarse a una profundidad del agua de 1 ft. Cuando se muestran embalses, bahías o estuarios, y canales para barcas o buques con 5 a 9 ft de profundidad, deberán registrarse mediciones a profundidades de: 1 ft por debajo de la superficie, a la mitad de la profundidad, y 1 ft por encima del fondo. Para las mismas masas de agua que están a más de 10 ft de profundidad, las mediciones deberán hacerse a 1 ft por debajo de la superficie y a intervalos de 5 ft por debajo de la superficie. Si la distancia desde la última medición hasta el fondo es superior a 5 ft, tómese una medición a 1 ft sobre el fondo. Si la distancia es igual o inferior a 5 ft, no tomar más mediciones. Si la profundidad total es de más de 60 ft en embalses, los intervalos podrán extenderse a 10 ft. Todos los intervalos deben ser iguales. En canales costeros para buques con más de 10 ft de profundidad, las mediciones deberán registrarse a 1 ft por debajo de la superficie y a intervalos de 10-ft debajo de la superficie. Si la distancia desde la última medición hasta el fondo es superior a 5 ft, tómese una medición a 1 ft arriba del fondo. Si la distancia es igual o inferior a 5 ft, no tomar más mediciones.

### **Caudal**

Para sitios donde sea necesario medir el caudal, habrá que medir siempre el caudal, leer el aforo de corrientes de USGS o de IBWC. Medir y registrar el flujo después de registrar las observaciones visuales. No tomar muestras de agua en el área perturbada durante una medición de flujo. En los sitios con un aforo de corrientes de USGS o IBWC, observar y registrar en el registro cronológico la altura del aforo aproximada al centésimo más cercano de un pie. Contactar a la oficina a cargo del aforo y obtener el flujo (en pies cúbicos por segundo) que corresponde a la altura del aforo. En caso de duda acerca de la exactitud de la lectura de la altura del aforo, el personal de muestreo deberá medir el flujo si es posible. Las alturas de aforo de USGS pueden medirse por uno de estos tres métodos: limnómetro, limnómetro de cable y peso, o limnómetro de burbuja. Los limnómetros son placas de acero blancas y negras con el aspecto de grandes cintas de medir apertadas a una estructura estable. Las gradaciones en pies, décimas de un pie y dos décimas de un pie deberán registrarse (donde el nivel del agua toca el limnómetro) con aproximación a la centésima de pie más cercana. Los limnómetros de cable y peso contienen un peso conectado por un cable a un carrete graduado (las gradaciones son décimas y centésimas de un pie) con un contador en un extremo. El peso debe bajarse hasta tocar la superficie del agua (causando una leve onda). En esa posición, el valor del contador deberá registrarse con aproximación al número entero más cercano y el punto indicado por la aguja del

carrete graduado con aproximación a la centésima de un pie más cercana. EL limnómetro de cable y peso puede ser de tipo móvil para adaptarse a corrientes trenzadas. Si es necesario mover al limnómetro, usar el valor de corrección del puente cerca de la reubicación del limnómetro.

Los limnómetros de burbuja se instalan en casillas de aforos de USGS, que se cierran con una llave del USGS. El limnómetro de burbuja usa un registrador conectado a un sistema transductor de presión para indicar la altura del aforo en pies. Las casillas de aforo pueden contener también pozos de tranquilización con limnómetros en la pared interior del pozo. Si no es posible acceder a los aforos de corrientes del USGS para determinar el flujo, el personal deberá medir el flujo. Aquí se incluye una descripción resumida del procedimiento convencional de medición con medidor de corrientes del USGS para orientación general (método de media sección para determinar descarga).

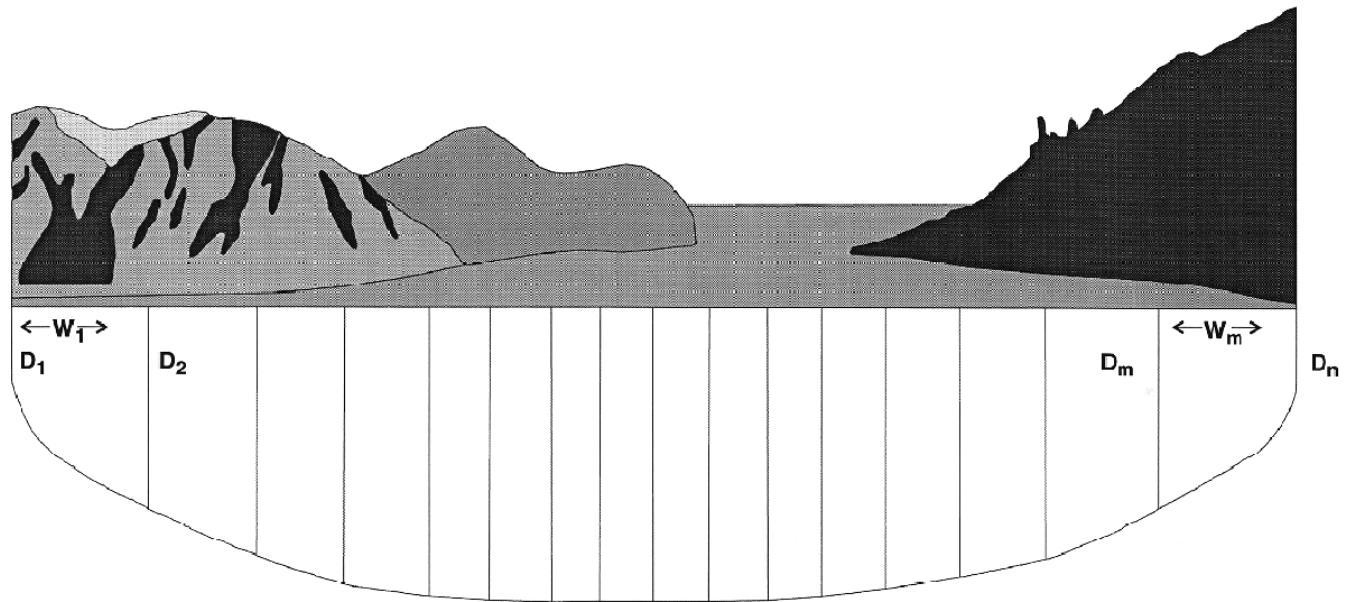
El equipo de medición de flujo requerido incluye: (1) medidor de corriente o flujómetro, (2) varilla de vado (marcada en décimas de un pie), y (3) cinta de medir o cable de cola (marcado en décimas de un pie). Las marcas de medidor de corriente o de flujómetro o sus equivalentes pueden ser: Marsh-McBirney electrónico, Montedoro-Whitney electrónico, Price pygmy (con cronizador y biper), medidor Pricaa o Tipo A (con peso de Columbus).

Lo primero en la medición del caudal es seleccionar una sección transversal. Seleccionar un tramo recto donde el lecho de la corriente sea uniforme y relativamente sin rocas y crecimiento acuático. El caudal deberá ser uniforme y sin remolinos, agua muerta cerca de las orillas ni excesiva turbulencia. Si fuera necesario y posible, modificar la sección transversal seleccionada para la medición para proporcionar condiciones aceptables construyendo diques para limitar el agua muerta o quitar rocas, maleza y escombros en el tramo de la corriente de 1 a 2 m corriente arriba desde la sección transversal. Después de modificar un lecho de caudal, dejar que se establezca la corriente antes de iniciar la medición. Determinar el ancho de la corriente tendiendo una cinta de medir de orilla a orilla en ángulos rectos a la dirección de la corriente. Después, determinar el espaciamiento o el ancho de las verticales.

Espaciar las verticales de modo que ninguna sección parcial tenga más del 5 ó 10 por ciento de la descarga total dentro de ella. Si el ancho de la corrientes es de menos de 5 ft, usar anchos de espaciamiento vertical de 0.5 ft. Si el ancho del caudal es superior a 5 ft, el número mínimo de verticales es 10 ó 25. El número preferido de verticales es 20 a 30. En la primera vertical, en un caudal de más de 2.5 ft, cara arriba (pararse 1.5 ft, como mínimo, corriente abajo y hacia un lado del sensor de caudal) y bajar el medidor de velocidad hasta el fondo del canal; registrar su profundidad y después levantar el medidor a 0.8 y 0.2 de la distancia de la superficie de la corriente, medir las velocidades del agua a cada nivel, y promediarlas. La varilla de vadeo permite que el usuario ponga fácilmente el sensor a 0.8 y 0.2 de la profundidad total usando las marcas de la varilla. Cada marca individual representa 0.10 ft, cada marca doble representa 0.50 ft y cada marca triple representa 1.00 ft. Si la profundidad es inferior a 2.5 ft, sólo se requerirá una medición en cada sección de medición vertical, a 0.6 de la profundidad total.

La vara de vadeo deberá mantenerse vertical y el sensor de flujo perpendicular a la cinta en vez de perpendicular al flujo durante la medición de la velocidad con un flujómetro electrónico. Al usar un medidor pigmeo, el instrumento

deberá estar perpendicular al flujo. Pasar a la vertical siguiente y repetir el procedimiento hasta llegar a la orilla opuesta. Una vez que se hayan determinado la velocidad, profundidad y distancia de la sección transversal, podrá emplearse el método de la sección media para determinar la descarga (fórmula en la fig. 3). Calcular la descarga en cada incremento multiplicando la velocidad promediada en corrientes de menos de 2.5 ft de profundidad en cada incremento por el ancho del incremento y la profundidad promediada. (Nótese que los incrementos primero y último están ubicados al borde de la corriente y tienen una profundidad y velocidad de cero). Sumar las descargas para cada incremento para computar la descarga total del caudal. Registrar el flujo en litros (o pies cúbicos o metros cúbicos) por segundo en la libreta de anotaciones en el terreno.



$$Q = \left( \frac{D_1 + D_2}{2} \right) \left( \frac{V_1 + V_2}{2} \right) W_1 + \dots + \left( \frac{D_m + D_n}{2} \right) \left( \frac{V_m + V_n}{2} \right) W_m$$

Q = descarga, D = profundidad, V = velocidad, W = ancho (Rantz y colegas, 1982).

**Figura 3.** Sección transversal de flujo que ilustra método de sección media para determinar descarga.

### Temperatura

Las mediciones de la temperatura en el terreno deben incluir tanto las lecturas de temperatura del aire como del agua. Debido a una posible contaminación ambiental en caso de ruptura, no deberán utilizarse termómetros de mercurio. Las temperaturas en el terreno deberán determinarse usando un termistor. Un termistor es un dispositivo eléctrico hecho de un semiconductor sólido que tiene un alto coeficiente de resistividad a alta temperatura. La calibración del termistor deberá verificarse en el laboratorio o la oficina mediante un termómetro de la American

Society for Testing and Materials (ASTM). Las lecturas de la temperatura del aire deben hacerse colocando un termistor seco en un área sombreada protegida contra vientos fuertes, pero abierta a una circulación adecuada de aire. Evitar áreas que pudieran tener calor radiante tal como cerca de paredes metálicas o lados de vehículos. Dejar que el termistor se equilibre 3 a 5 minutos antes de registrar la temperatura. Las temperaturas del agua deben representar la temperatura media de la corriente en el momento de la observación. Un perfil de sección transversal horizontal y vertical determinará la variabilidad, si la hubiere. Los perfiles de corrientes con temperatura altamente variable deberán tener varias lecturas promediadas para usarlas como la media y esas variaciones deberán documentarse. Las corrientes con temperaturas bastante uniforme (una variación inferior a 2 °C 95 por ciento del tiempo) en general tendrán una medición que puede hacerse y reportarse como la temperatura del caudal. En las corrientes vadeables, pararse de modo que se proyecte una sombra sobre el lugar seleccionado para medir la temperatura. Sostener el termistor por la parte superior y sumergirlo en el agua. Dejarlo estabilizarse durante 1 minuto, como mínimo y después leer y anotar la temperatura con aproximación al 0.1 °C más cercano, sin retirarlo del agua. Cuando la temperatura no puede medirse en la corriente, deberá medirse en el recipiente utilizado para tomar las muestras de agua. Cuando se mide la temperatura de un recipiente deben satisfacerse las siguientes condiciones:

- El envase debe ser suficientemente largo para permitir una inmersión total del termistor o de la sonda .
- El recipiente debe llevarse a la misma temperatura que el agua antes de llenarse.
- El termistor o la sonda debe colocarse en el recipiente inmediatamente, antes de que cambie la temperatura.
- El recipiente debe estar a resguardo de la luz solar directa y de brisas fuertes antes y durante la medición de temperatura.
- Dejar que el termistor o la sonda de pH se equilibre durante por lo menos un minuto antes de registrar la temperatura.
- Después de hacer estas mediciones, ésta agua deberá descartarse y deberá tomarse otra muestra de agua de las muestras de agua que se envían al laboratorio.

## **pH**

Calibrar el sensor de pH de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La función de pH deberá ser calibrada cada día de uso para instrumentos multiparámetros. Para detectar cualquier desviación en la lectura del instrumento durante el transcurso de muestreo, a menudo se recomienda postcalibrar.

### **Método in situ**

Preferiblemente, el pH se mide directamente en la corriente a la(s) profundidad(es) especificadas antes en esta sección. Dejar que la sonda de pH se equilibre durante por lo menos un minuto antes de registrar el pH con aproximación al 0.1 más cercano de la unidad estándar.

### **Método de submuestreo**

Si no se puede medir el pH en la corriente, deberá medirse en el recipiente utilizado para tomar muestras de agua. Las precauciones que deben tomarse cuando se usa un recipiente para hacer mediciones de pH en el terreno son las mismas que las especificadas en la sección anterior "Temperatura."

Si el valor del medidor de pH no se estabiliza en varios minutos, podría ocurrir desgasificación de dióxido de carbono o de anhídrido sulfuroso, o asentamiento de partículas de arcilla cargadas (Wells y colegas, 1990).

- Si se sospecha que la causa de la deriva del medidor es la desgasificación, tomar otra muestra de agua, sumergir la sonda de pH y leer el pH en 1 minuto.
- Si se sospecha que la causa de la deriva del medidor son partículas de arcilla suspendidas, dejar que la muestra se asiente durante 10 minutos, después leer el pH en la capa superior de la muestra sin menearla. Con cuidado, pH pueden medirse exactamente con aproximación al 0.1 de la unidad estándar más cercana.

### **Alcalinidad**

La medición de la alcalinidad en el terreno es útil porque puede usarse para verificar el equilibrio de la carta de una solución. Cuando se han determinado todos los principales cationes y aniones, la suma de los cationes, en miliequivalentes por litro, deberá ser igual a la suma de los aniones expresada en las mismas unidades. En casi todas las aguas naturales, alcalinidad puede atribuirse enteramente al bicarbonato y al carbonato, dos de los tres aniones principales. La alcalinidad que se refiere a la capacidad ácidoneutralizante (CAN) de los solutos en una muestra de agua, es reportada en equivalentes (o miliequivalentes o microequivalentes) por litro y consiste en la suma de especies químicas de carbonato y no carbonado titulables en una muestra de agua filtrada. La alcalinidad y las concentraciones de especies de bicarbonato, carbonato y anhídridos se determinan mediante el método de titulación del punto de inflexión (TPI) o el método de razado de la función Gran para analizar los datos de la titulación. El método de TPI es adecuado para la mayoría de las aguas y las necesidades de los estudios. Los métodos de TPI y de Gran requieren la titulación electrométrica de una muestra con adiciones incrementales de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) de una normalidad especificada. El titulador digital es muy popular porque es más fácil de usar y menos frágil que una bureta y mantiene al ácido en un sistema virtualmente cerrado. Para titulaciones digitales de alcalinidad se emplean estos equipos y suministros:

1. Medidor de pH con compensador automático de temperatura; electrodo calibrado

2. Termómetro, calibrado
3. Agitador, magnético con Teflon™ barras de agitación o varillas de agitación de vidrio
4. Pipetas volumétricas, clase A—25, 50, y de 100 mL
5. Pipeta de balón o bomba
6. Botella de muestra, 500 mL
7. Vasos de precipitados, de vidrio—50, 100, y 150 mL
8. Solución titulante, solución de ácido sulfúrico (se venden cartuchos prellenados para soluciones de 0.1600*N* o 1.600*N*)

Nota: La mayoría de las aguas naturales requieren 0.1600*N* ácido y los volúmenes de muestras comunes son de 50 ó 100 mL en 100 o 150 mL vasos de precipitados, respectivamente.

Los pasos siguientes resumen los procedimientos de titulación de la alcalinidad:

- Calibrar el sistema de pH.
- Tomar una muestra representativa; filtrar submuestras para alcalinidad.
- Enjuagar en el terreno botellas de muestra con la muestra (o filtrar).
- Llenar las botellas completamente y taparlas adecuadamente. Mantener la muestra a temperatura del agua ambiente hasta la titulación.
- Enjuagar los electrodos, sensores, vasos de precipitados, barras de menear y tubo de alimentación con agua desionizada (ADI).
- Colocar una pequeña barra de agitación en el vaso de precipitado.
- Seleccionar y registrar un método de titulación, volumen de submuestra y normalidad de titulante.
- Sistema digital: Montar el titulante, drenar el tubo de alimentación y poner el contador en cero.
- Sistema de bureta: Llenar una bureta limpia y seca con titulante—purgar las burbujas de aire atrapadas.
- Traspasar con la pipeta un volumen apropiado de muestra en el vaso de precipitados.
- Colocar el vaso de precipitados sobre el agitador; insertar electrodos y sensor de temperatura (alejado del fondo y de los costados).
- Menear suavemente—no salpicar; minimizar el torbellino.



- Anotar la hora inicial, el pH, la temperatura, el volumen de una muestra, la normalidad y la lectura del contador si se usa el sistema digital.
- Agregar titulante, menear durante 15 a 20 segundos, leer y anotar el pH.
- Repetir hasta completar la titulación.

Si el pH es superior a 8.1, titular lentamente (para determinar las especies de carbonatos) en incrementos pequeños, hasta llegar a un pH inferior a 8.1.

Agregar lentamente el titulante en incrementos repetidos no superiores a 2 a 3 recuentos digitales hasta que el pH de la muestra sea de aproximadamente 8.0, para determinar el punto de inflexión del carbonato. Anotar el pH y la lectura del contador digital después de cada adición del titulante. Pueden emplearse incrementos mayores para muestras que contienen altas concentraciones de carbonatos.

Si el pH es inferior a 8.1 titular rápidamente, en grandes incrementos, hasta alcanzar un pH de 5.5 (f para conductancia específica inferior a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y un pH no inferior a 5.0 en sistemas de carbonato. Continuar la titulación en pequeños incrementos hasta llegar a un pH de 4.0.

Si el pH es inferior a 5.0, titular cautelosamente en incrementos de 1 a 3 recuentos digitales desde pH 5.0 hasta 4.0. La parte más sensible de la titulación es entre pH 4.8 y 4.3 para muchas aguas naturales. Titular para bajar el pH si la contribución de no carbonatos es grande.

Calcular la alcalinidad en el terreno mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Alcalinidad (meq/L)} = \frac{\text{mL}_{\text{ácido}} \times N (\text{meq/mL}_{\text{ácido}}) \times 1,000 (\text{mL/L})}{\text{mL}_{\text{muestra}}}$$

Para determinar la concentraciones de alcalinidad de carbonados y otras especies contribuyentes, trazar el cambio en el Ph dividido por el cambio en los recuentos digitales comparado con los recuentos digitales del titulante o tabular el cambio del pH dividido por el cambio de los recuentos digitales. Los factores y las ecuaciones empleados para los cartuchos de titulante 0.1600N (usados comúnmente para sistemas naturales) son los siguientes:

(Nota: los mililitros de ácido empleados se muestran como recuentos digitales para el titulador Hach<sup>TM</sup>)

$$\text{Alcalinidad (meq/L)} = B(D3)C_{\text{ácido}}/\text{mL}_{\text{muestra}},$$

$$\text{Carbonato (mg/L como CO}_3) = A(D1)/\text{mL}_{\text{muestra}},$$

$$\text{Bicarbonato (mg/L como HCO}_3) = (B - 2A) (D2)/\text{mL}_{\text{muestra}},$$

$$\text{Hidróxido (mg/L como OH)} = (A-C)(D4)/\text{mL}_{\text{muestra}}, \text{ y}$$

$$\text{Alcalinidad (mg/L como CaCO}_3) = B(D3)/\text{mL}_{\text{muestra}},$$

Donde

$\text{mL}_{\text{muestra}}$  = volumen de la muestra, en mililitros,

A = recuento digital desde el pH inicial hasta el punto de inflexión cercano a 8.3,

B = recuento digital desde el pH inicial hasta el punto de inflexión cercano a 4.5,

C = recuento digital desde el punto de inflexión cercano a 8.3 to hasta el punto de inflexión cercano a 4.5,

D = factor de titulación digital, y

$C_{\text{ácido}}$  = concentración del ácido.

D1 para titulante 0.1600N = 12.0; D2 = 12.2; D3 = 10.0; y D4 = 3.4. (Nota: D puede ser recalculado por potencias de 10 dependiendo de la normalidad del titulante de 1.600N a 0.01600N; por ejemplo, D1 para un titulante 1.600N sería 120, y así sucesivamente.)

### **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto (DO) es el que se encuentra libremente en el agua. El DO se puede medir ya sea por el método de titulación de Winkler o con un medidor de DO, preferiblemente instalado en la(s) profundidad(es) especificadas anteriormente en la sección "Carpeta de Campo/Mediciones en el terreno." Consultar el manual de instrumento para los requisitos de calibración específicos.

### **Instrumento de sonda múltiple**

Calibrar el sensor DO del instrumento multisondas. La sonda DO debe equilibrarse durante 90 segundos, como mínimo, antes de que DO se registre con aproximación al 0.1 mg/L más cercano. Deberá ejercerse cuidado en las estaciones perfiladoras para garantizar que la lectura sea estable para cada profundidad. Porque el DO lleva más tiempo que nada para estabilizarse, registrar este parámetro después de la temperatura, el pH y la conductancia específica. Si la sonda de DO tiene un agitador automático operable conectado, no será necesario menear manualmente la sonda de DO. Sin embargo, si la sonda no está equipada con un agitador automático, el meneo manual deberá ser mantenido levantando y bajando la sonda a una velocidad de 1 ft sin agitar la superficie del agua. Si la velocidad de la corriente en el punto de muestreo es superior a 1 ft, la membrana de la sonda podrá apuntarse corriente arriba en el flujo y podrá evitarse el meneo manual (Wells y otros, 1990). Para detectar cualquier desviación en las lecturas del instrumento durante el curso de muestreo, a menudo se recomienda la postcalibración.

### **Método de Titulación de Winkler**

Si la sonda electrónica de DO es inoperable, el DO deberá medirse por la titulación de Winkler (Comisión de Conservación de los Recursos Naturales de Texas, 1997). El equipo de titulación de Winkler incluye:

- Dos botellas de 300-mL de demanda bioquímica de oxígeno (BOD) con tapones (se puede sustituir una matraz Erlenmeyer de 300-mL para la titulación).
- Un tomamuestras de alcantarilla.

- Almohadillas de sulfato manganoso en polvo.
- Almohadillas de reactivo alcalino-yoduro-azida en polvo.
- Almohadillas de ácido sulfámico en polvo.
- Pipetas de 10-mL; cilindro graduado de 200- ó 250-mL.
- 0.025*N* fenilarsineóxido (PAO) (reemplazar anualmente o según sea necesario en el equipo en el terreno).
- Solución de reactivo indicador de almidón estable. (La solución de almidón es estable durante un mes en las condiciones en el terreno. Deberá renovarse del stock, que es estable por un plazo máximo de un año en el refrigerador.)
- Tijeras o cuchilla para abrir almohadillas de compuestos en polvo.

Los siguientes pasos resumen el procedimiento de titulación de Winkler:

1. Se recoge una muestra para titulación colocando una botella de 300-mL BOD en un tomamuestras de alcantarilla y bajando la parte superior del tomamuestras hasta una profundidad de 1 ft.
2. El tomamuestras de alcantarilla se llenará en 30 a 45 segundos.
3. El tomamuestras se llena con agua cuando deja de hacer burbujas.
4. El tomamuestras de alcantarilla no deberá retirarse hasta que se haya llenado completamente.
5. El muestrario deberá llevarse en posición vertical hasta que se retire la botella de BOD.
6. Retirar cuidadosamente la botella de BOD del tomamuestras de alcantarilla.
7. La botella deberá llenarse hasta el tope.
8. Verter suavemente los 3 a 4 mL de agua de arriba haciéndolos pasar por la boca ensanchada de la botella.
9. Agregar el contenido de una almohadilla de sulfato manganoso en polvo al frasco lleno.
10. Agregar el contenido de una almohadilla de reactivo alcalino-yoduro-azida en polvo al frasco lleno.
11. Inclinar la botella levemente y volver a taponarlo con el tapón de vidrio haciendo un giro rápido.
12. No dejar que queden burbujas de aire atrapadas en la botella. A veces, esto puede ser realizado solamente tocando la parte de arriba del líquido con la punta del tapón y después bajarlo a la posición.
13. Invertir la botella, un mínimo de 25 veces, para obtener una mezcla completa y después guardar la botella fuera de la luz solar directa.

14. Un floculante marrón indicará la presencia de DO. Dejar que el floculante se asiente en el punto medio de la botella (aproximadamente 5 minutos).
15. Invertir la botella otras 25 veces; dejar que el floculante vuelva a asentarse nuevamente. El floculante se asentará muy lentamente en agua de mar, el cuál requiere 2 minutos para la reacción, como mínimo. Los resultados no serán afectados si el floculante se niega a asentarse o si una parte del reactivo en polvo no se disuelve.
16. Cuando el floculante se ha asentado después de la segunda inversión, de modo que el tercio superior de la botella está claro, o después de esperar 2 minutos, agregar el contenido de una almohadilla de ácido sulfámico en polvo.
17. Volver a tapar e invertir suavemente la botella otras 25 veces hasta que desaparezca el floculante. La solución deberá estar transparente y con un color a paja. La intensidad del color amarillo está relacionada directamente con la concentración inicial de DO en la muestra. Una solución pálida y transparente indica una concentración muy baja de DO. Una solución oscura, clara y amarilla indica una alta concentración de DO.

*Las muestras preparadas con la adición de ácido sulfámico se pueden almacenar durante 4 horas antes de completar la titulación de Winkler. Las muestras pueden guardarse por un máximo de 6 horas en la oscuridad si la botella está guardada a la temperatura de recolección o está sellado por agua poniendo agua alrededor del labi, y dejándola a una temperatura de 10 a 20 °C (American Public Health Association, 1995).*

Tan pronto como el precipitado se haya disuelto completamente como consecuencia de la acetificación, la muestra estará lista para titular.

18. Usar un cilindro graduado limpio para transferir 200 mL de la solución a una bolleta BOD o matraz de Erlenmeyer de 300-mL.
19. Colocar el matraz sobre un agitador magnético, si se dispone de este equipo. De lo contrario, usar una pipeta y una perilla, meneando la muestra a mano.
20. Menear la muestra a una velocidad moderada sin airearla. Titular con 0.025N PAO hasta que la solución quede de un color amarillo pajizo pálido.
21. Agregar 1 a 2 mL de reactivo de almidón estable y notar el color azul, que indica presencia de yodo. Unas gotas darán el color indicador azul (no gris). Si más de 1 ó 2 mL son necesarios para producir el color, deberán rechazarse los resultados de titulación de la muestra y reemplazar la solución de almidón.

22. Continuar la titulación hasta que desaparezca el color azul. Hacer la titulación contra un fondo blanco. Este paso requiere o bien menear continuamente o arremolinar vigorosamente para garantizar que el punto final de la titulación sea exacto. Hacer caso omiso a la reaparición del color azul después de unos minutos.

El volumen total (en mililitros) de PAO utilizado en la titulación es igual a la concentración de DO, expresado en miligramos por litro. La concentración de DO de la titulación deberá registrarse con aproximación al 0.1 mg/L más cercano. Para una muestra de 200-mL, el volumen de titulante agregado es directamente proporcional a la concentración de DO en miligramos por litro. Para calcular el DO para una muestra mayor o menor de 200 mL, usar la siguiente fórmula:

$$\text{DO (mg/L)} = \frac{200}{\text{volumen de muestra x titulante agregado (en mL)}} \cdot$$

### **Correcciones a Mediciones de Oxígeno Disuelto Tomadas con Medidores de Oxígeno Disuelto**

Algunos medidores de DO reportan mediciones que no están compensadas en función de la salinidad. El DO medido en el terreno con medidores que no están compensados para la salinidad y que se mide en aguas con una conductancia específica superior a 1,800  $\mu\text{S/cm}$ , debe corregirse. Esta corrección se hace multiplicando las concentraciones de DO en el terreno por un factor de corrección, el cual se computa con la siguiente fórmula:

$$F = 1 - \frac{[0.003439 + 0.361]}{(22.1 + T)^2} \times \frac{C}{1,000},$$

donde

F = factor de ajuste;

T = temperatura del agua en grados Celsius; y

C = conductancia específica en microsiemens por centímetro,

DO corregido = DO en el terreno x F.

La muestra recojida debe registrar la concentración de DO corregida.

### **Conductancia Específica**

Preferiblemente, la conductancia específica se mide directamente en la corriente a la(s) profundidad(es) especificada(s) en la sección anterior, "Carpetas de Campo/Mediciones en el Terreno." Calibrar el medidor de conductividad en el laboratorio o en el terreno según lo indicado por las directrices de los organismos. Se requieren normas de conductancia conocidas para calibrar los instrumentos de múltiples sondas. Las normas de conductancia deben ser suficientemente altas como para abarcar las conductancias previstas para la corriente. Esto puede obtenerse de datos históricos o del conocimiento general de una zona. Dejar que la sonda de conductividad se equilibre durante un minuto como mínimo antes de registrar la conductancia específica en tres cifras significativas (si el valor sobrepasa 100). El principal problema físico al usar un medidor de conductancia específica es que quede

aire atrapado en las cámaras de la sonda de conductividad, lo que se indica por valores de conductancia específica inestables que fluctúan hasta 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El problema de atrapar aire puede minimizarse colocando lenta y cuidadosamente la sonda en el agua; cuando la sonda está completamente sumergida, desplazarla por el agua rápidamente para liberar las burbujas de aire que tenga. Para detectar cualquier desviación en la lectura del instrumento durante el transcurso de muestreo, a menudo se recomienda postcalibrar.

Si no es posible medir la conductancia específica en la corriente, se la deberá medir en el recipiente utilizado para tomar muestras de agua observando las precauciones indicadas en la sección "Temperatura."

### **Cloro Residual**

El cloro residual deberá analizarse en muestras tomadas corriente abajo de descargas de efluentes clorinados o en áreas donde se sospeche presencia de cloro. El cloro tienen un efecto sobre muestras de microorganismos coliformes fecales, BOD, cianuro y pesticidas/herbicidas. Si hay presencia de cloro en las muestras destinadas a analizarse para detectar BOD, cianuro o pesticidas/herbicidas, las muestras deberán tratarse con tiosulfato de sodio para eliminar el cloro. El cloro residual debe analizarse en una muestra tomada al azar usando la titulación de sulfuro de amonio ferroso (SAF) *N,N*-dietil-*p*-fenilenediamina (DPD) o usando el procedimiento colorimétrico DPD.

Procedimiento de titulación de cloro residual DPD-SAF:

Una solución estándar de SAF debe hacerse nuevamente cada vez y almacenarse en un lugar frío y oscuro. Se recomienda llevar cantidades pequeñas de la solución estándar al campo de acción y reemplazarla diariamente. A continuación se presenta el procedimiento para hacer SAF:

Hacer una pequeña cantidad (1:3) ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) agregando 5 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrada a 15 mL de agua en un vaso de precipitado de 200 mL. PRECAUCIÓN: AGREGAR SIEMPRE EL ÁCIDO AL AGUA. Se necesita un vaso de precipitado grande para que se disipe el calor generado por la mezcla del ácido con el agua. Esta solución puede almacenarse en una botella de vidrio color ámbar.

En un matraz de aforación de 1,000-mL, agregar aproximadamente 500 mL de agua destilada y después agregar un mL de (1:3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Agregar 1.106 g de cristales de SAF a esta solución. Después de que los cristales estén completamente disueltos, agregar suficiente agua destilada para llevar el volumen a exactamente 1,000 mL. Transferir la solución SAF a una botella de plástico oscuro. Invertir la botella varias veces para mezclar la solución. Almacenarla en un lugar oscuro y fresco.

### **Análisis para Determinar el Cloro Residual**

Agregar el contenido de cuatro almohadillas de DPD en polvo para el análisis de cloro total. Si se encuentra presencia de cloro, se formará un color rojo o rosado. Altos residuos de cloro podrían producir un color rojo

temporario seguido por un color amarillo. Si esto ocurre, realizar el análisis usando un volumen menor de muestra diluída en 100 mL con agua destilada.

Llenar una pipeta con SAF y titular hasta que desaparezca el color rojo. Anotar el volumen de SAF usado. No prestar atención a la reaparición del color rosado después de unos minutos.

Si se encuentra manganeso en la muestra, interferirá con el análisis residual de cloro y deberá corregirse. Tomar el mismo volumen de muestra (100 mL) y agregar 0.5 mL de solución de arsenito de sodio (5 g/L) y cuatro almohadillas de DPD en polvo para un análisis de cloro total. Esperar 3 minutos, después titular hasta que desaparezca el color rojo y anotar el volumen de SAF utilizado.

Para calcular el cloro residual, utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{mg/L de cloro total} = \text{mL SAF usado} \times 100/\text{mL de muestra usada.}$$

### **Bacterias Fecales Indicadoras**

Las bacterias fecales indicadoras se usan para evaluar la calidad del agua debido a que normalmente no causan enfermedad pero están correlacionadas con la presencia de varios organismos que transmiten enfermedades a través del agua (patógenos). La concentración de bacterias indicadoras (el término "bacteria indicadora" se usa como sinónimo de bacterias fecales indicadoras en este documento) es una medida de la seguridad del agua en situaciones de contacto recreativo o para consumo. La identificación y enumeración de bacteria indicadora mide la calidad sanitaria del agua.

Para recoger muestras de bacterias indicadoras en corrientes, sumergir el recipiente de la muestra (estéril, sin enjuagar) hasta una profundidad de alrededor de 4 pulgadas con el extremo abierto frente a corriente arriba. Empujar la boca del recipiente corriente arriba a esta profundidad hasta que se llene el recipiente. La boca del recipiente deberá estar en todo momento corriente arriba del colector de la muestra, aparato tomamuestras y sedimentos perturbados. Dejar suficiente holgura (5 a 10 mL) en la parte superior del envase de la muestra para facilitar la mezcla de la muestra cuando se agita inmediatamente antes de la filtración. Las muestras bacteriológicas deben tomarse en los mismos lugares donde se toman las mediciones en el terreno y donde se recogen las muestras de la calidad del agua.

Usar siempre un recipiente estéril, tal como una bolsa nueva Whirpak o un frasco de plástico o de vidrio para tomar la muestra y enfriar inmediatamente las muestras en un arcón de hielo o refrigerador a 1 a 4 °C. No congelar las muestras. Comenzar los análisis lo antes posible, preferiblemente en un plazo de una hora pero no más de 6 horas después de tomar las muestras, para minimizar cambios de densidad en las bacterias indicadoras.

La filtración por membrana (MF) y la mayoría de los métodos de número probable (MPN) se usan para la identificación y enumeración de bacterias indicadoras. Para uso general, el método MF es preferible al método XMP porque es fácil de hacer, no necesita una instalación formal de laboratorio y puede usarse para procesar

muestras en el terreno. Existen incubadoras portátiles que funcionan con baterías de automóviles, para analizar muestras de coliformes fecales en el terreno. El análisis MF requiere varios tipos de medios y de reactivos, que dependen del indicador. Los medios y los reactivos necesarios incluyen agua estéril amortiguada (amortiguación), medios de cultivo selectivos y diferenciales en base a agar o caldo y medios y reactivos para identificación bioquímica adicional. La amortiguación se emplea para diluir muestras y para enjuagar los aparatos y utensilios MF. Se puede comprar a laboratorios. Los medios de cultivo (generalmente disponibles en equipos—paquetes premedidos o ampollas) pueden obtenerse a través de ciertos laboratorios o compañías de suministros. Seguir las instrucciones de almacenamiento y uso.

Los pasos siguientes resumen el método MF:

- Filtrar un mínimo de dos submuestras de volúmenes diferentes de cada muestra recolección. El objetivo es filtrar un volumen que resulte en el número óptimo de 20 a 60 colonias de microorganismos coliformes fecales en el filtro. El(los) volumen(es) filtrado(s) dependerán de la fuente de la(s) muestra(s). Cuanto más contaminada la muestra, tanto menor el volumen filtrado. Ésta es la razón de múltiples submuestras. Si es posible, verificar los datos históricos para tener una idea de las concentraciones coliformes fecales previstas.
- Preparar discos de Petri con almohadillas absorbentes y medios M-FC. Estos medios son un caldo formulado para promover el crecimiento de organismos coliformes fecales. Contienen ácido rosólico para inhibir el crecimiento de organismos no fecales y colorante de anilina azul para colorear las colonias fecales con azul. Se necesitan como mínimo dos discos de Petri por muestra más un disco de Petri para una en blanco.
- Rotular la parte superior e inferior de cada disco de Petri con la identificación de la estación correspondiente y el número de mililitros de muestra que se va a filtrar. El rótulo superior es conveniente para filtrar la muestra y el rótulo inferior es conveniente cuando las muestras se invierten en la incubadora. El rótulo inferior es conveniente también si la tapa está algo separada del fondo. Si se procesan muestras en días sucesivos, convendría también agregar la fecha.

Nota: Refrigerar siempre los medios bacterianos hasta la fecha de expiración y evitar exposición de temperaturas cálidas en un vehículo.

- Conforme a la recomendaciones del personal, filtrar primero las muestras menos contaminadas.
- Instalar el aparato del equipo de la filtración y conectar la bomba al vacío. Enjuagar el conjunto del filtro completamente con agua estéril haciendo pasar varios enjuagues por el aparato del filtro. Esto eliminará los rastros de alcohol y de formaldehído generados por el procedimiento de esterilización.
- Colocar un filtro de membrana estéril de 0.45- $\mu\text{m}$  en el aparato de filtración utilizando fórceps esterilizados. Esterilizar los fórceps cada vez antes de usarlos para mover el filtro. Los fórceps se esterilizan sumergiendo las



puntas en metanol, y quemando después el metanol. La llama meramente quema el metanol, el metanol actúa como desinfectante. Los fórceps deberán asir el filtro cerca del borde exterior sin tocar el área cubierta por la muestra filtrada.

- Mojar el filtro con unos mililitros de agua estéril de amortiguación; para facilitar la distribución de las bacterias sobre el filtro.
- Si el volumen de la muestra que se va a filtrar es inferior a 10 mL, agregar al menos 10 a 50 mL de amortiguación al embudo del filtro.
- Sacudir vigorosamente la muestra 25 veces y transferir rápidamente por la pipeta el volumen deseado en el embudo del filtro. Las bacterias están asociadas con partículas en el agua, y agitando vigorosamente se separan las partículas y se dispersan las bacterias.
- Aplicar una aspiración moderada para filtrar la muestra.
- Enjuagar el embudo del filtro dos veces con solución amortiguadora.
- Quitar la aspiración del aparato del filtro y sacar el filtro del aparato del filtro y ponerlo en un disco de Petri rotulado que contenga una almohadilla absorbente saturada con medios M-FC.
- Colocar un filtro nuevo en el aparato del filtro y repetir los pasos de la filtración con otra submuestra de la misma muestra.
- Volver a montar el aparato del filtro sin un filtro y enjuagar el aparato del filtro completamente (tres enjuagues como mínimo) con solución de amortiguación entre cada muestra.
- Repetir el método de MF con cada muestra adicional. Descartar la pipeta usada y usar una pipeta nueva y estéril para cada muestra adicional.
- Colocar los discos de Petri rotulados AL REVÉS en una incubadora puesta a una temperatura de incubación de 44.5 °C. Cuando los discos están al revés, no se forma condensación en la tapa y se reduce la probabilidad de que se seque la almohadilla (si se la usa). Registrar la temperatura inicial de la incubadora en las hojas para notas en el terreno o en el diario de operaciones en el terreno.

El procedimiento de esterilización siguiente se realiza mejor cuando la filtración está terminada por el día. Si el aparato se ha esterilizado de esta manera antes de almacenarlo, entonces no será necesario realizar este paso al comienzo del ejercicio de filtración siguiente.

- Quitar el vaso de precipitación de acero inoxidable del conjunto del filtro. Saturar con metanol la mecha de asbesto alrededor de la base del conjunto del filtro. Encender el metanol en la mecha de asbesto y dejar la mecha quemar durante 30 segundos.
- Colocar el vaso de precipitado de acero inoxidable firmemente sobre el conjunto del filtro y dejar el vaso en su lugar durante 15 minutos o hasta la próxima vez que se use el aparato. El oxígeno se consume por la combustión, y se produce gas de formaldehído por combustión incompleta. Para garantizar la esterilización se necesitan unos 15 minutos de tiempo de contacto.

Para procesar un blanco, seguir el mismo procedimiento anterior pero usar alrededor de 20 mL de solución amortiguadora. El blanco ayuda a monitorizar la eficacia del método. Si aparecen colonias en el blanco, deberán descartarse todos los datos de las muestras que se filtraron al mismo tiempo que el blanco. Deberá procesarse un blanco, como mínimo, por grupo de muestras analizadas.

Registrar los volúmenes de muestras filtradas cada vez, la hora y la fecha en que se recogieron y filtraron las muestras y la temperatura inicial del incubador. Incubar las muestras de coliformes fecales durante 22 a 24 horas a  $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Al final del período de incubación, registrar la temperatura de la incubadora y la hora en que se retiraron las muestras de la incubadora.

Las hojas para notas en el terreno o el diario de operaciones en el terreno deben contener la siguiente información sobre los análisis bacteriológicos:

1. Número y ubicación de la estación de muestreo
2. Fecha y hora de recolección de la muestra
3. Volumen de filtración de la muestra
4. Número de colonias de coliformes fecales contados en cada filtro
5. Observaciones pertinentes; por ejemplo, crecimiento confluyente, coloración anormal
6. La temperatura de la incubadora al comienzo y al final del período de incubación
7. Fecha y hora del retiro del filtro de la incubadora
8. Iniciales del individuo que prepara y analiza las muestras

Contar y registrar el número de colonias azules individuales, distintas, redondas, en cada filtro. El recuento de las colonias se logra mejor con un microscopio de disección o una lupa de mano. El número ideal de colonias en la placa es de 20 a 60. A menudo en los meses de verano, es posible que las colonias coliformes se cubran de bacterias termofílicas rosadas. La única manera de responder a este problema es reducir el volumen filtrado a alrededor de 5 mL.

A veces, la placa de cultivo producirá muchas colonias azules pequeñas, con tamaños que oscilan entre 1/50 y 1/10 del tamaño de las colonias de coliformes. No contar estos "pretendientes." Calcular la densidad de las bacterias

fecales coliformes en las muestras originales y registrar el valor como el número de cols./100 mL. Para obtener recuentos de placas ideales, reportar la densidad bacteriana siguiendo estas directrices:

$$\text{1ra muestra} \text{---} \frac{20 \text{ cols.}}{5 \text{ mL}} \quad \text{2da muestra} \text{---} \frac{55 \text{ cols.}}{20 \text{ mL}} = \frac{75 \text{ cols.}}{25 \text{ mL}}$$

$$\frac{75 \text{ cols.}}{25 \text{ mL}} = \frac{3 \text{ cols.}}{1 \text{ mL}} = \frac{300 \text{ cols.}}{100 \text{ mL}}. \text{ (Reportar esta densidad.)}$$

Para recuentos en los que una muestra tiene recuentos de colonias deficientes (20 a 60 cols.), reportar la densidad computada de la placa con 20 a 60 cols. Para recuentos de placas de menos de 20 cols., computar y reportar una densidad combinada de coliformes fecales para la muestra. Por ejemplo:

$$\frac{0 \text{ col.}}{10 \text{ mL}} + \frac{3 \text{ cols.}}{20 \text{ mL}} = \frac{3 \text{ cols.}}{30 \text{ mL}} = \frac{0.1 \text{ col.}}{1 \text{ mL}} \times 100 \text{ mL} = \frac{10 \text{ cols.}}{100 \text{ mL}}$$

Para recuentos de placa más de 60 cols., hacer estas evaluaciones:

Si es posible obtener un recuento exacto de colonias de coliformes fecales discretas en uno o ambos filtros, computar y reportar la densidad de las colonias. Generalmente, cuando la densidad del filtro sobrepasa 100 cols., la competencia por el espacio y los nutrientes suprime el crecimiento, dando recuentos erróneamente bajos. Por tanto el recuento deberá expresarse en términos de 'mayor que' lo que revele el recuento. Si el crecimiento es confluyente, reportar un valor estimado mínimo asumiendo un recuento de 60 cols. en base al volumen más bajo filtrado (Myers and Wilde, 1997).

Si no aparecen colonias en las placas, reportar un valor, dependiendo del volumen filtrado, que represente el límite de detección del método. Combinar los dos volúmenes filtrados para maximizar el tamaño de la muestra. Reportar la densidad de los coliformes fecales como inferior al valor computado por este procedimiento, usando el símbolo "<" para indicar menos del límite de detección.

La prueba de coliformes fecales se realiza en conformidad con un procedimiento estándar universal. Los datos son útiles solamente para compararlos con otros datos obtenidos siguiendo el mismo procedimiento o los mismos criterios estándar. Si la prueba no puede realizarse satisfactoriamente, entonces no deberá reportarse ningún resultado. Sin embargo, las hojas para notas en el terreno o en el diario de operaciones en el terreno debe indicar por notas (interferencia de organismos competidores, sobrepasó el tiempo de retención, sobrepasó el tiempo de incubación, y así sucesivamente) lo que la prueba estaba intentado.

El equipo de muestreo deberá instalarse, verificarse y calibrarse inmediatamente antes de iniciar un viaje de muestreo. Esto incluye garantizar que se cuente con cada pieza del equipo que pudiera necesitarse, que el equipo esté en buenas condiciones de funcionamiento, que la fuente de alimentación/baterías estén cargadas y que los medidores sostengan sus calibraciones. Si los medidores o el equipo se encuentran en condiciones cuestionables, llevar un reemplazo. En el Apéndice B se incluye una extensa lista de control de equipos y suministros de muestreo.

Limpiar y/o descontaminar siempre el equipo antes de usarlo. Consultar con la propia institución cuáles son los procedimientos de limpieza para varios protocolos de muestreo y sus respectivos requisitos de exactitud analítica tales como partes por millón y partes por millar de millón. Para evitar la contaminación cruzada durante el transporte al sitio o sitios de muestreo, envolver el equipo inorgánico en plástico y el equipo orgánico en papel de aluminio.

## **Seguridad**

Antes de intentar tomar muestras de calidad del agua, es preciso tener en cuenta los requisitos de salud y seguridad aplicables. A menudo se recogen muestras en sitios contaminados o en lugares remotos y accidentados lejos de toda atención médica inmediata. Para éstas y otras cuestiones relacionadas con la seguridad, el personal de campo deberá tener en cuenta estas recomendaciones:

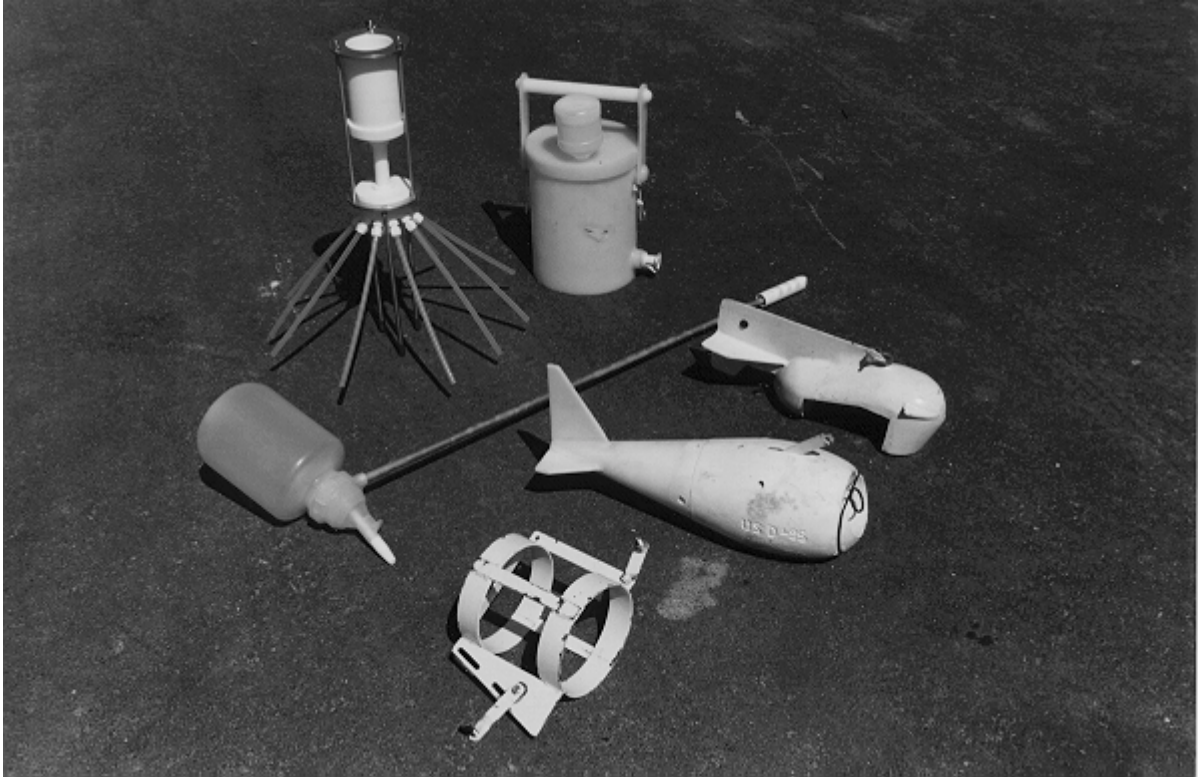
1. Recibir adiestramiento previo en primeros auxilios y resucitación cardiopulmonar (RCP). La Cruz Roja ofrece el adiestramiento en muchas ciudades. Recibir adiestramiento previo en el uso y manejo, transporte, almacenamiento y eliminación de sustancias químicas a un nivel apropiado para los tipos de sustancias químicas que se espera encontrar. Antes de manejar sustancias químicas, consultar las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (HDSM);
2. Consultar al funcionario encargado de la seguridad personal de la entidad;
3. Nunca ir solo(a) en el terreno;
4. Determinar por adelantado el lugar del hospital, clínica o médico más cercano;
5. Recibir las inmunizaciones pertinentes. Se recomiendan las vacunas contra el tétano, la hepatitis B y la fiebre tifoidea cuando se trabaja cerca de aguas contaminadas;
6. Notificar el itinerario a otras personas y designar con quién comunicarse en caso de emergencia;
7. Tomar medidas contra cazadores, reptiles venenosos, plantas venenosas, roedores, y pequeños mamíferos, inundaciones repentinas, agotamiento causado por el calor, exposición al sol y otras condiciones medioambientales que pudieran afectar negativamente la salud y la seguridad personal;
8. Llevar identificación. Además, si es posible, llevar consigo un teléfono celular o un radio bidireccional;
9. Tener en cuenta todos los reglamentos sobre seguridad de puentes. Verificar con la entidad si existen protocolos o directrices específicos para tomar muestras desde puentes. Usar aparatos de flotación personal(AFP) cuando se actúe en el agua o sobre la misma;

10. Al manejar preservativos de muestras, tales como ácidos, usar siempre gafas a prueba de salpicaduras y guantes no contaminantes.

### **Equipo de Muestreo para la Calidad del Agua**

La selección del equipo de muestreo depende de los objetivos de calidad de los datos (OCD) y debe adaptarse a éstos y a los respectivos métodos sugeridos, como se resume en las tablas 1 y 2. Si una muestra al azar es sugerida, seleccionar un tomamuestras no isocinético como base para las limitaciones físicas/medioambientales/mecánicas y de la seguridad de operación del equipo. Si una muestra de sección transversal es sugerida, seleccionar tomamuestras isocinéticos en respuesta a las limitaciones físicas/medioambientales/mecánicas. El Apéndice C contiene directrices generales para seleccionar equipos de muestreo en base al material de construcción y a los analizandos objetivo. Si el objeto del muestreo es detectar la presencia de metales pesados, no usar tomamuestras con componentes metálicos. Al muestrear para detectar elementos orgánicos, evitar usar tomamuestras con componentes plásticos, pues el plástico puede absorber y contaminar las muestras. No olvidarse de descontaminar el equipo antes de usarlo. Una vez que el equipo está descontaminado, envolver el equipo inorgánico en plástico y el equipo orgánico en papel de aluminio para transportarlo al sitio del muestreo.

En general, los tomamuestras de calidad del agua son isocinéticos o no isocinéticos. Isocinético significa que el tomamuestras opera de tal modo que la mezcla de agua-sedimentos pasa al tomamuestras sin cambio de velocidad al dejar la corriente ambiente e ingresar en las tomas de los tomamuestras. Los tomamuestras isocinéticos de integración a profundidad (usados para muestreos transversales) son o bien tomamuestras de mano o tomamuestras de cable y carrete. El Apéndice D lista varios tomamuestras isocinéticos y sus alcances operacionales, que se basan en la velocidad y la velocidad máxima disponible a través de FISP. La Figura 4 muestra varios tipos de equipo de muestreo de la calidad del agua. Un análisis detallado de tomamuestras de agua y sedimentos en suspensión se encuentra en Edwards and Glysson (1998). Los tomamuestras no isocinéticos (usados para muestreos al azar) incluyen tomamuestras de boca ancha, tales como botellas de manos; frasco con peso; y tomamuestras de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de compuestos orgánicos volátiles (COV). Los tomamuestras de tanque, tales como el Kemmerer o Van Dorn, se usan para recoger muestras discretas (puntuales) instantáneas principalmente de lagos, embalses, bahías y estuarios. Los tomamuestras monoetápicos, tales como el U-59 y el U-73 fueron



**Figura 4.** Equipo de muestreo de calidad del agua: (de izq. a derecha desde el centro) (1) separador giratorio, (2) DH-76, (3) D-95, (4) muestreador de marco, (5) DH-81, y (6) separador cónico.

diseñados para obtener muestras de sedimentos en suspensión de corrientes en sitios remotos o desde corrientes donde los rápidos cambios de estado hacen que resulte impráctico usar el tomamuestras isocinético convencional de integración en profundidad. Los tomamuestras de bomba automáticos que tiene entrada(s) a profundidades fijas se usan a veces para tomar muestras en sitios remotos; de corrientes efímeras y pequeñas; o de colectores urbanos para aguas pluviales donde el nivel del agua sube rápidamente.

### **Descontaminación del Equipo**

El objeto de limpiar el equipo es la descontaminación del equipo—la eliminación de residuos de construcción y de maquinado en el nuevo equipo y la extracción de sustancias adheridas al equipo en situaciones anteriores de exposición al medio ambiente y a otros medios. El equipo empleado para muestreos (tomar, procesar y manejar muestras) debe limpiarse antes de ser utilizado. El nivel de limpieza con mucha inmersión y enjuague dependerá del nivel de precisión analítica requerido en el plan de muestreo.

En este manual se incluye una breve descripción de los principales pasos de la limpieza del equipo que cubre los temas principales. Los procedimientos de limpieza más específicos deben obtenerse a través de la entidad de la muestra colectora. La mayoría de los procedimientos estándar requieren que todos los equipos de muestreo se

limpien antes de usarlos; que el equipo se vuelva a limpiar directamente después de recoger las muestras y antes de usarlo en el sitio siguiente para evitar contaminación cruzada entre sitios de muestreo y los enjuagues del equipo en el terreno con el agua de la muestra, lo cual no es indicado para todos los equipos y no sustituye los procedimientos de limpieza o de descontaminación.

Antes de preparar los materiales y suministros de limpieza, determinar de qué materiales está hecho el equipo (por ejemplo, metal, vidrio o plástico) y los analizandos químicos para los que se utilizará el equipo. Para analizandos inorgánicos usar suministros de limpieza compuestos de polipropileno incoloro o blanco, polietileno o algún otro material no metálico adecuado. No usar suministros de limpieza que puedan filtrar metales si el equipo se utilizará para tomar y procesar muestras a ser analizadas para detectar la presencia de metales y metaloides. Para analizandos orgánicos, usar suministros de limpieza compuestos de metal, vidrio o polifluorocarbono. No usar suministros de limpieza que puedan filtrar sustancias orgánicas si el equipo se utilizará para tomar y procesar muestras que serán analizadas para detectar la presencia de compuestos orgánicos. El Apéndice E presenta una lista de artículos de limpieza básicos que se utilizan normalmente para limpiar equipos que se usan en el terreno para actividades de muestreo de la calidad del agua. Si fuera posible, preparar juegos separados de equipos lavados previamente para usar en cada sitio. Devolver los equipos muy contaminados a la oficina para someterlos a una limpieza rigurosa antes de reutilizarlos, en vez de limpiarlos en el terreno. En general, la secuencia para limpiar equipos para muestreos de analizandos orgánicos y/o inorgánicos puede resumirse de este modo: lavar con detergente; enjuagar con agua de grifo/ADI; examinar el equipo para determinar si tiene piezas metálicas; no metálico—remojo en ácido; piezas metálicas—remojo en ADI; enjuagar con metanol y secar al aire.

Los procedimientos detallados de limpieza de equipos que se presentan a continuación son los que se usan actualmente (1999) para protocolos "limpios" incluidas las técnicas de "manos limpias/manos sucias" ("ML/MS") con muestreos de corte transversal—integrados en profundidad:

- Uso de guantes, que deben cambiarse entre cada paso.
- Remojar el equipo y la tubería durante 30 minutos en Liquinox (solución al 0.2 por ciento) u otro detergente sin fosfatos; restregar el equipo y tubería con un cepillo no metálico e incoloro (excepto la unidad de filtración de carbono salvo que se considere necesario debido a exposición a altas concentraciones de carbono orgánico).
- Enjuagar el equipo y tubería completamente con agua de la llave.
- Remojar durante 30 minutos en una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 5 por ciento (sin oligoelementos); para el equipo que entra en contacto con la muestra de oligoelemento disuelto (el equipo de muestreo u el separador dinámico y separador de embudo, si se usa, más la tubería de Teflon<sup>TM</sup>); no exponer los componentes metálicos del separador de embudo al ácido.

- Enjuagar el equipo tres veces con ADI.
- Enjuagar con una pequeña cantidad de metanol (de intensidad para pesticidas); el equipo que entra en contacto con una muestra de pesticidas disueltos (equipo de muestreo y la bombona de vidrio para ácidos o separador de embudo, si se usa, además de la tubería Teflon<sup>TM</sup> ).
- Enjuagar la filtración de carbono orgánico y equipo de muestreo con un enjuague final de agua sin elementos orgánicos.
- Dejar que todo se seque completamente al aire.
- Usar cinta Teflon<sup>TM</sup> para proteger las áreas del equipo de muestreo y de la tubería Teflon<sup>TM</sup> que entrarán en contacto con la muestra; colocar el equipo y la tubería en una bolsa de plástico con doble cierre o en otro recipiente para almacenamiento y transporte.
- Envolver las unidades de filtración para pesticidas y carbono orgánico con papel de aluminio o colocar las unidades en una bolsa Teflon<sup>TM</sup> y guardarlas en un recipiente cerrable.
- Enjuagar todos los frascos de muestra inorgánica tres veces con ADI y después llenar las botellas hasta la mitad con ADI para transportarlos al sitio.



# RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA

## Métodos de Muestreo

En las secciones siguientes se describen los procedimientos de muestreo al azar y de muestreo transversal que implementan actualmente varios organismos Estatales y Federales de monitorización de la calidad del agua. Los protocolos de mayor aceptación en estos momentos, especialmente cuando se utilizan niveles analíticos de partes por millares de millones, requieren el empleo de procedimientos de muestreos limpios. Estos procedimientos de muestreo ayudan a reducir (en la medida factible dados los recursos corrientes) la cantidad de contaminación introducida cuando se recogen muestras de control de calidad en el terreno. Los procedimientos de muestreo "limpios" involucran (1) usar equipos contruidos de materiales no contaminantes y que se hayan limpiado rigurosamente antes del trabajo en el terreno y entre sitios; (2) manejar los equipos en formas que minimicen la contaminación; (3) tomar, procesar y manejar muestras en una manera que impida la contaminación; 2 sin preservar, 1 preservada con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

## Técnicas de Manos Limpias/Manos Sucias

Los procedimientos de muestreo "limpios," incluidas las técnicas de ML/MS, son necesarios cuando se recogen muestras inorgánicas para determinar la presencia de metales y otros oligoelementos. Los procedimientos de muestreo limpio se recomiendan para todos los demás muestreos, en la medida en que resulte razonable, pero particularmente cuando el analizando objeto podría estar sujeto a contaminación en el terreno o de los procedimientos de laboratorio a un nivel que podría sobrepasar DQOs con fines de información e interpretación. Las técnicas ML/MS separan las funciones en el terreno y dedican un individuo como "manos limpias" para tareas relacionadas con tener contacto directo con la muestra. A continuación se presenta un resumen de estas técnicas:

1. Las técnicas ML/MS requieren dos o más personas que trabajen juntas.
2. En el sitio de trabajo, una persona es designada como "manos limpias" (ML) y una segunda persona como "manos sucias" (MS). Aunque las tareas específicas se asignan al comienzo a ML o MS, algunas tareas se superponen y pueden ser manejadas por una u otra persona siempre que no se introduzca contaminación en las muestras.
3. Tanto ML como MS usan guantes adecuados no contaminante, desechables y exentos de polvo durante toda la operación de muestreo y se cambian los guantes frecuentemente, generalmente con cada cambio de tarea (usar capas múltiples de guantes facilita cambiarlos rápidamente).

4. ML se encarga de todas las operaciones que se relacionan con equipos que entran en contacto con la muestra; por ejemplo, ML:
  - Maneja la botella de la muestra de agua de superficie.
  - Maneja el extremo de descarga del tubo o la línea de la muestra de agua de superficie.
  - Transfiere la muestra al separador de embudo.
  - Prepara un espacio de trabajo limpio (dentro del vehículo).
  - Prepara las cámaras de procesamiento y preservación.
  - Arma los equipos (por ejemplo, los frascos de muestras y los equipos de filtración y de preservación) dentro de las cámaras.
  - Trabaja exclusivamente dentro de las cámaras durante la recolección, el procesamiento y la preservación.
  - Cambia las cubiertas de la cámara cuando es necesario.
  - Arma el equipo de limpieza en el terreno y limpia el equipo.
5. MS se encarga de todas las operaciones que relaciona con entrar en contacto con posibles fuentes de contaminación; por ejemplo, MS:
  - Trabaja exclusivamente en el exterior de las cámaras del procesamiento y preservación
  - Prepara y opera el equipo de muestreo, incluidas las bombas y los tomamuestras discretos, el interruptor de bomba peristáltica, el controlador de bombas y el sistema distribuidor.
  - Opera las grúas, trípodes, perforadoras, vehículos u otros equipos de apoyo.
  - Maneja el generador u otras fuentes de alimentación para tomamuestras.
  - Maneja las herramientas tales como martillos, llaves inglesas, llaves, cerraduras y distribuidores de flujo de muestras.
  - Maneja los instrumentos monoparámetros o multiparámetros para mediciones en el terreno.
  - Maneja el porta agitador, incluidas las bolsas exteriores protectoras.
  - Maneja el equipo de aforo de caudal o de nivel del agua.
  - Prepara y calibra instrumentos de mediciones en el terreno.
  - Mide y registra niveles del agua y mediciones en el terreno.

## **Muestreo de Metal y de Oligoelemento**

Se recomiendan las siguientes prácticas en el terreno cuando se toman muestras para determinar la presencia de metales y oligoelementos:

1. Pensar en la contaminación: tener presente y anotar las fuentes posibles de contaminación en cada sitio de trabajo.
2. Usar guantes adecuados no contaminantes, desechables y exentos de polvo.
  - Cambiarse los guantes antes de cada nuevo paso durante la recolección y el procesamiento de las muestras.
  - Evitar el contacto manual con superficies contaminantes (tales como equipos, monedas y alimentos).
3. Usar equipos contruidos de materiales que sean relativamente inertes con respecto a los analizandos objetivo. Los tomamuestras metálicos deben tener un revestimiento de epoxi para evitar contaminación con oligoelementos.
4. Usar solamente los equipos que se hayan limpiado de acuerdo con los procedimientos prescritos. Consultar los procedimientos de limpieza de equipos en la sección de este manual titulada "Preparando de Muestreo para Control de Calidad." El equipo de procesamiento de muestras debe mantenerse cubierto (cuando no expende muestras).
5. Enjuagar el equipo en el terreno solamente conforme a las instrucciones. Algunos equipos para ciertos analizandos no deben enjuagarse en el terreno.
6. Seguir los procedimientos correctos de manejo de muestras:
  - Minimizar el número de pasos de manejo de muestras.
  - Usar técnicas de ML/MS según sea necesario para el muestreo de partes por millares de millones de oligoelementos.
  - Adaptar las técnicas de ML/MS para todos los tipos de muestra, según lo requerido para obtener datos de calidad conocida.
  - Adiestrarse y practicar técnicas de aplicación en el terreno bajo supervisión antes de tomar muestras de agua por cuenta propia.
7. Tomar y procesar muestras en un recinto limpio, tal como un vehículo dedicado a la calidad del agua o una cámara de procesamiento en el terreno. Los objetos metálicos, la suciedad, los residuos de aceite, el escape del motor y los alimentos pueden ser fuentes de contaminación. Pueden fabricarse simples cámaras de procesamiento con un marco de cloruro de polivinilo y una bolsa de plástico transparente.

8. Filtrar muestras para oligoelementos disueltos y metales tan pronto como resulte práctico después de tomarlos. Usar un filtro de cápsula desechable, de camino tortuoso, (tamaño efectivo de los poros de 0.45  $\mu\text{m}$ ). La USEPA usa un Gelman Supor, modelo no. 12175 (15-mm de diámetro o más grande), o modelo equivalente. Se recomienda usar una bomba de velocidad variable, accionada con batería dotada de un cabezal de bomba peristáltica que hace pasar la muestra a través de una tubería Tygon™ o Teflon™. Las muestras filtradas deberán preservarse con (1+1) ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) ultra puro, con un pH de 2.0 o menos. Normalmente, 3 mL de (1+1) ácido por litro debería ser suficiente para preservar la muestra. El ácido nítrico ultra puro se obtiene en viales de polipropileno de 2-mL.
9. Tomar un número suficiente de tipos apropiados de muestras de CC. Seguir un orden prescrito de recolección y procesamiento de muestras.
10. Seguir un orden prescrito para tomar y procesar muestras.

En las tablas sumarias 3 y 4 se dan detalles específicos sobre los requisitos para métodos de tomar muestras al azar y muestras integradas en profundidad y los requisitos de preservación, almacenamiento, y manejo de estas muestras. En las secciones siguientes sobre muestreo al azar y muestreo transversal se resumen las técnicas básicas de obtención de muestras de agua.

### **Muestreo Tomado al Azar**

Las muestras tomadas al azar se indican en la tabla 2 para OCD I, II, y III. Una muestra tomada al azar, como se explica en una sección anterior, es colocado en un recipiente abierto desde un solo punto en la superficie de un arroyo/río/lago/embalse, o cerca de ella. Las muestras tomadas al azar pueden tomarse con un recipiente suspendido o de mano de polipropileno (Nalgene™) de 5-galones, vertedor desechable o frasco angosto de boca abierta. Si la muestra tomada al azar es recolección por métodos de mano, el muestreador colector deberá vadear hasta el lugar donde se tomará la muestra (preferiblemente en el centroide de la corriente o en el canal de paso) y sumergir un frasco de mano de boca angosta. Las muestras de agua deben recogerse antes de hacer ningún otro trabajo en el lugar. Si se hace otro trabajo (por ejemplo, recolección de muestras sedimentarias, medición de caudal, o evaluación biológica/de hábitat) antes de la recolección de las muestras de agua, una muestra representativa será difícil recoger de una corriente alterada. El muestreador colector deberá pararse corriente abajo de la botella durante la operación de llenado. Deberá tenerse cuidado de evitar tomar partículas que estén suspendidas como consecuencia del vadeo. Algunos ejemplos de muestras tomadas al azar son muestras de inmersión, discretas y de bomba. Las muestras de inmersión normalmente se recogen sumergiendo el envase de recolección (de un material no contaminante correcto) en la capa superior del cuerpo de agua. Se recogen muestras discretas o puntuales ya sea (1) bajando un tomamuestras hasta una profundidad especificada y después recogiendo una muestra abriendo y cerrando el tomamuestra, o (2) usando un tomamuestras monoetápico, que se llena cuando el nivel de la corriente

sube hasta una altura predeterminada. Los tomamuestras de tanque y algunos de bomba son los que más se usan para tomar muestras por el método 1. Aunque estos tomamuestras se prevén principalmente para muestrear aguas calmas, se los puede adaptar para aguas que fluyen lentamente. Los tomamuestras monoetápicos usados en el método 2 incluyen el U-59 y son útiles en estaciones sobre corrientes rápidas o en otros lugares donde es difícil llegar a una estación para tomar muestras manualmente. Los muestreos con bombas se recogen típicamente mediante aspiración o sistemas de bombas sumergibles destinadas a tomar muestras para verificar la calidad del agua. Los sistemas de bomba pueden ser portátiles o estar instalados permanentemente y automatizados para el muestreo.

Para una muestra de calidad del agua de rutina donde el agua cerca de la superficie es representativa de la masa de agua, puede tomarse una muestra de agua sumergiendo directamente el recipiente debajo de la superficie del agua hasta una profundidad de 1 pie. Puede usarse una cubeta para tomar una muestra si la capa superficial mixta es poco profunda o accesible solamente desde un puente. Si se usa una cubeta, deberá tenerse sumo cuidado para evitar contaminar la muestra con desechos de la soga y del puente. Deberá tenerse cuidado también de enjuagar la cubeta entre estaciones. En los ríos lentos, embalses y estuarios, la profundidad de la capa mixta puede determinarse en base a mediciones en el terreno ubicando el termocline o un cambio abrupto en la conductancia específica. En las masas de agua influenciadas por las mareas, la capa superficial mixta se define como la parte de la columna de agua desde la superficie hasta la profundidad en que la conductancia específica es  $6,000 \mu\text{S}/\text{cm}$  mayor que la conductancia específica en la superficie. Para muestras de capas superficiales mixtas (profundidad de más de 1 ft), preenjuagar uno de los siguientes dispositivos de muestreo al menos una vez con agua nativa antes de usar: tubo de bomba sumergible, Kemmerer, o Van Dorn. Deberá tomarse un volumen mínimo de 3 L de cada sitio. Los recipientes de la muestra no tienen que ser enjuagados con el agua del sitio. Deberá tenerse cuidado en todo momento durante la recolección, manejo y transporte de las muestras, para evitar exponer la muestra a la luz solar directa. En la tabla 3 se presenta información sobre el procesamiento y preservación de muestras y tiempos de retención del método del muestreo al azar, incluidos información sobre los metales disueltos en el agua.

**Tabla 3.** Resumen de métodos de muestreo y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo

[mL, mililitro; L, litro; °C, grados Celsius; conc., concentrado; <, menor que; >, mayor que; g, gramo; SAF, sulfato de amonio ferroso; µm, micrómetro; ML/MS, manos limpias/manos sucias; ft, pie; OVC, orgánicas volátiles compuestas; BTEX, benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos; qt, cuarto; ADI, agua desionizada]

Propiedad o componente	Recipiente(s)	Muestra volumen (mL)	Preservación	Tiempo máximo de retención	Procedimiento(s)
<b>Muestra de Agua</b>					
<b>Muestra de agua de rutina</b> (3 recipientes: 2 sin preservativos, 1 preservado con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )					
Alcalinidad	Plástico o vidrio de 1 cuarto o 1-L	100	Enfriar hasta 4 °C, oscuro	14 días	Rotular los frascos con el número de identificación del sitio, el nombre de la estación, la fecha, la hora y el código de designación de la muestra.
Total de sedimento suspendido, sedimento suspendido	do.	400	do.	7 días	Poner una <b>X</b> sobre la tapa del recipiente para identificar la muestra acidificada.
Cloro (Cl )	do.	100	do.	28 días	No es necesario preenjuagar los recipientes con agua ambiente.
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	do.	100	do.	28 días	
Orthophosphate phosphorus (PO <sub>4</sub> -P)	do.	150	do.	Filtrar LAP*; 48 horas hasta el análisis	Llenar cada recipiente con agua ambiente sumergiéndolo aproximadamente un pie por debajo de la superficie en medio de la corriente hasta que se llene.
Nitrato + Nitrito (NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> )**	do.	150	do.	28 días	Poner inmediatamente la muestra sobre hielo. Acidificar el recipiente <b>X</b> lo antes posible.
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	do.	150	1 a 2 mL conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH <2 y enfriar hasta 4 °C, oscuro	28 días	Poner sobre hielo y despachar lo antes posible.
Fósforo total	do.	150	do.	28 días	* Es preferible que las muestras se filtren en el terreno o en el laboratorio lo antes posible
Carbono orgánico total	do.	100	do.	28 días	** Si los nitratos y nitritos se analizan por cromatografía iónica, no se necesitará la acidificación. Para otros métodos de análisis, preservar con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH <-2 por un tiempo de retención de 28 días.
Clorofila <i>a</i>	Plástico o vidrio marrón de un cuarto o 1-L	1,000	Enfriar hasta 4 °C, oscuro	Filtrar dentro de las 48 horas	*** En Métodos Estándar, debería filtrar las muestras lo antes posible y los filtros pueden almacenarse congelados por 21 a 30 días. Otras autoridades dicen filtrar las muestras y que pueden almacenarse por tiempo indefinido.
Feofitina <i>a</i>				Los filtros pueden almacenarse congelados por 30 días****	
Nitrito	do.	50	Enfriar hasta 4 °C, oscuro	48 horas	
Disuelto de Sólidos total	do.	250	Enfriar hasta 4 °C, oscuro	7 días	
Dureza	Plástico o vidrio de un cuarto o 1-L	250	Sin filtrar, enfriar hasta 4 °C, oscuro, O Filtrado 2 mL conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> o HNO <sub>3</sub> hasta pH <2; Enfriar hasta 4 °C, oscuro	48 horas 6 meses	

**Tabla 3.** Resumen de métodos de muestreo y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo—Continuación

Propiedad o componente	Recipiente(s)	Muestra volumen (mL)	Preservación	Tiempo máximo de retención	Procedimiento(s)
<b>Muestra de agua al azar</b>					
Aceite y grasa	Bote de vidrio con tapa revestida de Teflon™, enjuagado con hexano o cloruro de metileno.	1,000	2 mL conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> to pH <2; Enfriar hasta 4 °C, oscuro	28 días	
Fenoles	Bote de vidrio con tapa revestida de Teflon™.	1,000	2 mL conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> to pH <2; Enfriar hasta 4 °C, oscuro	28 días	
Cianuro	Un cuarto o 1-L de plástico	1,000	2 mL 1:1 NaOH agregado a pH >12; 0.6 g de ácido ascórbico si se encuentra cloro residual. Enfriar hasta 4 °C, oscuro	14 días	
Demanda bioquímica de oxígeno	Galón de plástico	>4,000	Enfriar hasta 4 °C, oscuro; agregar 1 g de cristales de SAF por litro si se encuentra cloro residual	48 horas	
Demanda química de oxígeno	Un cuarto o 1-L de plástico	110	2 mL conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH <2; Enfriar hasta 4 °C, oscuro	28 días	
<b>Metales en agua</b>					
Disuelto (excepto Hg)	Botella de plástico de un cuarto limpiada con HNO <sub>3</sub>	1,000	Filtrar en el sitio del muestreo con un filtro en línea de 0.45 micrones en un recipiente preacidificado de HNO <sub>3</sub> ultra puro a pH <2	6 meses	Metales disueltos (incluye cromo hexavalente) Ponerse guantes de látex <i>sin polvo</i> usando la técnica de Manos Limpias/Manos Sucias; Montar la bomba, la tubería y el filtro. Sumergir la tubería de entrada directamente 1 pie y bombear aproximadamente 500 mL de agua ambiente para purgar la tubería y el filtro. Llenar el recipiente prellenado y preacidificado con 600–1,000 mL de filtrado dejando un poco de espacio en la parte superior.
Mercurio disuelto	do.	1,000	Filtrar en el sitio de la muestra con un filtro en línea de 0.45 micrones en un recipiente preacidificado de HNO <sub>3</sub> ultra puro a pH <2	28 días	Total metales Ponerse guantes de látex <i>sin polvo</i> usando la técnica de Manos Limpias/Manos Sucias; Montar la bomba y la tubería sin el filtro. Sumergir la tubería de entrada directamente 1 pie y bombear aproximadamente mL de agua ambiente para purgar la tubería y el filtro. Llenar el recipiente prellenado y preacidificado con 600–1,000 mL de filtrado dejando un poco de espacio en la parte superior.
Total (excepto Hg)	do.	1,000	Recipiente preacidificado con 5 mL de HNO <sub>3</sub> ultra puro a pH <2	6 meses	
Total mercurio (Hg)	do.	600	Recipiente preacidificado con mL de HNO <sub>3</sub> ultra puro a pH <2	28 días	
Cromio hexavalente (filtrado)	Plástico o vidrio	600	Enfriar hasta 4 °C, oscuro	24 horas; debe notificar al laboratorio por adelantado	

**Tabla 3.** Resumen de métodos de muestreos y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo—Continuación

Propiedad o componente	Recipiente(s)	Muestra volumen (mL)	Preservación	Tiempo máximo de retención	Procedimiento(s)
<b>Materias Orgánicas/Pesticidas en el Agua</b>					
Orgánicas volátiles Compuestas (OVC)	Dos viales de VOA de 40-mL	80	Enfriar hasta 4 °C, oscuro; o 2 a 4 gotas de HCl a pH < 2, enfriar hasta 4 °C, oscuro para BTEX	14 días	
Materias Orgánicas Pesticidas y herbicidas Pesticidas Organofosforosos Pesticidas Organoclorados Herbicidas Clorados Orgánicas semivolátiles	Bote de vidrio de 1 qt con tapa revestida de teflon por tipo de muestra; debe estar pre-enjuagado con hexano, acetona o cloruro de metileno	1,000  Cada tipo de muestra requiere 1,000 mL en un recipiente separado	Enfriar hasta 4 °C, oscuro  Si hay presencia de cloro, agregar 0.1 gramo de tiosulfato de sodio	7 días hasta la extracción	Rotular cada recipiente antes de tomar con número de etiqueta/número único identificador de la muestra, Localización de la Estación, Fecha, y "ORGANICAS-Pesticidas Organofosforosos o Pesticidas Organoclorados, o Herbicidas Clorados" o "SEMIVOLÁTILES" (dependiendo del tipo de muestra). Llenar el bote de un cuarto hasta el tope. Poner en la oscuridad y sobre hielo.
<b>Muestras Biológicas</b>					
Toxicidad en el agua	Dos de 1-gal de vidrio o de plástico	8,000	Enfriar hasta 4 °C, oscuro	7 días	Rotular cada recipiente antes de tomar con el número de localización de la Estación, fecha, y tipo de muestra. Jalar recipientes para abrir. No es necesario preenjuagar el recipiente con agua ambiente. Sumergir cada recipiente aproximadamente una pie por debajo de la superficie en medio de la corriente hasta que se llene. Poner inmediatamente la muestra sobre hielo y despachar lo antes posible.



**Tabla 3.** Resumen de métodos de muestreo y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo—Continuación

<b>Muestras de Garantía de Calidad</b>	
<b>Duplicados de Campo</b>	
<p>Representa la variabilidad introducida durante el muestreo, la preservación y la manipulación. Una de cada 10 muestras recolecciones o en base al 10 por ciento.</p> <p>Tomar dos juegos de muestras de agua de rutina en el mismo lugar, en forma consecutiva, usando los mismos métodos. Las muestras son manipuladas, almacenadas, despachadas y analizadas siguiendo procedimientos idénticos. Esto se aplica a todos los casos de procedimientos de rutina para tomar agua de superficie, incluidas muestras tomadas al azar, muestras tomadas al azar en cubetas desde puentes, bombas y otros aparatos de muestreo de aguas o sedimentos.</p> <p>Cada juego de muestras tiene un número de etiqueta separado. Presentar ambos juegos de muestras de agua al mismo laboratorio para análisis; ROTULAR la etiqueta RFA como DUPLICADO.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Biancos de Viaje</b></p> <p>Se presenta un juego de muestras de ADI para muestras orgánicas volátiles solamente.</p> <p>Se preparan blancos de ADI en el laboratorio, se transportan al terreno y se preservan (conforme a las instrucciones) junto con las demás muestras.</p> <p>El blanco de viaje demuestra que la manipulación de los recipientes y de la muestra no introdujo contaminación.</p>
<b>Biancos Metálicos</b>	
<b>Metales Disueltos</b>	
<p>Para evaluar la contaminación de muestras de metales disueltos en el agua, se presentan BLANCOS DE CAMPO al laboratorio por cada viaje de muestreo o en base a un 10 por ciento.</p> <p>Los blancos se recogen en la última estación de un viaje de muestreo o día de muestreo.</p> <p>El ADI se obtiene del laboratorio.</p> <p>Se presentará como muestra en blanco 1,000 mL de ADI sin metales que se ha extraído a través de un nuevo filtro. Purgar el tubo con a , mL de ADI libre de metales. Se seguirá el procedimiento de rutina descrito para tomar el total de metales en el agua.</p> <p>Rotular el recipiente con BLANCO DE METALES DISUELTOS y un número de etiqueta de muestra separado (se usa la misma etiqueta RFA para muestras de metales disueltos y metales en agua); ROTULAR la Etiqueta RFA como BLANCO.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Total Metales</b></p> <p>Para evaluar la contaminación de las muestras totales de metales en el agua, se presentan al laboratorio BLANCOS DE CAMPO por cada viaje de muestreo o en base a un 10 por ciento.</p> <p>Las muestras en blanco se recogen en la última estación de un viaje de muestreo o día de muestreo.</p> <p>El ADI se obtiene del laboratorio.</p> <p>Se presentará como muestra en blanco 1,000 mL de ADI libre de metales que se ha hecho pasar por un tubo limpio. Purgar el tubo con 500 a 1,000 mL de ADI libre de metales. Se seguirá el procedimiento de rutina descrito para tomar el total de metales en el agua.</p> <p>Rotular el recipiente con BLANCO DE TOTAL METALES y el número de etiqueta de la muestra (se usa la misma etiqueta RFA para muestras con metales disueltos y total de metales en el agua); ROTULAR LA etiqueta RFA como BLANCO.</p>

## **Muestreo transversal**

El muestreo transversal (en este manual se usa para denotar un compuesto integrado transversalmente, ponderado en función de la corriente) se logra utilizando tomamuestras integradores en profundidad con boquillas que se llenan isocinéticamente. Un tomamuestras isocinético opera de una forma en que la mezcla de agua-sedimento se mueve dentro del tomamuestras sin que haya cambio de velocidad ni dirección (velocidad) cuando el agua ingresa en la entrada del tomamuestras. Este método de muestreo garantiza que la concentración de sedimentos en la mezcla de sedimentos en agua en el tomamuestras y la concentración de sedimentos en la corriente sea la misma. Un tomamuestras icocinético se baja por una vertical (el centro de cada incremento o parte de la sección transversal de la corriente) a una velocidad de tránsito predeterminada. La velocidad de tránsito (la velocidad en que se baja y se levanta el tomamuestras) es principalmente una función del diámetro de la boquilla del tomamuestras, el volumen del recipiente del tomamuestras, la velocidad de la corriente y la profundidad del muestreo. La velocidad de tránsito debe mantenerse constante durante el descenso y también durante el ascenso del tomamuestras por una vertical. Tres métodos de muestreo diferentes basados en el uso de tomamuestras isocinéticos son el método vertical simple en el centroide del flujo, el método de incremento de descargas iguales (IDI) y el método de incremento de anchos iguales (IAI). Estos métodos serán resumidos en esta sección. El centroide de la corriente es el punto en el incremento en que la descarga es igual a ambos lados. El número de incrementos necesarios para obtener una muestra ponderada en función de la descarga en un sitio está relacionado principalmente con la exigencia de DQOs y con la calidad de la mezcla u homogeneidad de la corriente con respecto a las características físicas, químicas y biológicas (variación) de la sección transversal. En la tabla 4 se presenta la información sobre procedimientos y preservación de muestras y tiempos de retención para el método de muestreo representativas/integradas en profundidad.

**Tabla 4. Resumen de métodos de muestreo transversal integrado en profundidad y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo**

[mL, mililitro; °C, grados Celsius; ppm, partes por mil millones; *N*, normalidad; ML/MS, manos limpias/manos sucias; ADI, agua desionizada IPI, incremento de profundidad igual; EAI, incremento de anchos iguales; ss, sedimento suspendido; mg/L, miligramo por litro; µm, micrómetro; mm, milímetro; COD/COS, carbono orgánico disuelto/carbono orgánico suspendido; <, menor que; >, mayor que; DBO, demanda bioquímica de oxígeno; g, gramo; SAF, sulfato de amoníaco ferroso; cm, centímetro]

Propiedad o componente	Recipiente(s)	Muestra volumen (mL)	Preservación	Tiempo máximo de retención	Procedimiento(s)
<b>Muestras de Agua</b>					
<b>Muestras de agua de rutina</b>					
(los volúmenes de muestra integrada en profundidad par materias inorgánicas y COD/COS están combinados en el dispositivo separador)					
Conductancia específica, pH, turbidez	Los volúmenes de muestras no filtradas para frascos se expenden de separadores dinámicos o de embudo	250	Sin preservativos/no es necesario enfriar	6 meses	Antes de iniciar las recolecciones en el terreno, se lava todo el equipo en la oficina o el laboratorio, siguiendo los protocolos ultra limpios/ppmm/ML/MS indicados de este manual. Rotular los frascos con el número de identificación del sitio, el nombre de la estación, la fecha, la hora y el código de designación de la muestra.
Alcalinidad, fluoruro, cloruro, sulfato, vanadio	Los volúmenes de muestras filtradas se bombean del dispositivo separador a través del filtro de cápsula	500	do.	6 meses	Enjuagar todos los frascos de muestras inorgánicas tres veces con ADI y después llenarlos hasta la mitad con ADI para transportarlos al terreno. Enjuagar todo el equipo de muestreo y los dispositivos de separación completamente tres veces con agua nativa antes de tomar la primera muestra. Tomar el volumen requerido de agua por los métodos correspondientes (sección transversal (ID)/IAD) centroide del flujo) empleando las técnicas de ML/MS. Combinar muestras integradas en profundidad en el separador dinámico o separador de embudo. Para corrientes donde las concentraciones de SS son de 2,000 mg/L o mayores, se recomienda el separador de embudo.
Ortofósforo fosforoso (PO <sub>4</sub> -P)	Volúmenes de muestra filtrados expandidos a través del filtro de cápsula en un frasco de polietileno marrón		Enfriar a 4 °C, oscuro	Enviar inmediatamente al laboratorio para análisis 48 horas	Filtrar las cantidades requeridas (con un filtro de cápsula de 0.45 µm preacondicionado con 1 litro de ADI) para oligoelementos disueltos, nutrientes, iones grandes y alcalinidad. Colocar la muestra sobre hielo inmediatamente. Enviar lo antes posible.
Nitrato + Nitrato (NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> )	do.	125	do.	28 días	La muestra de COS/COD es filtrada en una unidad de barril filtrador de acero inoxidable usando un filtro de plata de 47 mm de diámetro preacondicionado con ADI exenta de materias orgánicas. *Los volúmenes de COS filtrado varían con la concentración de sedimentos en suspensión, como sigue: sedimentos en suspensión (ss) <30 mg/L-filtro 250 mL; ss 30–300 mg/L-filtro 100 mL; ss 300 a 1,000 mg/L-filtro 30 mL; y ss >2,000 mg/L-filtro 10 mL. Retirar cuidadosamente el filtro de plata de COS, doblarlo por la mitad con los sedimentos adentro y colocarlo en un disco de Petri de plástico, anotar el volumen del filtrado sobre el disco y colocarlo en una bolsa de plástico cerrable.
Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) + N orgánico	do.		do.	28 días	
Nítrito (NO <sub>2</sub> )	do.		do.	48 horas	
Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) + fósforo total <i>N</i> orgánico	Volúmenes de muestra sin filtrar expandidos del separados	120	1 mL 4.5N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> and Enfriar a 4 °C, oscuro	Enviar inmediatamente al laboratorio para análisis 28 días	
COD, carbono orgánico disuelto	Frasco de vidrio ámbar prehornado, no preenjuagado	5–120	Enfriar a 4 °C, oscuro	Filtrar in situ	
COS, carbono orgánico suspendido	do.	10–250*	do.	Los filtros pueden almacenarse congelados 30 días	

**Tabla 4. Resumen de métodos de muestreo transversal integrado en profundidad y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo—Continuación**

Propiedad o componente	Recipiente(s)	Muestra volumen (mL)	Preservación	Tiempo máximo de retención	Procedimiento(s)
<b>Muestra de agua al azar</b>					
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Botella de DBO con tapón	300	Enfriar hasta 4 °C, oscuro; agregar 1 gramo de cristales de SAF por litro si hay presencia de cloro residual	48 horas	
<b>Oligoelementos en Agua</b>					
Oligoelementos disueltos— aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boron, cadmio, cromo, cobalta, cobre, hierro, plomo, litio, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, plata, Estroncio, uranio, vanadio, zinc	Enjuagar las botellas con 25 a 50 mL de agua nativa filtrada	250	Filtrar en el lugar del muestreo con un filtro de cápsula de 0.45-µm, acidificar con ampollas de HNO <sub>3</sub> Teflon™	6 meses	Limpiar todo el equipo usando el proceso de limpieza incluido en este manual. Tomar la muestra con los mismos protocolos con que usaba recoger otras muestras integradas en profundidad. El equipo de muestreo, el separador y la tubería de Teflon™ deben ponerse en remojo durante 30 minutos en una solución de HCL al 5 por ciento. Filtrar el volumen de muestra requerido con un filtro de cápsula dentro de la tubería de 0.45 micrones (preacondicionado con 1 litro de ADI). Usar 25 a 50 mL de muestra filtrada para enjuagar la botella de oligoelementos (llenarlo hasta la parte superior del labio inferior de la botella de 250-mL). Llenar la botella de muestra designado solamente hasta la parte superior del labio superior de la botella de muestra para llegar a un volumen total filtrado de alrededor de 250 mL.
<b>Materias Orgánicas/Pesticidas en el Agua</b>					
Materias orgánicas	La muestra es filtrada y vertida en un frasco de vidrio de ámbar horneado de 1 litro*	1,000	Enfriar a 4 °C, oscuro	7 días hasta la extracción	Preenjuagar el filtro (placa de 142-mm) con 100mL de agua nativa, como mínimo. Filtrar con un filtro de fibra de vidrio horneada (tamaño de poros de 0.7-µm.) Recoger ~ 1 L aproximadamente de muestra filtrada sin preenjuagar la botella, dejando 2 cm de espacio superior en la botella. Determinar el volumen exacto de la muestra filtrada restando el peso de tara del peso de la botella de muestra llenada. Enjuagar todo equipo/tubería en contacto con la muestra de pesticida con metanol para pesticidas.
Pesticidas y herbicidas	do.	1,000	Enfriar hasta 4 °C, oscuro Si hay presencia de cloro, agregar 0.1 gramo de tiosulfato de sodio	7 días hasta la extracción	

**Tabla 4. Resumen de métodos de muestreo transversal integrado en profundidad y requisitos de conservación, almacenamiento y manejo—**  
Continuación

<b>Muestras de Garantía de Calidad</b>	
<b>Blancos de Laboratorio/Equipos de Campo</b>	
<p>Se requiere un blanco de equipo de laboratorio tanto para materias inorgánicas (metales y nutrientes disueltos) como para el carbono orgánico. Son requeridas por el protocolo inorgánico que se tomará al menos una vez por año por el equipo que se usa para tomar muestras de bajo nivel para componentes inorgánicos. Es una muestra en blanco que es generada en el laboratorio para verificar que la limpieza y el mantenimiento del equipo es adecuada para prevenir la contaminación del agua nativa cuando se recoge una muestra medioambiental. Se requieren dos blancos de equipo en el terreno para materias inorgánicas y carbono inorgánico y se requiere uno para pesticidas al menos una vez por año. Un blanco de equipo en el terreno es una solución en blanco que es generada en condiciones reales en el terreno y está sujeta a los mismos aspectos de recolección de muestras, procesamiento en el terreno, preservación, transporte y manipulación que las muestras medioambientales. Los blancos de equipo en el terreno se debe preparar inmediatamente antes de tomar y procesar una muestra de agua nativa en un sitio seleccionado y deben prepararse usando agua en blanco sin materias inorgánicas o sin materias orgánicas, pero no ambas en el mismo lugar.</p>	
<b>Blancos de Equipo Inorgánicos</b>	
<p>Tomar dos muestras iniciales de solución fuente, una para cada plan si fuera necesario. Después del enjuague inicial, llenar la botella del tomamuestras con blanco de agua y verter por la boquilla en la bombona de vidrio; Verter el resto del agua en blanco del tomamuestras en el separador dinámico; volver a llenar el tomamuestras y repetir hasta que el agitador contenga unos 5 litros de agua; bombear una parte alícuota de agua en blanco del separador dinámico, usando el sistema de bombeo de rutina, en un frasco de muestra para el blanco de bomba de oligoelemento. Bombear dos partes alícuotas de solución de agua en blanco desde el separador dinámico a través del sistema de filtración preacondicionado en dos frascos de muestra para los blancos de equipo en el terreno con nutrientes y oligoelementos disueltos. Preservar todas las muestras conforme a lo requerido: presentar al laboratorio solamente las muestras blanco de equipo en el terreno (nutrientes filtrados y oligoelementos disueltos) y almacenar el resto de las muestras para análisis posterior, si fuera necesario.</p>	
<b>Blancos Orgánicos de Equipo</b>	
<p>Tomar dos muestras iniciales (1 litro y 125 mL) de solución fuente, una para cada programa, si fuera necesario. El enjuague del tomamuestras deberá simular lo más aproximadamente posible el enjuague en el terreno que ocurre antes de tomar la muestra medioambiental. Rellenar el tomamuestras y repetir hasta que la bombona de vidrio contenga al menos 2 a 3 litros de agua; bombear una parte alícuota de blanco de agua desde la bombona de vidrio pasando por el sistema de filtración de pesticida preacondicionado para el blanco de equipo del pesticida Volver a llenar el tomamuestras y verter otros 2 a 3 litros de blanco de agua en el separador dinámico; tomar una parte alícuota a través de la llave del agitador y bombearla a través del sistema de filtración preacondicionado COS/COD; después de acondicionar el filtro con 100 mL, filtrar 100 mL adicionales y presentar el filtrado y el filtro para el blanco de equipo de COS/COD.</p>	

### **Método de muestreo en vertical simple en el centroide del flujo**

El método (VCF) usa un centroide del flujo para la sección transversal de la corriente y por lo tanto se muestrea solamente una vertical. En otras palabras, se recoge una muestra integrada en profundidad en la vertical de concentración media ponderada en función del flujo. Consecuentemente para el uso correcto de este método, la sección deberá estar bien mezclada verticalmente y lateralmente con respecto a las concentraciones de los analizando objetivo. Deberán seguirse estos pasos para usar el método VCF:

1. Medir la descarga a lo largo de la sección transversal a ser muestreada. Espaciar las verticales para dar unas 25 a 30 subsecciones o incrementos.
2. Ubicar el centroide del flujo (el punto de la corriente donde la descarga es igual de ambos lados) directamente en la hoja de medición de descarga O
3. Trazar una curva de Incrementos de descargas Iguales (IDI) usando la descarga acumulativa o el porcentaje acumulativo de descarga trazado contra el estacionamiento transversal (en pies desde la orilla derecha de la corriente). El centroide del flujo (según lo determinado por la curva IDI) estaría ubicado en el ancho de la sección transversal donde 50 por ciento de la descarga cruza la línea trazada.
  - a. Si el canal de flujo es estable en la sección transversal que se va a muestrear, entonces las curvas IDI de descarga acumulativa en varias etapas pueden basarse en las mediciones históricas de las descargas. La ubicación de los centroides de incrementos de descargas iguales puede determinarse en base a estos gráficos de modo que no tengan que hacerse mediciones de descarga antes de cada muestreo. Las curvas IDI requieren verificación periódica, a diferencia de las mediciones de descargas recientes.
  - b. Examinar la sección transversal para establecer la uniformidad del aspecto.
4. Medir la variación transversal de las mediciones en el terreno (temperatura, pH, DO y conductancia eléctrica específica) en los sitios que tienen historias de muestreo. Generalmente, estos parámetros de campo deben estar medidos a no menos de 10 incrementos espaciados uniformemente a aproximadamente 1 pie por debajo de la superficie del agua. Registrar y revisar la magnitud de las variaciones en la sección transversal. Si los valores de medición de campo difieren en menos del 5 por ciento e indican que la corriente está bien mezclada tanto a lo largo de la sección transversal como desde el fondo hasta la superficie, podrá usarse un solo flujo vertical.
5. Evaluar los datos de los pasos 1-4 para decidir si corresponde aplicar el método VCF. Si la descarga, la medición en el terreno o los análisis químicos no confirman que la sección transversal está bien mezclada vertical y lateralmente usar o bien el método IDI o el método IAI.

6. Si el método vertical simple es apropiado ir a la sección de los procedimientos IDI y seguir el paso 3 para seleccionar la velocidad de tránsito y al paso 4 para tomar muestras.

### **Método de incremento de igual profundidad**

El objetivo del método IDI consiste en tomar una muestra ponderada de descargas que represente todo el caudal que pasa por la sección transversal, obteniendo una serie de muestras, cada una representando volúmenes iguales de descarga. El método IDI requiere que el flujo en la sección transversal se divida en incrementos de descarga igual. Se recogen muestras de igual volumen en el centroide de cada uno de los incrementos de descarga igual en la sección transversal. Las muestras se recogen pasando el tomamuestras por una vertical ubicada en el centroide de cada IDI. El colector de muestras debe: (1) usar equipo de muestreo isocinético, de integración en profundidad (Apéndice D), (2) usar el mismo tamaño de frasco y boquilla de tomamuestras en cada una de las verticales, (3) Usar la misma velocidad de tránsito constante durante cada ascensión y descenso en las verticales y (4) combinar las muestras de todas las verticales en el equipo de combinación correspondiente.

Los siguientes pasos resumen el método IDI:

1. Preparar el sitio en el terreno.
    - a. Al llegar, preparar el equipo de seguridad tal como conos y señales de tráfico. Parquear el vehículo en una ubicación y orientación de manera de evitar la contaminación de la muestra con las emisiones del vehículo.
    - b. Montar el equipo necesario y preparar un espacio de trabajo limpio.
  - Para recoger compuestos orgánicos, usar polímero de fluorocarbono, vidrio o metal para los componentes del equipo que están en contacto directo con las muestras que serán analizadas para detectar compuestos orgánicos. No usar plásticos que no sean polímeros de fluorocarbono.
  - Para recoger componentes inorgánicos, usar polímero de fluorocarbono, vidrio o metal para los componentes del equipo que están en contacto directo con las muestras que se analizarán para determinar presencia de compuestos orgánicos. No usar componentes de metal ni de goma para muestrear oligoelementos.
  - Tomar muestras de bacterias (si fuera requerido) usando el método de filtración descrito en la sección de este manual titulada Carpetas de Campo/Mediciones en el Terreno.
  - Calibrar los instrumentos de campo siguiendo las recomendaciones de los manuales de funcionamiento correspondientes.
2. Seleccionar el número y la distribución de incrementos de descargas iguales.

El número de incrementos de descargas iguales seleccionados para un sitio de muestreo se rige por los factores descritos en los pasos siguientes y no deberán determinarse arbitrariamente.

- a. Inspeccionar visualmente el caudal de orilla a orilla, observando la distribución de la velocidad, el ancho y la profundidad, así como la distribución aparente de los sedimentos y de la biota acuática en la sección transversal. Observar y documentar la ubicación del agua estancada, los remolinos, agua paralizada, flujos inversos, áreas de flujo más rápido que el normal y embarcaderos u otras obstrucciones en la sección transversal.
- b. Determinar el ancho de la corriente desde un cable de cola o desde marcas de distancia sobre los rieles de un puente o sobre un cable transportador.
- c. En los sitios con escasos antecedentes de muestreo: medir, registrar y revisar la variación transversal de las mediciones en el terreno (temperatura, pH, DO, y conductancia específica). Revisar la magnitud de las variaciones en la sección transversal.
- d. Medir la descarga a lo largo de la sección transversal para el muestreo o usar las curvas IDI existentes trazadas en base a las mediciones de descargas históricas (si están disponibles)
- e. Determinar el volumen de la descarga que estará representada en cada incremento de descargas iguales, basado en los objetivos de datos para el estudio, la variación en la descarga, características de flujo y corriente en la sección transversal y volumen de muestra requerido para análisis de los componentes previstos.
- f. Dividir la sección transversal entre incrementos de descargas iguales.
  - Al determinar el número de incrementos que van a muestrear, tener en cuenta que la muestra recolección en el centroide del flujo dentro de cada incremento de descargas iguales debe representar la descarga media medida para ese incremento. Si no está representada la descarga media para ese incremento, el número de incrementos debe ser incrementado disminuyendo el volumen de la descarga en cada incremento de descargas hasta que se represente el valor de la descarga media.
  - Como guía, se recomienda un incremento mínimo de cuatro muestreos; el número máximo de incrementos es nueve.
- g. Localizar el centroide del flujo dentro de cada incremento a partir de la medición de descargas siguiendo las siguientes instrucciones: (las ubicaciones del centroide del flujo pueden determinarse también a partir de las curvas trazadas anteriormente, como se describe más adelante en la NOTA TÉCNICA):
  - Construir una curva trazando la descarga acumulativa o el porcentaje acumulativo de descarga trazado contra el ancho transversal, o
  - Determinar ubicaciones de IDI a partir de la hoja de mediciones de descargas (producidas en el 2do paso precedente) siguiendo los pasos i–iv.



- Ejemplo:
  - i. Si la sección transversal de la corriente se divide en cinco incrementos, dividir la descarga de la corriente (determinada en el 2do paso precedente) por 5 para determinar el IDI. Por ejemplo, cada incremento equivale al 20 por ciento de la descarga ( $100 \text{ por ciento} / 5 = 20 \text{ por ciento}$ ), por tanto incrementos iguales de descarga.
  - ii. Ubicar el centroide del flujo (punto en el cual la descarga es igual a ambos lados) del incremento inicial donde la descarga acumulativa es igual a la mitad del IDI (por ejemplo,  $20 \text{ por ciento} / 2 = 10 \text{ por ciento}$ ). Ésta también es la ubicación de la primera vertical en la que se recoge una muestra.
  - iii. Ubicar cada centroide de flujo restante (cuatro en este ejemplo) sumando el incremento de la descarga siguiente a la descarga muestreada anteriormente (centroide) y determinar dónde ocurre esa descarga acumulativa en la sección transversal.
  - iv. Los centroides con IDI corresponderán a las ubicaciones donde los cálculos del apartado iii precedente indican 10, 30, 50, 70, y 90 por ciento de la descarga acumulativa en la sección.

NOTA TÉCNICA: Si el canal de flujo es estable en la sección transversal a ser muestreada, los gráficos de la descarga acumulativa o la descarga acumulativa porcentual en varias etapas pueden basarse en las mediciones de descargas históricas. La ubicación de los centroides de incrementos de descargas iguales puede determinarse en base a estos gráficos de modo que no tengan que hacerse mediciones de descarga antes de cada muestreo. Puede hacerse una interpolación lineal entre curvas IDI basada en la descarga. Sin embargo, estas curvas IDI requieren verificación ocasionalmente, a diferencia de las mediciones de descargas recientes.

### 3. Seleccionar la velocidad de tránsito.

- a. Determinar la profundidad de muestreo y la velocidad de flujo media en el centroide de cada incremento de descargas iguales.
- b. Determinar la velocidad de tránsito para cada centroide que rinda muestras de aproximadamente el mismo volumen, usando profundidad de muestreo, velocidad de flujo media e información en el Apéndice F.

#### Directrices para seleccionar la velocidad de tránsito de muestreo IDI

- Tomar muestras de volúmenes iguales en cada centroide. Esto es requerido para el IDI si la muestra será compuesta. En general, se variarán las velocidades de tránsito de centroide a centroide para tomar volúmenes iguales.
- Mantener la velocidad de tránsito direccionalmente constante y dentro del alcance de la velocidad de tránsito isocinético del tomamuestras (Apéndice F) cuando se recojan muestras isocinéticas en cada centroide.

- NO SOBREPASAR la velocidad de tránsito máxima. La velocidad de tránsito máxima se habrá sobrepasado si no se recoge el volumen de muestra mínimo para la boquilla, frasco y velocidad de flujo seleccionados. Sobrepasar la velocidad de tránsito máxima afectará la concentración de partículas no menores de 0.062 mm.
  - Usar la velocidad de tránsito más lenta posible, pero debe cerciorarse de que la velocidad de tránsito mínima sea suficientemente rápida para evitar que rebase el recipiente del tomamuestras. (El recipiente del tomamuestras rebasa cuando la superficie del agua del recipiente está por encima del fondo de la boquilla cuando el tomamuestras es mantenido en la posición horizontal de muestreo).
4. Tomar muestras (Los procedimientos son iguales ya sea que el muestreo se esté vadeando o usando un método de suspensión de carrete y cable.)
- Tomar muestras en los centroides IDI tantas veces como sea necesario para garantizar la recolección de un volumen de muestras suficiente para análisis si la muestra ha de ser compuesta. Para muestras compuestas, deberá tenerse cuidado de obtener el mismo volumen total de la vertical en cada centroide IDI si se hace más de una transversal en cada centroide. Esto asegura que, la muestra transversal compuesta será proporcional al flujo en el momento del muestreo.
  - Tener presente que es preciso mantenerse dentro de la gama de velocidad de tránsito isocinética del tomamuestras en cada vertical. Si la velocidad de flujo es inferior a la gama de velocidades de tránsito isocinéticas, todavía puede obtenerse una muestra ponderada en función de la descarga recogiendo volúmenes iguales en cada vertical; sin embargo, esta muestra no será isocinética.
    - a. Leer y registrar la altura inicial del limnómetro o del linímetro de cable y peso, si está disponible. Es de rutina guardar una descarga instantánea (relativa a la altura del linímetro en las esetaicones de medición de corriente) con los datos de calidad del agua para calcular las cargas. Desplazar el equipo de muestreo y de apoyo hasta el centroide del primer incremento a muestrear. Enjuagar el equipo de muestreo en el terreno y registrar la hora de inicio del muestreo.
    - b. Bajar el tomamuestras a la velocidad de tránsito constante predeterminada hasta establecer un leve contacto con el lecho de la corriente.
  - No pausar al entrar en contacto con el lecho de la corriente. Levantar el tomamuestras inmediatamente a una velocidad de tránsito constante para completar la travesa vertical. La velocidad de tránsito descendente no tiene que ser igual a la velocidad de tránsito ascendente, pero cada velocidad debe ser direccionalmente constante y dentro de la gama de la velocidad de tránsito isocinético del tomamuestras.

- Tener cuidado de que el tomamuestras no choque con el lecho de la corriente para no alterarlo; el material del lecho puede entrar en la boquilla, dando lugar a datos erróneos.
  - Cerciorarse de que el tomamuestras no esté rebosante. El rebosamiento enriquecerá la muestra con partículas pesadas debido a la circulación secundaria del agua en el tomamuestras (desde la boquilla hasta el escape de aire). Este enriquecimiento podría dar lugar a una concentración de sedimento incrementada artificialmente y orientará la distribución del tamaño de las partículas hacia las partículas más pesadas y más grandes.
- c. Inspeccionar cada frasco o tomamuestras tipo bolsa, buscando rebosamiento y la presencia de cantidades anómalamente grandes de partículas que pudieran haberse captado debido a una alteración excesiva del lecho de la corriente durante la recolección de muestras. Si cualquiera de estas condiciones son observadas, descartar la muestra (cerciorarse de que no hayan quedado partículas residuales en el recipiente) y volver a muestrear.
  - d. Cerciorarse de que el tomamuestras no esté subllenado. El subllenado resulta en una muestra que no se ha recogido isocinéticamente porque se sobrepasó la velocidad máxima de tránsito. El mínimo volumen debe ser recogido para garantizar que es una muestra isocinética.
  - e. Dependiendo de los objetivos de los datos, procesar y(o) analizar las muestras recogidas en cada vertical ya sea como una muestra separada, como un compuesto con otras submuestras recolecciones en la sección transversal, o separar la muestra para procesamiento adicional. Si el volumen total de las muestras que se tomarán sobrepasa la capacidad operativa del separador dinámico, disminuir el número de incrementos o usar un tomamuestras acertado con un frasco más pequeño o con una bolsa con una boquilla más pequeña. Al transferir una muestra de la botella o de la bolsa del tomamuestras al separador, garantizar que todas las partículas del muestreo se transfieran con el agua.
- Retirar la tapa del tomamuestras.
  - Arremolinar suavemente la muestra para mantener las partículas en suspenso.
  - Verter rápidamente la muestra en el separador de muestras.
- f. Desplazar el equipo a la vertical siguiente.
- Determinar la velocidad de tránsito para esta vertical que produzca el mismo volumen que para el centroide con IDI anterior.
  - Repetir los procedimientos del paso 4b a 4e.
  - Repetir este proceso en las verticales restantes en la sección transversal.

g. Registrar la siguiente información después de haber recogido todas las muestras:

- Hora final del muestreo.
- Altura final del limnómetro.
- Todas las observaciones en el terreno y desviaciones de los procedimientos de muestreo estándar.

5. Procesar las muestras según corresponda. Este paso incluye retirar los volúmenes de agua necesarios del aparato de composición para filtrar o verter en los frascos de muestra requeridos. Después de llenar los frascos especificados para los análisis programados, agregar los preservativos necesarios y embalar correctamente los frascos para enviarlos al laboratorio.

6. Limpiar el equipo como corresponde.

- Si el tomamuestras no volverá a utilizarse durante un viaje de campo, enjuagar sus componentes con agua desionizada antes de que se sequen y colocar el tomamuestras en una bolsa de plástico para transportarlo de vuelta al laboratorio de la oficina para su limpieza.
- Si se volverá a utilizar el tomamuestras, limpiarlo en el sitio de la muestra mientras esté mojado.
- Tomar un blanco de campo, si fuera necesario, después de haber lavado el equipo de muestreo en el terreno.

### **Método de incremento de anchos iguales**

Para el método IAI, la sección transversal del caudal se divide en un número de incrementos de anchos iguales. Las muestras se recogen bajando y levantando el tomamuestras por la columna de agua en el centro de cada incremento. La combinación de la misma velocidad de tránsito constante utilizada para muestrear en cada vertical y la propiedad isocinética del tomamuestras resulta en una muestra ponderada en función de las descargas que es proporcional al caudal total.

Los pasos siguientes resumen el método de IAI:

1. Preparar el sitio en el terreno

- a. Al llegar, instalar los equipos de seguridad tales como conos y señales de tráfico. Montar el equipo y preparar un espacio de trabajo limpio.
  - b. Montar el equipo y preparar un espacio de trabajo limpio.
- Para recoger compuestos orgánicos, usar polímero de fluorocarbono, vidrio o metal para los componentes del equipo que están en contacto directo con las muestras que se analizarán para determinar presencia de compuestos orgánicos. No usar plásticos que no sean polímeros de fluorocarbono.

- Para recoger componentes inorgánicos, usar polímero de fluorocarbono, vidrio o metal para los componentes del equipo que están en contacto directo con las muestras que se analizarán para determinar presencia de compuestos orgánicos. No usar componentes de metal o de goma para muestreos de oligoelementos.
  - Tomar muestras de bacterias (si fuera requerido) usando el método de filtración descrito en la sección de este manual titulada Carpetas de Campo/Mediciones en el Terreno.
  - Calibrar los instrumentos de campo siguiendo las recomendaciones de los manuales de operación correspondientes.
2. Seleccionar el número y el ancho de los incrementos de anchos iguales
- a. Inspeccionar visualmente de orilla a orilla y longitudinalmente, observando la distribución de la velocidad, el ancho, la profundidad, y la distribución aparente de los sedimentos y de la biota acuática en la sección transversal. Documentar las ubicaciones del agua estancada, los remolinos, agua paralizada, flujos inversos, áreas de flujo más rápido que el normal y embarcaderos u otras obstrucciones en la sección transversal.
  - b. Determinar el ancho de la corriente desde un cable de cola o desde marcas de distancia sobre los rieles de un puente o sobre un cable transportador.
  - c. En los sitios que tienen escasos antecedentes de muestreo, medir, registrar y revisar la variación transversal de las mediciones en el terreno (temperatura, pH, DO y conductancia específica). Revisar la magnitud de las variaciones en la sección transversal.
  - d. Determinar el ancho del incremento o la distancia entre las verticales. Para determinar el ancho de cada incremento igual, dividir el ancho de la corriente por el número de of verticales necesarias para recoger una muestra representativa. El número de incrementos debe ser un número entero. El ancho del incremento se basa en los OCD para el estudio y en la variación del disuelto de las mediciones del terreno, y características del canal del flujo a lo largo de la sección transversal. Para casi todas las corrientes, excepto las que son muy anchas y poco profundas, generalmente basta con un mínimo de 10 y un máximo de 20 verticales.
- Tomar la muestra en el centro de cada IAI (la vertical). Esta muestra deberá representan aproximadamente la descarga media para ese incremento.
  - Si la muestra no representa el valor medio para ese incremento, disminuir el ancho del incremento hasta que la descarga media sea aproximada. Esto incrementará el número de incrementos muestreados.
  - Ubicar las otras verticales en el centro de cada incremento de ancho igual restante en la sección transversal.

- Hacer leves ajustes en los lugares de muestreo, si fuera necesario, para evitar el muestreo donde el flujo es afectado por un embarcadero u alguna otra obstrucción.

Ejemplo:

- i. Si una corriente de 56 pies de ancho se ha dividido en 14 incrementos de 4 pies cada uno, la primera vertical de muestreo estaría a 2 pies del borde del agua y las verticales subsiguientes estarían a 6 ft, 10 ft, 14 ft y así sucesivamente.
  - ii. Aun cuando el caudal esté dividido, como en un canal trezado, los IAI deben ser idénticos de canal a canal, y debe usarse la misma velocidad de tránsito constante en cada vertical.
3. Seleccionar la velocidad de tránsito.
- a. Consultar en el Apéndice F las directrices para determinar las velocidades de tránsito isocinéticas para tomar muestras isocinéticas integradas en profundidad. A menos que se determine efectivamente la velocidad media, usar el método de ensayo y error para determinar la velocidad de tránsito mínima.
  - b. Ubicar el incremento de anchos iguales que contenga la descarga más grande (el producto mayor de la profundidad por la velocidad) sondando la profundidad y midiendo o estimando la velocidad. En la vertical para este incremento, usar los resultados de la velocidad de tránsito mínima en el relleno máximo permisible dla botella o de la bolsa del tomamuestras durante una transversal vertical.
  - c. Determinar la velocidad de tránsito mínima en esta vertical para el tamaño de la boquilla y la botella o la bolsa del tomamuestras que se haya de utilizar.
  - d. Aproximar la velocidad media (en pies por segundo) de la vertical tomando el tiempo a un marcador como si viajara una distancia conocida. Dividir la distancia (en pies) entre el tiempo (en segundos) y multiplicar por 0.86.
  - e. Cerciorarse de que la velocidad de tránsito no sobrepase la velocidad de tránsito máxima permisible que se utilizará en cualquiera de las verticales restantes en la sección transversal. Esto puede determinarse tomando muestras del incremento más lento y menos profundo que contenga un flujo de alguna importancia. Si en esta vertical no se recoge el volumen mínimo de la muestra, entonces no podrá aplicarse el método IAI en esta sección transversal para tomar una muestra ponderada en función de las descargas.
- La velocidad de tránsito descendente y ascendente debe ser constante en cada dirección y debe ser la misma en cada vertical en la sección transversal.
  - La velocidad de tránsito máxima no debe sobrepasarse en ninguna de las verticales.

- La velocidad de tránsito mínima debe ser suficientemente rápida como para evitar rebosar el tomamuestras. (El tomamuestras rebosa cuando el nivel del agua de la botella o de la bolsa está por encima del borde inferior de la boquilla cuando el tomamuestras se sostiene en la posición horizontal de muestreo).
- Deberá usarse el mismo tamaño de boquilla y frasco del tomamuestras en todas las verticales de la sección transversal.
- El volumen total recogido no debe sobrepasar el volumen recomendado para el separador dinámico usado para componer la muestra.
- Si la velocidad de tránsito sobrepasa la velocidad máxima permisible, usar el método IDI en vez del método IAI.

4. Tomar muestras (los procedimientos son los mismos ya sea que se recoja la muestra vadeando o usando un método de suspensión de carrete y cable; desplazarse hasta la primera vertical (punto medio del primer IAI cerca del borde del agua y enjuagar el equipo en el terreno).

- a. Desplazarse hasta la primera vertical (punto medio del primer IAI cerca del borde del agua) y enjuagar el equipo en el terreno.
  - b. Registrar la hora inicial y la altura del limnómetro.
  - c. Bajar el tomamuestras enjuagado en el terreno a la velocidad de tránsito constante predeterminada hasta que se haya un leve contacto con el lecho del flujo.
- No hacer pausa al entrar en contacto con el lecho del flujo. Levantar el tomamuestras inmediatamente a la misma velocidad de tránsito constante al tomamuestras complete la recorrido vertical
  - Tener cuidado de no perturbar el lecho del flujo chocando el tomamuestras contra el mismo; el material del lecho puede entrar en la boquilla, causando datos erróneos.
  - Cerciorarse de que del tomamuestras no rebase. El rebasamiento resulta en una muestra que no es isocinética y que podría enriquecerse con partículas pesadas debido a circulación secundaria del agua por el tomamuestras (desde la boquilla hasta el escape de aire). Cerciorarse de que la botella del tomamuestras no esté subllenado.
  - Cerciorarse de que el tomamuestras no esté subllenado. El subllenado resulta en una muestra que no se ha recogido isocinéticamente porque se sobrepasó la velocidad máxima de tránsito. Se debe haber recogido el volumen mínimo para garantizar que la muestra sea isocinética.
  - Si no es posible tomar el volumen requerido, usar el método IDI para muestras ponderadas en función de las descargas.

- d. Inspeccionar cada frasco o tomamuestras tipo bolsa, buscando rebosamiento y presencia de cantidades anómalamente grandes de partículas que pudieran haberse captado debido a una alteración excesiva del lecho de la corriente durante la recolección de muestras. Si cualquiera de estas condiciones esta observada, descartar la muestra (cerciorarse de que no hayan quedado partículas residuales en el recipiente) y después volver a muestrear.
  - e. Mueva el equipo de muestreo a la próxima vertical. Mantener la velocidad de tránsito establecida. La muestra del volumen puede variar considerablemente entre verticales. Antes de vaciar el tomamuestras, se pueden recoger muestras en muchas verticales, siempre y cuando no se haya excedido. la muestra del volumen máximo en el frasco o tomamuestra tipo bolsa.
  - f. Pasar a la vertical siguiente hasta que no puedan tomarse más muestras sin rebasar el tomamuestras. Vaciar el tomamuestras en un compositor o separador enjuagado en el terreno y repetir la recolección del procedimiento de la muestra hasta que se hayan recogido las muestras en todas las verticales.
- Si el volumen total de las muestras a tomarse sobrepasará la capacidad operacional del separador dinámico, usar el método IDI.
  - Al transferir una muestra de la botella o bolsa del tomamuestras al separador, cerciorarse de que todas las partículas del tomamuestras se transfieran con el agua. Retirar la tapa del tomamuestras. Arremolinar la muestra suavemente para mantener las partículas en suspensión y verterla rápidamente en el separador de muestras.
  - Tomar tantas muestras en las verticales IDI como sea necesario para garantizar que se recoja un volumen adecuado de muestra según lo requerido para el análisis, pero muestrear en cada vertical un número igual de veces. (La muestra transversal compuesta seguirá proporcional al flujo en el momento del muestreo.)
- g. Registrar esta información después de haber recogido todas las muestras:
    - Hora final del muestreo.
    - Altura final del limnómetro.
    - Todas las observaciones en el terreno y desviaciones de los procedimientos estándar de muestreo.
5. Procesar las muestras como corresponda.
  6. Limpiar el equipo como corresponda
- Si el tomamuestras no volverá a utilizarse durante un viaje de campo, enjuagar los componentes con agua desionizada antes de que se sequen y colocar un tomamuestras en una bolsa de plástico para transportarlo de vuelta al laboratorio de la oficina para su limpieza.



- Si se volverá a utilizar el tomamuestras, limpiarlo en el sitio de la muestra mientras esté mojado.
- Tomar un blanco de campo, si fuera necesario, después de haber lavado el equipo de muestreo en el terreno.

### **Procesamiento de muestras de corte transversal**

Las muestras transversales generalmente se componen para producir una muestra de la calidad del agua que es representativa de la descarga del flujo total en la estación de muestreo. Esta composición puede realizarse depositando el volumen de cada muestra de cada vertical en un separador dinámico --un recipiente de polietileno que menea lentamente la muestra compuesta con un disco de polipropileno. Debido a que el separador dinámico requiere 3 a 8 L de agua compuesta, es posible que se necesite muestrear más de una vez las verticales en una corriente estrecha. Todas las verticales deben muestrearse el mismo número de veces para retener la representatividad de la muestra con respecto al caudal. Es también importante agitar al retirar partes alícuotas de muestra del separador. No usar un separador dinámico para componer muestras recogidas para determinar presencia de MOV, carbono orgánico, petróleo y grasa, pesticidas, herbicidas o bacterias, porque sus componentes plásticos tienen el potencial de absorber y contaminar las muestras. Usar en vez recipientes de vidrio para muestrear estos parámetros con el método de muestreo al azar.

La opción de usar el protocolo de partes por millón/miligramos por litro o el protocolo de partes por mil millones/microgramos por litro se basa en el nivel de reporte mínimo (NRM) requerido en el plan de muestreo. El nivel de microgramos por litro es el nivel de concentración en que se reporta rutinariamente la mayoría del trabajo analítico y que se ha establecido para la mayoría de los reglamentos Federales de agua potable. El protocolo de partes por mil millones con su ultra bajo MPL (microgramos por litro) requiere ciertas prácticas de campo, tales como manos limpias/manos sucias (ML/MS), equipo apropiado de limpieza/manipulación de muestras y un plan/muestreo de QC riguroso/apropiado para garantizar que ocurra una contaminación mínima durante todo el muestreo para la calidad del agua y el procedimiento de procesamiento .

Algunos compuestos requieren diferentes métodos de muestreo. Verificar siempre con el laboratorio que realizará los análisis acerca del tipo de recipiente y el volumen, la preservación y los tiempos de retención. En el plan de muestreo deberán incluirse descripciones claras de los analizandos selectos, tiempos de retención y preservativos, antes de tomar las muestras. Los parámetros/analizandos corrientes, tiempos de retención y preservativos tanto para métodos de muestreo al azar como integrados en profundidad están listados en las tablas 3 y 4.

Las muestras deben envolverse y embalsarse en recipientes para que sean recibidas intactas en el laboratorio. Registrar todos los números de identificación en las notas de campo o en el diario de operaciones en el terreno. Comunicarse con el laboratorio acerca del plazo de entrega y el método de envío. Seguir el procedimiento necesario, completar las formas requeridas y retener copias para poder seguir las muestras después del envío.

## **Planes de garantía de calidad y de control de calidad**

El afianzamiento de la validez de los datos medioambientales o la QA se logra recogiendo muestras para QC, revisando y analizando datos de QC y haciendo ajustes de los procedimientos de tomar datos basados en los resultados. Debido a que el muestreo medioambiental se hace de una manera relativamente descontrolada sujeto a muchas variables, grandes fuentes de errores pueden existir. Por lo tanto, las medidas de control sobre la recolección de muestras para la calidad del agua son esenciales para contestar todas las preguntas concernientes a la validez de los datos. Los planes de QA deben contener procesamientos planeados y sistemáticos, que son necesarios para dar confianza en que los datos satisficerán los requisitos establecidos para la calidad. Puede encontrarse información detallada sobre la garantía de calidad y ejemplos de control de calidad en la documentación general y en la documentación generada por las entidades específicas responsables de recopilar datos sobre la calidad del agua. Esta sección da un examen de los tipos de ejemplos de QC que son requeridos normalmente por los planes de QA.

Las soluciones en blanco o "blancos" son soluciones (agua desionizada o de enjuague) que tienen concentraciones del analizando objetivo inferiores a los límites indicados para los métodos de detección, según lo certifican los laboratorios. Estas soluciones se emplean para desarrollar tipos específicos de muestras en blanco. Los blancos de equipo son soluciones en blanco que se procesan en todos los equipos utilizados para tomar y procesar una muestra medioambiental. Una vez analizados, los blancos indican la eficacia de la limpieza de los equipos en el terreno. Los blancos de equipo deben tomarse después de muestrear la estación con la contaminación más elevada. Los blancos de campo son recipientes de agua desionizada que se someten a los mismos aspectos de la recolección de muestras, procesamiento en el terreno y preservación, transporte y manipulación de laboratorio a que se someten las muestras medioambientales. Los blancos de campo se utilizan para determinar la contaminación en el laboratorio y la contaminación cruzada durante la recolección y el envío de las muestras. Los blancos de viaje son recipientes de agua desionizada que se ponen en el mismo tipo de frasco como los usados para muestras medioambientales y se mantienen con el juego de frascos de muestras antes y después de tomar la muestra. Estos blancos son usados para detectar la contaminación que ocurrió durante el transporte o el almacenamiento de la muestra o en el laboratorio. Se utilizan muestras duplicadas para evaluar el comportamiento en aquellas partes del proceso que son duplicadas. Las muestras duplicadas se recogen de tal manera que las muestras se consideren esencialmente idénticas en su composición. Muchos tipos de muestras duplicadas son posibles y cada una puede producir resultados algo diferentes en condiciones hidrológicas dinámicas. Los duplicados separados que se envían a diferentes laboratorios se utilizan para garantizar que los resultados de los diferentes laboratorios se mantengan comparables. Los duplicados separados que se envían al mismo laboratorio se utilizan para medir la variabilidad del laboratorio. Los duplicados simultáneos o secuenciales se utilizan para garantizar que las muestras recogidas con diferentes

tomamuestras o por métodos diferentes de muestreo se mantengan comparables. Las muestras enriquecidas son muestras que tienen concentraciones conocidas de componentes específicos a fin de minimizar el cambio en la matriz de las muestras originales. Los datos de exactitud reflejan los mejores resultados que puedan esperarse en el momento en que se analizaron las muestras y los datos de recuperación reflejan una desviación de una matriz de muestras medioambientales.

La Mayoría de los planes QA y las muestras QC toman en cuenta lo siguiente:

- Un blanco de equipo debe ser tomado anualmente o cada vez que se use un equipo nuevo.
- Condiciones del terreno pueden requerir blancos u otras muestras de QC que no han sido previamente planeadas.
- Todas las muestras de QC deben ser tomadas en el terreno el mismo día en que se tomen las muestras medioambientales.
- Preservativos del mismo número de lote deben ser usados para las muestras medioambientales y para las asociadas. El número de lote de los preservativos debe ser registrado.
- Las muestras de control de calidad deben ser rotuladas adecuadamente.
- Los análisis de los resultados de QC deben ser almacenados en una base de datos separada.

## **REFERENCIAS SELECTAS**

American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, 1995, Standard methods for the examination of water and wastewater (19th ed.): Washington, D.C., American Public Health Association [variously paged].

American Society for Testing and Materials, 1990, Compilation of ASTM standard definitions (7th ed.): Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 554 p.

Arizona Water Resources Research Center, 1995, Field manual for water quality sampling: Tucson, Ariz., University of Arizona, ADEQ TM-94-3, 51 p.

Bennett, H., ed., 1986, Concise chemical and technical dictionary (4th ed.): New York, Chemical Publishing Co., p. 99.

- Edwards, T.K., and Glysson, G.D., 1998, Field methods for measurement of fluvial sediment: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 3, chap. C2, 80 p.
- Federal Interagency Sedimentation Project, 1963, Determination of fluvial sediment discharge—Interagency Report 14: Minneapolis, Minn., St. Anthony Falls Hydraulics Laboratory, 151 p.
- Horowitz, A.J., Demas, C.R., Fitzgerald, K.K., Miller, T.L., and Rickert, D.A., 1994, U.S. Geological Survey protocol for the collection and processing of surface-water samples for the subsequent determination of inorganic constituents in filtered water: U.S. Geological Survey Open-File Report 94–539, 57 p.
- Intergovernmental Task Force on Monitoring Water Quality, 1995, The strategy for improving water-quality monitoring in the United States—Final report of the Intergovernmental Task Force on Water Quality: U.S. Geological Survey Open-File Report 95–742, 146 p.
- Keith, L.H., 1978, Principles of environmental sampling: Washington, D.C., American Chemical Society Professional Reference Book, 458 p.
- \_\_\_\_\_ ed., 1991, Compilation of USEPA's sampling and analysis methods: Chelsea, Mich., Lewis Publishers, 803 p.
- Martin, G.R., Smoot, J.L., and White, K.D., 1992, A comparison of surface-grab and cross sectionally integrated stream-water-quality sampling methods: *Water Environmental Research*, v. 64, no. 7, p. 866–876.
- Miller, T., Schertz, T.L., and others, 1993, Design, management and presentation of water-quality quality-control data: Workbook from workshop of U.S. Geological Survey Branch of Quality Assurance, Office of Water Quality, Branch of Systems Analysis.
- Mueller, D.K., Martin, J.D., and Lopes, T.J., 1997, Quality-control design for surface-water sampling in the National Water-Quality Assessment Program: U.S. Geological Survey Open-File Report 97–223, 21 p.
- Myers, D.N. and Wilde, F.D., eds., 1997 National field manual for the collection of water-quality data—Biological indicators: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, Chap. A7 [variously paged].

- Plumb, R., Jr., 1981, Procedures for handling and chemical analysis of sediment and water samples: Vicksburg, Miss., U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station Environmental Laboratory, Technical Report USEPA/CE-81-1, 478 p.
- Rantz, S.E. and others, 1982, Measurement and computation of streamflow—v. 1, Measurement of stage, and v. 2, Computation of discharge: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2175, v. 1, p. 1–284, v. 2, p. 285–631.
- Sandstrom, M.W., 1990, Sampling requirements for organic contaminants, *in* American Water Works Association Annual Conference, Management Challenges of New Monitoring Requirements for Organic Chemicals: Cincinnati, Ohio, American Water Works Association Seminar Proceedings, p. 71–85.
- \_\_\_\_\_ 1995, Filtration of water-sediment samples for the determination of organic compounds: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 95-4105, 13 p.
- Shelton, L.R., 1994, Field guide for collecting and processing stream-water samples for the National Water-Quality Assessment Program: U.S. Geological Survey Open-File Report 94-455, 42 p.
- Sylvester, M.A., Kister, L.R., and Garrett, W.B., eds., 1990, Guidelines for the collection, treatment and analysis of water samples: U.S. Geological Survey Western Region Field Manual, 144 p.
- Taylor, J.K., 1987, Quality assurance of chemical measurements: Chelsea, Mich., Lewis Publishers, 328 p.
- Texas Natural Resource Conservation Commission, 1997, Texas surface water quality standards, chapter 307: Austin, Texas Natural Resource Conservation Commission, Texas Administrative Code, Title 30, Part I, 307.1–307.10.
- \_\_\_\_\_ 1998, State of Texas 1998 Clean Water Act Section 303(d) list and schedule for development of total maximum daily loads: Austin, Texas Natural Resource Conservation Commission, SFR-058.
- \_\_\_\_\_ 1999, Surface water quality monitoring procedures manual: Austin, Texas Natural Resource Conservation Commission, Surface Water Quality Monitoring Team [variously paged].
- U.S. Environmental Protection Agency, 1980, Samplers and sampling procedures for hazardous waste stream: Cincinnati, Ohio, Municipal Environmental Research Laboratory, EPA 600/2-80-018, 70 p.

- \_\_\_\_\_ 1982a, Sampling protocols for collecting surface water, bed sediment, bivalves, and fish for priority pollutant analysis: Washington, D.C., Office of Water Regulations and Standards, Monitoring and Data Support Division, Final Draft Report.
- \_\_\_\_\_ 1982b, Handbook for sampling and sample preservation of water and wastewater: Cincinnati, Ohio, Environment Monitoring and Support Laboratory, EPA 600/4-82-029, 402 p.
- \_\_\_\_\_ 1983, Addendum to handbook for sampling and sample preservation of water and wastewater: Cincinnati, Ohio, Environment Monitoring and Support Laboratory, EPA 600/4-83-039, 28 p.
- \_\_\_\_\_ 1987, A compendium of Superfund field operations methods: Washington, D.C., Office of Emergency and Remedial Response, EPA/540-P-87/001, 508 p.
- \_\_\_\_\_ 1990, Monitoring lake and reservoir restoration: Washington, D.C., Office of Water, EPA 440/4-90-007.
- \_\_\_\_\_ 1992, Pocket sampling guide for operations of small water systems: Cincinnati, Ohio, Office of Ground Water and Drinking Water, EPA/814-B-92-001, 94 p.
- \_\_\_\_\_ 1993, Preparation of a U.S. EPA Region 9 sample plan for EPA-lead superfund projects: San Francisco, Calif., EPA Region 9, Quality Assurance Management Section.
- U.S. Geological Survey, 1980, National handbook of recommended methods for water-data acquisition—Surface water, chap. 1: U.S. Geological Survey, 130 p.
- \_\_\_\_\_ 1984, National handbook of recommended methods for water-data acquisition—chemical and physical quality of water and sediment, chap. 5: U.S. Geological Survey, p. 5-1 to 5-194.
- \_\_\_\_\_ in press, National field manual for the collection of water-quality data—Handbooks of water-resources investigations: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chapters of section A [variously paged].
- U.S. Section, International Boundary and Water Commission, 1996, Collection and field analysis of water quality samples: Environmental Management Division, 38 p. with app. A & B DRAFT
- Ward, J.R., and Harr, C.A., eds., 1990, Methods for collection and processing of surface-water and bed-material samples for physical and chemical analyses: U.S. Geological Survey Open-File Report 90-140, 71 p.

Wells, F.C., Gibbons, W.J., and Dorsey, M.E., 1990, Guidelines for collection and field analysis of water quality samples from streams in Texas: U.S. Geological Survey Open-File Report 90-127, 79 p.

Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, National field manual for the collection of water-quality data—Field measurements: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6 [variously paged].

## GLOSARIO

**Exactitud** - El grado de concordancia de un valor medido con el valor verdadero o previsto de la cantidad involucrada (Taylor, 1987). El concepto de exactitud incluye tanto la desviación como la precisión.

**Analizando (analizando objetivo)** - "Las sustancias que se determinan en un análisis" (Bennett, 1986). El término "analizando objetivo" se usa en este reporte para referirse a cualquier sustancia química o biológica para la que se determinen concentraciones en una muestra. El analizando objetivo no incluye parámetros medidos en el terreno tales como temperatura, pH, concentraciones de DO o conductividad.

**Alcalinidad** - La capacidad ácidoneutralizante de una solución. La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido. Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones. Los iones de bicarbonato y de carbonato son algunos de los iones dominantes presentes en las aguas naturales; por lo tanto, las mediciones de alcalinidad proporcionan información sobre las relaciones de los iones principales y la evolución de la química del agua.

**Ambiente** - Las condiciones naturales que pueden esperarse en las aguas no afectadas o no influenciadas por las actividades humanas.

**Desviación** - Error sistemático inherente a un método o causado por algún artefacto o idiosincrasia del sistema de medición. El error puede ser positivo (indicación de contaminación) o negativo (indicación de pérdida de concentración de analizandos) (Taylor, 1987).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** - Una medida de la cantidad de oxígeno consumida por procesos biológicos de la descomposición de la materia orgánica.

**Centroide (cuando se usa para designar un caso especial de ubicación de muestreo de flujo para el método IDI)** - La vertical en el incremento en que la descarga es igual a ambos lados de la vertical.

**Centroide (de toda la sección transversal) del flujo** - La vertical en la sección transversal de la corriente en que la descarga es igual a ambos lados.

**Demanda química de oxígeno (DQO)** - una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos del agua, tanto orgánicos como inorgánicos.

**Cloruro (Cl)** - uno de los siete iones principales en la mayoría de las aguas naturales; elemento que se disuelve de los materiales rocosos. Lo siguiente contribuye a incrementar los niveles de cloruro: aridez, drenaje de retorno de la irrigación, alcantarillado, drenaje de pozos de petróleo, salinas y desechos industriales. Los niveles más altos de cloruro intensifican los efectos corrosivos del agua; combinado con sodio, produce un sabor salado.



**Manos limpias/manos sucias (ML/MS)** - una práctica de campo que requiere dos personas para obtener y procesar muestras de la calidad del agua para reducir la contaminación a nivel de partes por mil millones. Se designa una persona de muestreo como manos limpias y la otra como manos sucias. Manos limpias manipula solamente el equipo que toca la muestra de agua y manos sucias manipula todos los equipos que pudieran ser una fuente de contaminación. Ambas personas están equipadas con múltiples capas de guantes de látex que pueden quitarse en varias etapas durante el muestreo y el procesamiento de las muestras.

**Procedimientos de muestreo limpio** - protocolos de muestreo utilizados cuando se analizan muestras a nivel de partes por mil millones.

**Muestra compuesta** - muestra de agua tomada de diferentes lugares de una sección transversal de un flujo.

**Conductividad** - Véase conductancia específica.

**Componente** - Una parte esencial: componente, elemento. Sirve para formar, componer o constituir una unidad o un entero.

**Contacto de recreación** - Actividades de recreación que involucran un riesgo considerable de ingestión de agua, incluidos vados de niños, natación, esquí acuático, buceo y surfing.

**Contaminación (del agua)** - Cambio de la composición del agua ambiente por la adición de sustancias biológicas o químicas como consecuencia de la actividad humana o de procesos naturales. La adición de dichas sustancias puede ser perjudicial para la calidad del recurso acuático.

**Calidad de los datos** - Se refiere a las propiedades de la medición, tales como precisión, desviación, límite de detección y otras medidas pertinentes.

**Requisitos de calidad de los datos** - El subconjunto de objetivos de calidad de los datos pertinente específicamente al nivel de detección analítica para concentraciones de analizandos objetivo y la variabilidad o los márgenes de error permisibles para cumplir los objetivos científicos del estudio.

**Integración en profundidad** - Un método de muestreo en cada punto a través de una profundidad dada (la profundidad muestreada) según el cual la mezcla de agua-sedimentos se toma isocinéticamente de modo que la contribución de cada punto sea proporcional a la velocidad de flujo en el punto. Este proceso produce una muestra que tiene propiedades que son ponderadas en función de la descarga en la profundidad muestreada. (American Society for Testing and Materials, 1990).

**Disuelto (D)** - Se refiere a componentes que existen en una solución química verdadera en una muestra de agua; como definición operacional conveniente usada por las entidades que toman datos de agua, el término "disuelto" se usa comúnmente para referir los componentes en una muestra pasada por un filtro de 0.45 micrómetros para análisis de materias inorgánicas o por un filtro de fibra de vidrio de 0.7-micrómetros para análisis de materias orgánicas.

**Oxígeno disuelto (OD)** - el oxígeno disponible libremente en el agua. Oxígeno disuelto adecuado que es necesario para la vida de peces y otros organismos acuáticos. Aproximadamente 3 a 5 mg/L o ppm es el límite más bajo para sustentar la vida de los peces durante un período de tiempo prolongado.

**Efluente** - algo que fluye; o material de desecho (como humo, líquido industrial de deshecho, o aguas hervidas) que es descargado en el medio ambiente, especialmente como un contaminante.

**Estuario** - Regiones de interacción entre ríos y aguas oceánicas cercanas a la costa donde la acción de las mareas y el flujo de los ríos crea una mezcla de agua dulce y agua salada. Estas áreas pueden incluir bahías, bocas de ríos, marismas y lagunas. Estos ecosistemas de aguas salobres protegen y alimentan la vida marina, aves y fauna.

**Filtrado** - Pertinente a los componentes de una muestra de agua pasada por una membrana de filtro de un diámetro de poro especificado, más comúnmente de 0.45 micrómetros o menos para analizandos inorgánicos y de 0.7 micrómetros para analizandos orgánicos.

**Ion** - Un átomo o grupo de átomos que lleva una carga eléctrica positiva o negativa como consecuencia de haber perdido o ganado uno o más electrones.

**Muestreo isocinético** - recolección de una muestra de tal modo que la mezcla de agua-sedimento se desplace sin cambio de velocidad al dejar el flujo ambiente e ingresar en la entrada del tomamuestras. (American Society for Testing and Materials, 1990).

**Carga** - La masa de un material que ingresa en un sistema en un cierto período de tiempo (libras por día, kilogramos por día).

**Nivel máximo de contaminante (NMC)** - El nivel máximo permisible de un contaminante en agua suministrado a cualquier usuario de un sistema de agua pública. Los niveles máximos de contaminantes son normas que se hacen cumplir por ley.

**Metales** - cualquiera de una clase de elementos químicos que tenga un lustre y pueda conducir calor y electricidad. En la calidad del agua, estos elementos (en concentraciones suficientemente altas) pueden considerarse tóxicos. Ejemplos comunes incluyen cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

**Límite de detección del método (LDM)** - La concentración mínima de una sustancia que puede identificarse, medirse y reportarse con una confianza del 99 por ciento de que la concentración del analizando es mayor de cero; determinado en base al análisis de una muestra en una matriz dada que contenga al analizando.

**Nivel de reporte mínimo(NRM)** - La concentración medida más pequeña de un componente que puede reportarse confiablemente aplicando un método analítico dado. En muchos casos, el NRM se usa cuando no se tiene acceso a la documentación sobre el límite de detección del método.

**Nutrientes** - elementos o compuestos que son esenciales para el crecimiento animal y vegetal. El término se aplica generalmente al nitrógeno y al fósforo en las aguas de desecho pero también se aplica a otros elementos esenciales y oligoelementos.

**Normalidad,  $N$  (equivalentes/L)** - El número de equivalentes de ácido, base o especies activas de redox por litro de solución. Ejemplo: una solución que es  $0.01 F$  en HCl es  $0.01 N$  en  $H^+$ .

**Orgánicas** - término abreviado que se usa para designar sustancias químicas orgánicas artificiales fabricadas principalmente con carbono, hidrógeno y oxígeno. Los ejemplos comunes incluyen pesticidas, solventes tales como metanol y acetona y bifenilos policlorinados (PCB). Los PCB son compuestos químicos que a menudo se usan como enfriadores o aislantes en transformadores eléctricos.

**Organocloros** - compuestos orgánicos sintéticos que contienen cloro. Un término que se usa generalmente para designar compuestos que contienen carbono, hidrógeno y cloro. Los ejemplos incluyen DDT, clordano y lindano; PCBs y algunos solventes que contienen cloro.

**pH** - Representa el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones de hidrógeno de solución en moles por litro, una medida de la acidez (pH inferior a 7) o de la alcalinidad (pH mayor de 7) de una solución.

**Precisión** - El grado de característica de concordancia mutua de las mediciones independientes como consecuencia de una aplicación repetida de los procesos en las condiciones especificadas (Taylor, 1987).

**Transparencia del disco de Secchi** - un método de medición (en metros) de la turbidez de una masa de agua promediando las profundidades debajo de la superficie en que desaparece de la vista un disco de Secchi cuando se lo baja y en que reaparece cuando se lo sube.

**Sedimento** - Material sólido que se origina sobre todo de rocas desintegradas y es transportado, suspendido o depositado por el agua. Material sólido incluye precipitados químicos y bioquímicos y sedimentos orgánicos descompuestos que son influenciados por factores medioambientales tales como el grado de pendiente de la cuenta, la longitud de la pendiente, las características del suelo, el uso de la tierra y la cantidad e intensidad de las precipitaciones.

**Compuestos orgánicos semivolátiles (COSV)** - un grupo de compuestos orgánicos sintéticos que son extractables por disolventes y pueden determinarse mediante cromatografía de gas/espectrometría de masa. Los COSV incluyen fenoles, ftalatos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

**Conductancia específica** - Una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. La medida se usa como sustituto de la cantidad de sólidos disueltos o el contenido de sal en el agua.

**Sulfato ( $SO_4$ )** - un forma de azufre; uno de siete iones mayores en la mayoría de las aguas naturales.

**Total** - Pertinente a los componentes en una muestra no filtrada, representativa de sedimentos suspendidos en agua. Este término se emplea solamente cuando el procedimiento analítico garantiza una medición del 95 por ciento, como

mínimo, del componente presente tanto en la fase disuelta como en suspensión de la muestra. Se requiere conocimiento de la forma prevista del componente en la muestra, así como la metodología analítica utilizada, para determinar cuándo deben reportarse los resultados como "total."

**Sólidos totales disueltos (STD)** - una medida de los materiales disueltos en el agua que indica salinidad. Para muchos fines, la concentración de STD constituye una limitación importante en el uso del agua.

**Toxicidad** - el grado de riesgo contra la salud (causante de muerte, enfermedad o defectos de nacimiento) para los organismos vivos.

**Tránsito** - el desplazamiento del tomamuestras desde la superficie del agua hasta el lecho del flujo o desde el lecho hasta la superficie de agua.

**Turbidez** - la medida del efecto de dispersión que tienen los sólidos en suspensión sobre la luz; cuanto más alta es la intensidad de la luz dispersada, tanto mayor es la turbidez.

**Garantía de Calidad (GC)** - Un sistema de protocolos y procedimientos implementado (tales como el muestreo en el lugar correcto y (o) el tiempo del uso de los equipos y las técnicas correctas) para satisfacer las normas previstas e calidad necesarias para cumplir los objetivos del estudio y controlar los componentes inmensurables de un estudio.

**Control de Calidad (CC)** - Un sistema de actividades (tales como la toma de muestras en blanco o duplicadas cuyo fin es controlar la calidad de los datos medioambientales generando un conjunto de datos que se utilizarán para estimar la magnitud de la desviación y la variabilidad que resultase de los procedimientos utilizados para obtener los datos.

**Variabilidad** - Error al azar en mediciones independientes como resultado de la aplicación repetida del proceso en condiciones específicas.

**Vertical** – Una línea vertical de observación dentro de un incremento desde la superficie del agua hasta el lecho de la corriente.

**Compuestos orgánicos volátiles (COV)** - Un compuesto que tiene alta presión de vapor y baja solubilidad en agua. Los compuestos orgánicos volátiles son generalmente los solventes industriales, componentes de productos de petróleo combustible, o subproductos de tratamientos de cloración en el agua.

**Agua entera (A)** - Pertinente a los componentes de una solución después de digerir una muestra representativa sin filtrar de sedimentos en suspensión en el agua (generalmente mediante una solución ácida diluida). A menudo no se puede lograr una disolución completa de materia particulada por el tratamiento de digestión y por tanto la determinación representa algo menos de la cantidad "total" (es decir, menos del 95 por ciento) del componente presente en las fases disuelta y en suspensión de la muestra. Para determinaciones inorgánicas, las digestiones se realizan en el recipiente original de la muestra para garantizar la digestión del material absorbido en las paredes del

recipiente. Para lograr la comparabilidad de los datos analíticos, se necesitarían procedimientos de digestión equivalentes de todos los laboratorios que realizan dichos análisis debido a que los procedimientos de digestión diferentes producirán resultados analíticos diferentes.

**Apèndice A.** Lista de control de carpetas de campo para estaciones de calidad del agua

✓	Item
	Descripción de la estación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación de la estación de aforos (si hay una presente)</li> <li>• Ubicación de sitios de muestreo: caudales alto y bajo</li> <li>• Secciones hidrológicas y geológicas</li> <li>• Nombre del propietario, arrendatario, u otro responsable</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrucciones de acceso al lugar (por ejemplo, llamar al propietario o al administrador antes de llegar al lugar, obtener la llave para abrir la entrada de seguridad)</li> <li>• Fotografías para documentar las condiciones del lugar</li> </ul>
	Mapas del lugar (Estatad y local)
	Perfiles de la sección transversal del canal de flujo en los sitios de muestreo(s)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometría del fondo de la corriente</li> <li>• Medidas físicas y de campo</li> </ul>
	Información sobre seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios de emergencia más cercanos</li> <li>• Números de teléfono (de la casa) del supervisor</li> <li>• Condiciones del tráfico y plano del tráfico que indique lugares de estacionamiento, colocación de banderas y conos</li> <li>• Ubicación de líneas de alimentación eléctricas</li> <li>• Peligros ambientales, tales como los climáticos y los animales</li> </ul>
	Programación del muestreo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de laboratorio a ser solicitados y códigos asociados</li> <li>• Cuándo recoger muestras (flujo arriba o flujo abajo)</li> </ul>
	Tipos de frascos necesarios para cada programa analítico
	Instrucciones de muestreo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curvas de descarga acumulativa a aproximadamente 10-, 50-, y 90-% de duración</li> <li>• Velocidad en secciones transversales a aproximadamente 10-, 50-, y 90-% de duración</li> <li>• Equipo a usar para distintos flujos</li> <li>• Curva de duración de flujo</li> <li>• Curvas y (o) tablas de calibración de descarga</li> </ul>
	Instrucciones de despacho
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de hielo a usar</li> <li>• Etiquetas de correo de y hacia el laboratorio</li> <li>• Ubicación de la oficina postal o agente de despacho más cercano</li> </ul>
	Formulario de campo del agua de superficies y un modelo de formulario completado
	Una planilla con la tabulación de las bacterias enumeradas en el lugar (incluir ejemplo con fecha de la muestra, caudal, volúmenes filtrados, diluciones, recuentos de placas)
	Gráficos de los datos de campo medidos (registro de los últimos 5–10 años); si una relación apropiada existe para mostrar afloramientos, incluirla:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductancia específica versus caudal</li> <li>• Conductancia específica versus alcalinidad</li> <li>• Temperatura versus tiempo</li> </ul>
	Resumen estadístico de datos históricos del agua
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores estacionales, máximos-mínimos</li> <li>• Valores máximos-mínimos de descarga</li> </ul>
	Equipo especial para tratar las condiciones específicas del lugar
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo</li> <li>• Seguridad</li> </ul>

## Apéndice B. Lista de equipo de muestreo de calidad del agua

Lista ctrl.	Item	Fuente	Uso apropiado
	<b>Equipo de muestreo</b>		
	<b>Integrado en profundidad</b>		
<input type="checkbox"/>	Tomamuestras D-77 (estándar) pintado con epoxy para oligoelementos y metales	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Soporte para D-77, tablas de puente, carretes, grúas	FISP	
<input type="checkbox"/>	Boquillas (orgánicas) de nilón o Teflon™, 3/16; ¼; 5/16	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Frasco de polipropileno D-77, 3 L (uno por cada sitio)	FISP	N,M,T,R,B
<input type="checkbox"/>	Tapa plástica para frasco D-77/DH-81	FISP	N,M,T,R,B
<input type="checkbox"/>	Frasco de Teflon™ D-77, 3 L	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Adaptador para frasco de Teflon™ de 3 L	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Tapa de teflon™ para frasco D-77/DH-81	FISP	N,M,T,O,R,B (Teflon™)
<input type="checkbox"/>	Frasco plástico de 3 L ranurado (para revestir con teflon™ o bolsa para horno)	FISP	N,M,T,R,B (horno)
<input type="checkbox"/>	Frasco plástico de 8 L ranurado (para revestir con teflon™ o bolsa para horno)	Nalgene	N,M,T,O,R,B (Teflon™) N,M,T,R,B (horno)
<input type="checkbox"/>	Bolsas de Teflon™ de 3 L	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Bolsas de Teflon™ de 8 L	Jensen Inert	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Bolsas para horno, Reynolds, pequeñas (para tomamuestras de 3 L) y grandes (para tomamuestras de 8 L)	Negocios de almacén	N,M,T,R,B
<input type="checkbox"/>	Peso(s) de sondeo para tomamuestras de marco	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Medidor de corriente para tomamuestras de marco	FISP	
<input type="checkbox"/>	Pintura epoxy para retocar tomamuestras de oligoelementos y metales	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Collar DH-81	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Varilla de vadeo para DH-81, recubierta con plástico	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Frasco y tapa de polipropileno DH-81, 1 L (uno por sitio)	FISP	N,M,T,R,B
<input type="checkbox"/>	Frasco de teflon™ DH-81, 1 L	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Adaptador para frasco de teflon™, 1 L	FISP	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Línea manual	FISP	
<input type="checkbox"/>	Lámina de plástico para cubrir la baranda del puente y pesos para mantener la lámina	Ferreterías	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Separador dinámico de polietileno, 8 L o 14 L	BelArt	N,M,T,R

**Apéndice B.** Lista de equipo de muestreo de calidad del agua—Continuación

Lista ctrl.	Item	Fuente	Uso apropiado
<input type="checkbox"/>	Bolsas de plástico para guardar el agitador	Almacenes, ferreterías	N,M,T,R,B
<input type="checkbox"/>	Bote para basura de plástico para transportar el agitador	Ferreterías	N,M,T,R,B
	<b>Al azar/otros:</b>		
<input type="checkbox"/>	Tomamuestras de frasco con peso (pintura.no metal/epox)	FISP	N,M,T,R,B
<input type="checkbox"/>	Tomamuestras de tanque; por ej., Van Dorn or Kemmerer	Suministro científico	Muestras discretas profundas en lagos y estanques
<input type="checkbox"/>	Frascos para tomamuestras de frascos con peso	Ferreterías	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Cuerda de plástico para tomamuestras de frascos con peso	Suministro científico	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Tomamuestras de bomba(s)	Suministro científico	
<input type="checkbox"/>	Otros	Suministro científico	
<input type="checkbox"/>	Cubo, 1 L	Suministro científico	
	<b>Equipo para procesamiento de muestras:</b>		
<input type="checkbox"/>	Cámara de procesamiento y preservación—marco de PVC	Partes en ferreterías o negocios de construcción	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Bolsas de plástico (claras) para cubrir las cámaras	Almacenes, ferreterías, o negocios de construcción	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Guantes de vinilo desechables, sin polvo	Negocios locales de suministro científico	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Filtro cápsula (desechable,camino tortuoso) poros 0.45 µm	Negocios locales de suministro científico	N,M,T,R
<input type="checkbox"/>	Filtros de placa(s) (plástica), 142 mm	Geotech	N,M,T,R
<input type="checkbox"/>	Filtros de membrana (SFM), 142 mm	Negocios locales de suministro científico	N,M,T,R
<input type="checkbox"/>	Fórceps, de acero inoxidable para manipular los filtros	VWR, Millipore, Cole-Parmer, etc.	N,M,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Sostén de filtro de aluminio, 142 mm	GeoTech	O
<input type="checkbox"/>	Filtros de fibra de vidrio, diámetro 142 mm/0.7 µm tamaño de poro, horneado a 450 °C	Negocios locales de suministro científico	O
<input type="checkbox"/>	Bomba peristáltica	Cole-Parmer	N,M,T,R
<input type="checkbox"/>	Interruptor de pie para bomba	Cole-Parmer	N,M,T,O,R



**Apéndice B.** Lista de equipo de muestreo de calidad del agua—Continuación

Lista ctrl.	Item	Fuente	Uso apropiado
<input type="checkbox"/>	Bomba de cabezal de cerámica	Fluid Metering	N,M,T,O,R
<input type="checkbox"/>	Tubería para bomba, siliconada (uno cada sitio)	Negocios locales de suministro científico	N,M,T,R
<input type="checkbox"/>	Tubería revestida, Teflon™ fluorinado etileno propileno(FEP)	Cole-Parmer, etc.	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Filtro de plata, diámetro 47 mm/0.45 µm tamaño de poro (para COD/COS)	Negocios locales de suministro científico	O
<input type="checkbox"/>	Unidad de filtrado, tipo a presión, de acero inoxidable	Millipore	O
<input type="checkbox"/>	Unidad de filtrado, tipo a presión, de Teflon™	Savillex Corp.	O
<input type="checkbox"/>	Disco de Petri para filtros de plata	Negocios locales de suministro científico	O
<input type="checkbox"/>	Forceps (con revestimiento plástico o Teflon™)	PGC Scientifics	N,M,T,O,R
	<b>Limpieza del equipo:</b>		
<input type="checkbox"/>	Liquinox (0,2%) Detergente/alconox no fosfatao	Negocios locales de suministro científico	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Ácido clorhídrico para limpieza (exenta de oligoelementos) (para usar diluido al 5% en volumen)	VWR, etc.	N,M,T,O,R
<input type="checkbox"/>	Agua desionizada para enjuagar	Negocios locales de suministro científico	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Recipientes/cubetas plástico claro para equipo de inmersión	Nalgene, BelArt	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Cepillos no metálicos para limpieza; cepillo de dientes de niño para las boquillas	Almacenes	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Bote pipeta o tubo no metálico para limpieza de bomba	VWR, Cole-Parmer, etc.	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Bolsas con cierre para guardar equipo limpio (cierre incoloro)	Almacenes	N,M,T,R,B
<input type="checkbox"/>	Metanol para tratar pesticidas (para muestreos orgánicos) (Burdick & Jackson)	Scientific Products	O
<input type="checkbox"/>	Frascos de lavar agua desionizada/ácido(rótulo de seguridad)	VWR, BelArt, Cole-Parmer, etc.	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Frasco de lavar, de teflon™, para metanol	Cole-Parmer, etc.	O
<input type="checkbox"/>	Toallas de papel, almohadillas absorbentes de aceite	Negocios locales de suministro científico	N,M,T,O,R,B
<input type="checkbox"/>	Hoja de papel aluminio, reforzada	Negocios locales de suministro científico	
<input type="checkbox"/>	Agua en blanco sin materias inorgánicas	Suministro de laboratorio	N,M,T,R
<input type="checkbox"/>	Agua en blanco para pesticidas (sin materias orgánicas)	Laboratorio, de uso para trabajo analítico	N,M,T,O,R
<input type="checkbox"/>	Agua en blanco para compuesto volátil orgánico (VOC)	Laboratorio, de uso para trabajo analítico	VOC

**Apéndice B.** Lista de equipo de muestreo de calidad del agua—Continuación

Lista ctrl.	Item	Fuente	Uso apropiado
	<b>Recipientes para muestras:</b>		
<input type="checkbox"/>	Frascos de 250 mL enjuagados con ácido, tapa clara	Suministro de laboratorio	M,T
<input type="checkbox"/>	Frascos de 125 mL marrones	Suministro de laboratorio	N
<input type="checkbox"/>	Frascos de 250 mL de plástico liso, tapa negra	Suministro de laboratorio	M
<input type="checkbox"/>	Frascos de 500 mL de plástico liso	Suministro de laboratorio	N,M,T
<input type="checkbox"/>	Frascos de 250 mL de vidrio para mercurio	Suministro de laboratorio	Mercurio
<input type="checkbox"/>	Frascos 125 mL vidrio ámbar (horneado) para carbón org.	Suministro de laboratorio	TOC,COD
<input type="checkbox"/>	Frascos de 1 L de vidrio claro (horneado)	Suministro de laboratorio	O
<input type="checkbox"/>	Frascos de 1 L de vidrio ámbar (horneado)	Suministro de laboratorio	O, Isótopos estables
<input type="checkbox"/>	Viales Septum	Suministro de laboratorio	VOC
<input type="checkbox"/>	Frascos de 250 mL de teflon™	Suministro de laboratorio	T,O
<input type="checkbox"/>	Tapas para frascos con revestimiento de polipropileno	Suministro de laboratorio	N,M
<input type="checkbox"/>	Fundas de espuma de goma para frascos de vidrio	Suministro de laboratorio	T,O,R,VOC
<input type="checkbox"/>	Bolsas de malla para frascos de muestra	Suministro de laboratorio	N,M,T,O,R,B
	<b>Preservación de muestras:</b>		
<input type="checkbox"/>	Viales de ácido nítrico (2 mL), ~7.7 N Ultrex™ ultra-puro	Suministro de laboratorio	T
<input type="checkbox"/>	Ampollas de dicromato de potasio	Suministro de laboratorio	Mercurio
<input type="checkbox"/>	Ampollas de ácido sulfúrico (1 mL)	Suministro de laboratorio	BOD, aceite y grasa
<input type="checkbox"/>	Frascos para colocar ampollas usadas		N,T,R
<input type="checkbox"/>	Trituradora de ampollas	Con algunas ampollas	N,T,R
<input type="checkbox"/>	Hielo con heladeras para el transporte	Fuentes locales	
	<b>Medidas de campo:</b>		
<input type="checkbox"/>	Cuaderno de recolección de datos/formularios de campo	Específico de la agencia	
<input type="checkbox"/>	Termómetro (no de mercurio) o termistor	Negocios de suministros científicos	

**Apéndice B.** Lista de equipo de muestreo de calidad del agua—Continuación

Lista ctrl.	Item	Fuente	Uso apropiado
<input type="checkbox"/>	Medidor de pH con manual de instrucción y registro diario de calibración/mantenimiento	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Sonda de pH (más sonda de repuesto)	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Solución de llenado de la sonda de pH	Usar el tipo recomendado por el fabricante	
<input type="checkbox"/>	Titulador Hach digital o bureta	Negocios de suministros científicos	
<input type="checkbox"/>	Cartuchos para titulador o solución H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> para bureta	Negocios de suministros científicos	
<input type="checkbox"/>	Agitador, magnético, funcionamiento a batería	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Barras de agitación, revestidas con teflon™	Cole-Parmer, PGC, etc.	
<input type="checkbox"/>	Recuperador de barra de agitación	Cole-Parmer, PGC, etc	
<input type="checkbox"/>	Medidor de conductancia específica con manual de instrucciones y registro diario de calibración/mantenimiento logbook	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Sonda o copa de conductancia específica	Usar el recomendado por el fabricante del medidor	
<input type="checkbox"/>	Medidor de oxígeno disuelto con manual de instrucciones y registro diario de calibración/mantenimiento	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Sonda de oxígeno disuelto (más sonda de repuesto)	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Cable para sonda de oxígeno disuelto	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Cámara de calibración para medidor de oxígeno disuelto	Negocios de suministros científicos	
<input type="checkbox"/>	Juego de mantenimiento para sonda de oxígeno disuelto (membranas y anillos o)	Muchas fuentes	
<input type="checkbox"/>	Barómetro, de bolsillo	Negocios de suministros científicos	
<input type="checkbox"/>	Medidor de 4 parámetros (Hydrolab, YSI, y otros)	Hydrolab, YSI, etc.	
<input type="checkbox"/>	Amortiguadores de pH (4, 7, 10)	Negocios de suministros científicos	
<input type="checkbox"/>	Copas pequeñas para amortiguadores de pH	Negocios de suministros científicos	
<input type="checkbox"/>	Normas de conductancia específicas para relacionar condiciones esperadas	Negocios de suministros científicos	
<input type="checkbox"/>	Turbidímetro	Negocios de suministros científicos	
	<b>Bacterias:</b>		
<input type="checkbox"/>	Juego de bacterias (fecales coliformes, totales coliformes)	Negocios de suministros científicos	B

**Apéndice B.** Lista de equipo de muestreo de calidad del agua—Continuación

Lista ctrl.	Item	Fuente	Uso apropiado
<input type="checkbox"/>	Discos de Petri	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Placa caliente/agitador	Cole-Parmer, VWR, etc.	B
<input type="checkbox"/>	Barras de agitación, revestida con teflon™	Cole-Parmer, VWR, etc.	B
<input type="checkbox"/>	Termómetro, de laboratorio	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Vasos de precipitados, de vidrio, para preparar medios	Muchas fuentes	B
<input type="checkbox"/>	Pipetas, estériles (1, 10, 25 mL)	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Filtros de membrana, con rejilla, estériles, 47 mm, 0,45 µm	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Filtros de membrana, con rejilla, estériles, 47 mm, 0,65 µm	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Unidad de filtro, acero inoxidable, estéril, desechable(s)	Millipore	B
<input type="checkbox"/>	Bomba manual	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Agua amortiguada	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Fracos de dilución	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Incubadores (con cables eléctricos)	Millipore	B
<input type="checkbox"/>	Lámpara a alcohol	VWR, etc	B
<input type="checkbox"/>	Fórceps para filtros de bacterias	Negocios de suministros científicos	B
<input type="checkbox"/>	Bolsas para autoclave	Cole-Parmer, etc.	B
<input type="checkbox"/>	Autoclave	VWR, etc.	B
<input type="checkbox"/>	Jabón antibacteriano	Farmacia	B
<input type="checkbox"/>	Microscopio o lupa	Cole-Parmer, VWR, etc.	B
	<b>Seguridad:</b>		
<input type="checkbox"/>	Botas para vadear/antideslizantes	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Chaleco salvavidas	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Equipo de lluvia	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Sombrero, pantalla solar, anteojos de sol	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	

**Apéndice B.** Lista de equipo de muestreo de calidad del agua—Continuación

Lista ctrl.	Item	Fuente	Uso apropiado
<input type="checkbox"/>	Agua potable	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Conos de seguridad	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Caja de herramientas básicas incluyendo lubricante grafitado (no aceite o WD-40), cronómetro, calculadora	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Chaleco de seguridad	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Carteles "Hombres trabajando"	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Equipo de primeros auxilios, cuchilla	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Extinguidor de incendios, guantes de cuero	Muchas fuentes, catálogos internet en línea	
<input type="checkbox"/>	Juegos de pajuelas para encender fuego	VWR, Lab Safety, BelArt, etc.	
<input type="checkbox"/>	Colirio	Cole-Parmer, Lab Safety, BelArt, etc.	
<input type="checkbox"/>	Antiparras o máscara protectora	Cole-Parmer, Lab Safety, BelArt, etc.	
<input type="checkbox"/>	Recipiente con tapa para disponer guantes	Cole-Parmer, Lab Safety, etc.	
<input type="checkbox"/>	Lista plastificada de números telefónicos de emergencia		
<input type="checkbox"/>	Portador de seguridad para frascos de ácido	Cole-Parmer, Lab Safety, BelArt, etc.	
<input type="checkbox"/>	Delantal, casaca de laboratorio	Cole-Parmer, VWR, BelArt, etc.	
<input type="checkbox"/>	Linterna y baterías de repuesto	Almacenes, ferreterías, o farmaciae	
<input type="checkbox"/>	Jabón antibacteriano	Farmacia	
<input type="checkbox"/>	Radio transmisor y receptor/teléfono celular	Negosios electronicos	
	<b>Suministros generales:</b>		
<input type="checkbox"/>	ID del gobierno/agencia, tarjeta comercial, form. de campo		
<input type="checkbox"/>	Autorización de acceso al lugar de muestreo, llaves/códigos de seguridad para puertas o cerraduras		
<input type="checkbox"/>	Lapiceras, marcadores, lápices, etiquetas para correo, heladeras para transportar, todo a prueba de		
<input type="checkbox"/>	Cinta adhesiva, bandas de goma		
<input type="checkbox"/>	Cámara fotográfica con película		
<input type="checkbox"/>	Mapas topograficos/fotos aereales/sistema de posicionamiento global (GPS)		

**Apèndice C.** Directrices generales para la selecci3n de equipo en base al material de construcci3n y al(los) analizando(s) objetivo

[✓, generalmente asignados para utilizaci3n demostrada; Si, s3lise; Cr, cromo; Ni, n3quel; Fe, hierro; Mn, manganeso; Mo, molibdeno; <sup>3</sup>H/<sup>3</sup>He, tritio/helio-3; CFC, cloro fluorocarbono; B, boro]

Material de construcci3n para equipo de muestreo		Analizando(s) objetivo	
Material	Descripci3n	Inorg3nico	Org3nico
<b>Plasticos<sup>1</sup></b>			
Pol3meros fluorocarbonados <sup>2</sup> (otras variedades disponibles para diferentes aplicaciones)	Qu3micamente inerte para la mayor3a de los analizandos	✓ (fuente potencial de fluoruro)	✓ (Absorci3n de algunos org3nicos)
Polipropileno	Relativamente inerte para analizandos inorg3nicos	✓	<b>No usar</b>
Polietileno (lineal)	Relativamente inerte para analizandos inorg3nicos	✓	<b>No usar</b>
Cloruro de polivinilo (PVC)	Relativamente inerte para analizandos inorg3nicos	✓	<b>No usar</b>
Silicona	Muy poroso. Relativamente inerte para analizandos inorg3nicos	✓ (fuente potencial de Si)	<b>No usar</b>
<b>Metales</b>			
Acero inoxidable 316 (SS 316)	SS-316 tiene la mayor resistencia a la corrosi3n. Varias clasificaciones. Usada en la carcasa de bombas sumergibles	✓ (Fuente potencial de Cr, Ni, Fe, y posiblemente Mn y Mo). <b>No usar</b> para aguas superficiales salvo recubierto con pl3stico	✓ No usar si est3 corro3do <sup>3</sup>
Acero inoxidable 304	Similar al SS-316; menos resistente a la corrosi3n	<b>No usar</b>	✓ No usar si est3 corro3do <sup>3</sup>
Otros metales: bronce, hierro, cobre, aluminio, aceros galvanizados y al carbono	Tubos de aluminio o cobre se usan de rutina para recoger muestras de <sup>3</sup> H/ <sup>3</sup> He y CFC	<b>No usar</b> (excepto lo indicado para is3topos)	✓ Se usa de rutina para CFC. No usar si est3 corro3do <sup>3</sup>
<b>Vidrio</b>			
Vidrio, borosilicato (grado laboratorio)	Relativamente inerte. Absorci3n potencial de analizandos.	✓ Fuente potencial de B y Si	✓

<sup>1</sup> Los pl3sticos usados en relaci3n con el muestreo de oligoelementos inorg3nicos deben ser incoloros o blancos.

<sup>2</sup> Los pol3meros fluorocarbonados contienen materiales como Teflon™, Kynar™, y Tefzel™, que son relativamente inertes para muestreo de analizandos org/inorg.

<sup>3</sup> Las superficies corro3das/deterioradas por la intemperie son lugares de absorci3n activa de compuestos org3nicos.

## Apéndice D. Designaciones y características de tomamuestras

[Versiones revestidas en plástico por inmersión (PDC) de todos los tomamuestras se disponen para recoger muestras de oligoelementos. in., pulgadas; lb. libras; ft/s, pies por segundo; ft, pies; no se aplica]

Designación tomamuestra EE.UU.	Material de construcción	Dimensiones del tomamuestras			Distancia a boquilla desde el fondo (in.)	Tipo de suspensión	Velocidad máxima (ft/s)	Profundidad máxima (ft)	Tamaño del recipiente del tomamuestras		Tamaño de toma (in.)
		Longitud (in.)	Ancho (in.)	Peso (lb)					Pinta	Cuarto	
DH-75P	nchapad Cd	9.25	4.25	1.5	3.27	Varilla, de mano	16		X	--	3/16
DH-75Q	Enchapad Cd	9.25	4.25	1.5	4.49	Varilla, de mano	16		--	X	3/16
DH-75H	Enchapad Cd	9.25	4.25	1.5	--	Varilla, de mano	6.6		2 L	--	3/16
DH-59 <sup>1</sup>	Bronce	15	3.5	22	4.49	Línea de mano	5.0	19	X	--	1/8
DH-59 <sup>1</sup>	Bronce	15	3.5	22	4.49	Línea de mano	5.0	16	X	--	3/16
DH-59 <sup>1</sup>	Bronce	15	3.5	22	4.49	Línea de mano	5.0	9	X	--	¼
DH-76 <sup>1</sup>	Bronce	17	4.5	22	3.15	Línea de mano	6.6	16	--	X	1/8
DH-76 <sup>1</sup>	Bronce	17	4.5	22	3.15	Línea de mano	6.6	16	--	X	3/16
DH-76 <sup>1</sup>	Bronce	17	4.5	22	3.15	Línea de mano	6.6	16	--	X	¼
DH-81	Plástico	<sup>2</sup> 6.5	3.2	0.5	4	Varilla, de mano	8.9	15	( <sup>3</sup> )	--	3/16
DH-81	Plástico	<sup>2</sup> 6.5	3.2	0.5	4	Varilla, de mano	8.9	15	( <sup>3</sup> )	--	¼
DH-81	Plástico	<sup>2</sup> 6.5	3.2	0.5	4	Varilla, de mano	8.9	14	( <sup>3</sup> )	--	5/16
D-49	Bronce	24	5.25	62	4	Cable y carrete	6.6	19	X	--	1/8
D-49	Bronce	24	5.25	62	4	Cable y carrete	6.6	16	X	--	3/16
D-49	Bronce	24	5.25	62	4	Cable y carrete	6.6	9	X	--	¼
D-74	Bronce	24	5.25	62	4.06	Cable y carrete	6.6	<sup>4</sup> 19, <sup>5</sup> 16	X <sup>6</sup>	X	1/8
D-74	Bronce	24	5.25	62	4.06	Cable y carrete	6.6	<sup>4</sup> 19, <sup>5</sup> 16	X <sup>6</sup>	X	3/16
D-74	Bronce	24	5.25	62	4.06	Cable y carrete	6.6	<sup>4</sup> 19, <sup>5</sup> 16	X <sup>6</sup>	X	¼
D-74	Aluminio	24	5.25	42	4.06	Cable y carrete	5.9	<sup>4</sup> 19, <sup>5</sup> 16	X <sup>6</sup>	X	1/8
D-74	Aluminio	24	5.25	42	4.06	Cable y carrete	5.9	<sup>4</sup> 19, <sup>5</sup> 16	X <sup>6</sup>	X	3/16
D-74	Aluminio	24	5.25	42	4.06	Cable y carrete	5.9	<sup>4</sup> 19, <sup>5</sup> 16	X <sup>6</sup>	X	¼
D-77	Bronce	29	9	75	7	Cable y carrete	7.2	15	3 L	--	5/16
D-77	Aluminio	29	9	42	7	Cable y carrete	3.3	15	X <sup>6</sup>	X	1/8
D-95	Bronce	28.5	6	65	4.5	Cable y carrete	ND <sup>7</sup>	15	( <sup>3</sup> )	--	3/16
D-95	Bronce	28.5	6	65	4.5	Cable y carrete	ND <sup>7</sup>	15	( <sup>3</sup> )	--	¼
D-95	Bronce	28.5	6	65	4.5	Cable y carrete	ND <sup>7</sup>	14	( <sup>3</sup> )	--	5/16
P-61 <sup>1</sup>	Bronce	28	7.34	105	4.29	Cable y carrete	16.6	<sup>4</sup> 180, <sup>5</sup> 120	X <sup>6</sup>	X	3/16
P-63	Bronce	37	9	200	5.91	Cable y carrete	6.6	<sup>4</sup> 180, <sup>5</sup> 120	X <sup>6</sup>	X	3/16
P-72 <sup>1</sup>	Aluminio	28	7.34	41	4.29	Cable y carrete	5.3	<sup>4</sup> 72.2, <sup>5</sup> 50.9	X <sup>6</sup>	X	3/16

<sup>1</sup>No adecuado para recoger muestras de oligoelementos, se recomienda el plan de muestras QC para el muestreo de no oligoelementos.

<sup>2</sup>Profundidad usando recipiente de muestra de una pinta.

<sup>3</sup>Profundidad usando recipiente de muestra de un cuarto.

<sup>4</sup>Puede usarse una botella de leche con un manguito adaptador.

<sup>5</sup>Sin botella de muestra adjunta.

<sup>6</sup>Botella de cualquier tamaño con standard mason jar treads.

<sup>7</sup>A determinar.

## Apèndice E. Suministros de limpieza de equipo de campo para muestreo de calidad del agua

[ACS, Sociedad Química Americana (American Chemical Society); ADI, agua desionizada;  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , microsiemens por centímetro a 25 grados Celsius; PBW, agua en blanco exenta de pesticida; VPBW, agua en blanco exenta de volátiles/pesticidas; PVC, cloruro de polivinilo]

Item	Descripción/comentarios
Ácido <sup>1</sup>	Clorhídrico: grado ACS de oligoelementos (5 % en volumen). Nítrico; grado ACS de oligoelementos (10 % en volumen)
Hoja de papel aluminio	Reforzado, para cubrir superficie de trabajo y equipo limpio
Bolsas, plástico o polifluorocarbono	Se recomiendan bolsas de residuos reciclables para almacenar equipo grande. Bolsas sellables con bandas de cierre incoloras, distintos tamaños.
Palanganas	Una palangana por cada solución de limpieza; blanca o incolora. Plástica, no lixiviadora. (para metanol se requiere acero inoxidable y puede usarse en equipo para muestreo de compuestos orgánicos.)
Cepillos y esponjas	Incoloros; usar componentes plásticos para trabajo inorgánico
Agua desionizada	Conductividad máxima recomendada, 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Detergente	No fosfado, de laboratorio (por ejemplo, Liquinox)
Guantes, desechables	Vinílicos o de látex (para usar con metanol látex o nitrilo), sin polvo, varios tamaños
Agua en blanco exenta de materias orgánicas	Agua en blanco preparada y/o de calidad asegurada por el laboratorio de análisis con certificado de análisis; requerida para muestras en blanco.
Bidones o damajuanas, uno para usar como recipiente de neutralización	Para soluciones usadas y enjuagues. Recipiente de neutralización; 25- a 30-litros, polietileno
Metanol	Grado pesticida
Materiales de neutralización	Marble landscape chips (se recomiendan chips de 1-a 2-centímetros) <sup>2</sup>
Agua en blanco exenta de materias orgánicas <sup>3</sup> , exenta de pesticidas, o exenta de volátiles/pesticidas	Agua en blanco preparada y/o de calidad garantizada por el laboratorio de análisis; se requiere para muestras en blanco. Usar PBW y/o VPBW de acuerdo a estudio analítico analytical requirements
Equipo de seguridad	Antiparras, equipo para derrames químicos, delantal
Tubos verticales para bombas sumergibles	Plástico o vidrio; por ejemplo, frascos pipeta o tubería de PVC tapada; un tubo vertical rotulado para agua en blanco y cada solución de limpieza
Agua de grifo	Si la calidad es dudosa, substituir con ADI. El agua de grifo es más eficaz para una rápida remoción de residuos de detergente residue
Tisú (por ejemplo, Kimwipes)	Grado laboratorio, sin pelusa, extra grande, para limpieza
Frascos (dispensadores) para lavado	Rotulados, indicando contenidos (por ejemplo, ACIDO, ADI, TAP). Para metanol se necesita frasco de polifluorocarbono
Recipiente para desechos, metanol	Designado para líquido inflamable, para metanol usado

<sup>1</sup> Si se analizan especies de nitrógeno se requiere ácido clorhídrico; si no es así, es aceptable el ácido nítrico.

<sup>2</sup> No son recomendables piedra caliza agrícola, carbonato sódico, bicarbonato sódico, y caparazones de moluscos triturados (Horowitz y otros, 1994).

<sup>3</sup> Usar solamente agua de laboratorio exenta de materias orgánicas y agua libre de materias inorgánicas.



## Apéndice F. Velocidades de tránsito isocinético<sup>1</sup>

[Velocidades de tránsito en pies por segundo; la profundidad es la profundidad del agua; mL, mililitro; Lleno, botella llena, una inclinación de 10° llena la botella sin derrame hasta una inclinación de 10° hacia abajo de la boquilla desde la horizontal; más rápido es la velocidad más rápida permisible para muestreos isocinéticos.]

Profundidad (pies)	Velocidad	Velocidad media de corriente (pies verticales por segundo)										Volumen (mililitros)						
		1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	Maximo 10° mínimo	Minimo			
<b>botella de 1 litro, boquilla de ¼ de pulgada</b>																		
1	Llena	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.22	0.29	0.39	0.50	1,050	918
1	Incl. 10°	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.15	0.17	0.22	0.29	0.39	0.50	798	667	
1	Más ráp.	0.22	0.29	0.37	0.44	0.51	0.59	0.66	0.73	0.88	1.03	1.17	1.32	1.54	1.75	132		
2	Llena	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.44	0.50	1,050	806	
2	Incl. 10°	0.07	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	0.50	798	555		
2	Más ráp.	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.63	0.71	0.79	0.95	1.11	1.27	1.43	1.64	1.86	243		
3	Llena	0.08	0.11	0.14	0.17	0.19	0.22	0.25	0.28	0.33	0.39	0.44	0.50	0.58	0.66	1,050	710	
3	Incl. 10°	0.11	0.15	0.18	0.22	0.25	0.29	0.33	0.36	0.44	0.51	0.58	0.65	0.73	798	458		
3	Más ráp.	0.26	0.34	0.43	0.51	0.60	0.68	0.77	0.85	1.02	1.19	1.36	1.54	1.75	340			
4	Llena	0.11	0.15	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37	0.44	0.52	0.59	0.66	0.73	1,050	626		
4	Incl. 10°	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	0.48	0.58	0.68	0.77	0.87	0.97	798	375		
4	Más ráp.	0.27	0.36	0.46	0.55	0.64	0.73	0.82	0.91	1.09	1.28	1.46	1.64	1.86	423			
5	Llena	0.14	0.18	0.23	0.28	0.32	0.37	0.41	0.46	0.55	0.64	0.74	0.83	0.91	1,050	553		
5	Incl. 10°	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.61	0.73	0.85	0.97	1.09	1.21	798	301		
5	Más ráp.	0.29	0.39	0.49	0.58	0.68	0.78	0.87	0.97	1.17	1.36	1.55	1.75	1.96	497			
6	Llena	0.17	0.22	0.28	0.33	0.39	0.44	0.50	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99	1.11	1,050	488		
6	Incl. 10°	0.22	0.29	0.36	0.44	0.51	0.58	0.65	0.73	0.87	1.02	1.16	1.31	1.46	798	236		
6	Más ráp.	0.31	0.41	0.52	0.62	0.72	0.82	0.93	1.03	1.24	1.44	1.65	1.86	2.07	562			
7	Llena	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58	0.64	0.77	0.90	1.03	1.16	1.31	1,050	430		
7	Incl. 10°	0.25	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	0.85	1.02	1.19	1.36	1.52	1.70	798	178		
7	Más ráp.	0.33	0.44	0.55	0.65	0.76	0.87	0.98	1.09	1.31	1.53	1.74	1.96	2.19	620			
8	Llena	0.22	0.29	0.37	0.44	0.52	0.59	0.66	0.74	0.88	1.03	1.18	1.32	1.48	1,050	378		
8	Incl. 10°	0.29	0.39	0.48	0.58	0.68	0.77	0.87	0.97	1.16	1.36	1.55	1.74	1.94	798	126		
8	Más ráp.	0.34	0.46	0.57	0.69	0.80	0.92	1.03	1.15	1.38	1.61	1.84	2.07	2.30	672			

<sup>1</sup>Pueden obtenerse tablas adicionales de velocidad de tránsito y de carrere aa través de U.S. Geological Survey Office of Water Quality en <http://water.usgs.gov/owq/>

**Apéndice F. Velocidades de tránsito isocinético<sup>1</sup>—Continuación**

Profundidad (pies)	Velocidad	Velocidad media de corriente (pies verticales por segundo)												Volumen (mililitros)		
		1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	Maximo 10° mínimo	Minimo	
10	Llena	0.28	0.37	0.46	0.55	0.64	0.74	0.83	0.92	1.10	1.29	1.47	1.66	1,050	288	
10	Incl. 10°	0.36	0.48	0.61	0.73	0.85	0.97	1.09	1.21	1.45	1.69	1.94	2.18	798	37	
10	Más Ráp.	0.38	0.51	0.63	0.76	0.89	1.01	1.14	1.27	1.52	1.78	2.03	2.28	761		
12	Llena	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99	1.10	1.32	1.55	1.77	1.99	1,050	214	
12	Incl. 10°															
12	Más Ráp.	0.42	0.55	0.69	0.83	0.97	1.11	1.25	1.39	1.66	1.94	2.22	2.50	836		
14	Llena	0.39	0.52	0.64	0.77	0.90	1.03	1.16	1.29	1.55	1.80	2.06	2.32	1,050	152	
14	Incl. 10°															
14	Más Ráp.	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.20	1.36	1.51	1.81	2.11	2.41	2.71	898		
15	Llena	0.41	0.55	0.69	0.83	0.97	1.10	1.24	1.38	1.66	1.93	2.21	2.48	1,050	124	
15	Incl. 10°															
15	Más Ráp.	0.47	0.63	0.78	0.94	1.10	1.25	1.41	1.57	1.88	2.19	2.50	2.82	926		
<b>botella de 1 litro, boquilla de 5/16 de pulgada</b>																
1	Llena	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	1,049	918	
1	Incl. 10°	0.06	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.23	0.26	0.30	0.34	800	668	
1	Más Ráp.	0.34	0.46	0.57	0.69	0.80	0.92	1.03	1.15	1.38	1.61	1.84	2.07	132		
2	Llena	0.09	0.12	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	0.29	0.35	0.40	0.46	0.52	1,049	806	
2	Incl. 10°	0.11	0.15	0.19	0.23	0.26	0.30	0.34	0.38	0.45	0.53	0.60	0.68	800	557	
2	Más Ráp.	0.37	0.50	0.62	0.74	0.87	0.99	1.12	1.24	1.49	1.74	1.98	2.23	243		
3	Llena	0.13	0.17	0.22	0.26	0.30	0.35	0.39	0.43	0.52	0.60	0.69	0.78	1,049	709	
3	Incl. 10°	0.17	0.23	0.28	0.34	0.40	0.45	0.51	0.57	0.68	0.79	0.91	1.02	800	460	
3	Más Ráp.	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93	1.07	1.20	1.33	1.60	1.87	2.13	2.40	340		
4	Llena	0.17	0.23	0.29	0.35	0.40	0.46	0.52	0.58	0.69	0.81	0.92	1.04	1,049	626	
4	Incl. 10°	0.23	0.30	0.38	0.45	0.53	0.60	0.68	0.75	0.91	1.06	1.21	1.36	800	376	
4	Más Ráp.	0.43	0.57	0.71	0.86	1.00	1.14	1.28	1.43	1.71	2.00	2.28	2.57	424		
5	Llena	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50	0.58	0.65	0.72	0.86	1.01	1.15	1.29	1,049	552	
5	Incl. 10°	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	0.85	0.94	1.13	1.32	1.51	1.70	800	303	
5	Más Ráp.	0.46	0.61	0.76	0.91	1.06	1.21	1.37	1.52	1.82	2.13	2.43	2.73	497		

**Apéndice F. Velocidades de Tránsito Isocinético<sup>1</sup>—Continuación**

Profundidad (pies)	Velocidad	Velocidad media de corriente (pies verticales por segundo)											Volumen (mililitros)		
		1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	Maximo 10° minimo	Minimo
6	Llena	0.26	0.35	0.43	0.52	0.60	0.69	0.78	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1,049	487
6	Incl. 10°	0.34	0.45	0.57	0.68	0.79	0.91	1.02	1.13	1.36	1.58	1.81	2.04	800	238
6	Más Ráp.	0.48	0.64	0.81	0.97	1.13	1.29	1.45	1.61	1.93	2.26	2.58	2.90	562	
7	Llena	0.30	0.40	0.50	0.60	0.71	0.81	0.91	1.01	1.21	1.41	1.61	1.81	1,049	429
7	Incl. 10°	0.40	0.53	0.66	0.79	0.92	1.06	1.19	1.32	1.58	1.85	2.11	2.38	800	180
7	Más Ráp.	0.51	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.70	2.04	2.38	2.73	3.07	620	
8	Llena	0.35	0.46	0.58	0.69	0.81	0.92	1.04	1.15	1.38	1.61	1.84	2.07	1,049	377
8	Incl. 10°	0.45	0.60	0.75	0.91	1.06	1.21	1.36	1.51	1.81	2.11	2.42	2.72	800	128
8	Más Ráp.	0.54	0.72	0.90	1.08	1.26	1.44	1.62	1.80	2.16	2.51	2.87	3.23	672	
10	Llena	0.43	0.58	0.72	0.86	1.01	1.15	1.29	1.44	1.73	2.01	2.30	2.59	1,049	287
10	Incl. 10°	0.57	0.75	0.94	1.13	1.32	1.51	1.70	1.89	2.26	2.64	3.02	3.40	800	38
10	Más Ráp.	0.59	0.79	0.99	1.19	1.39	1.59	1.78	1.98	2.38	2.77	3.17	3.57	762	
11	Llena	0.47	0.63	0.79	0.95	1.11	1.27	1.42	1.58	1.90	2.22	2.53	2.85	1,049	219
11	Incl. 10°														
11	Más Ráp.	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	830	
12	Llena	0.52	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	2.07	2.42	2.76	3.11	1,049	143
12	Incl. 10°														
12	Más Ráp.	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	906	
13	Llena	0.56	0.75	0.94	1.12	1.31	1.50	1.68	1.87	2.24	2.62	2.99	3.37	1,049	68
13	Incl. 10°														
13	Más Ráp.	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	981	
<b>botella de 3 litros, boquilla de 5/16 de pulgada</b>															
2	Llena	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	2,830	2,118
2	Incl. 10°	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.15	0.17	0.20	0.22	2,461	1,749
2	Más Ráp.	0.13	0.17	0.21	0.25	0.30	0.34	0.38	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	712	
3	Llena	0.05	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.19	0.22	0.26	0.29	2,830	1,837
3	Incl. 10°	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	2,461	1,468
3	Más Ráp.	0.14	0.18	0.23	0.27	0.32	0.36	0.41	0.46	0.55	0.64	0.73	0.82	993	
4	Llena	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38	2,830	1,593
4	Incl. 10°	0.07	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.22	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	2,461	1,224
4	Más Ráp.	0.15	0.20	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49	0.59	0.68	0.78	0.88	1,237	

**Apéndice F. Velocidades de Tránsito Isocinético<sup>1</sup>—Continuación**

Profundidad (pies)	Velocidad	Velocidad media de corriente (pies verticales por segundo)										Volumen (mililitros)			
		1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	Maximo 10° mínimo	Minimo
5	Llena	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48	2,830	1,379
5	Incl. 10°	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.25	0.28	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	2,461	1,010
5	Más Ráp.	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	0.42	0.47	0.52	0.62	0.73	0.83	0.94	1,451	
6	Llena	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.26	0.29	0.32	0.38	0.45	0.51	0.58	2,830	1,190
6	Incl. 10°	0.11	0.15	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37	0.44	0.52	0.59	0.66	2,461	820
6	Más Ráp.	0.17	0.22	0.28	0.33	0.39	0.44	0.50	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99	1,641	
7	Llena	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.30	0.34	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67	2,830	1,021
7	Incl. 10°	0.13	0.17	0.21	0.26	0.30	0.34	0.39	0.43	0.52	0.60	0.69	0.77	2,461	652
7	Más Ráp.	0.18	0.23	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53	0.58	0.70	0.82	0.93	1.05	1,809	
8	Llena	0.13	0.17	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38	0.43	0.51	0.60	0.68	0.77	2,830	870
8	Incl. 10°	0.15	0.20	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49	0.59	0.69	0.79	0.88	2,461	501
8	Más Ráp.	0.18	0.25	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.62	0.74	0.86	0.99	1.11	1,960	
9	Llena	0.14	0.19	0.24	0.29	0.34	0.38	0.43	0.48	0.58	0.67	0.77	0.86	2,830	734
9	Incl. 10°	0.17	0.22	0.28	0.33	0.39	0.44	0.50	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99	2,461	365
9	Más Ráp.	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58	0.65	0.78	0.91	1.04	1.17	2,096	
10	Llena	0.16	0.21	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48	0.53	0.64	0.75	0.85	0.96	2,830	610
10	Incl. 10°	0.18	0.25	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.74	0.86	0.98	1.10	2,461	241
10	Más Ráp.	0.20	0.27	0.34	0.41	0.48	0.54	0.61	0.68	0.82	0.95	1.09	1.22	2,220	
12	Llena	0.19	0.26	0.32	0.38	0.45	0.51	0.58	0.64	0.77	0.90	1.02	1.15	2,830	396
12	Incl. 10°	0.22	0.29	0.37	0.44	0.52	0.59	0.66	0.74	0.88	1.03	1.18	1.32	2,461	26
12	Más Ráp.	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67	0.74	0.89	1.04	1.19	1.34	2,435	
14	Llena	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67	0.75	0.90	1.05	1.19	1.34	2,830	215
14	Incl. 10°														
14	Más Ráp.	0.24	0.32	0.40	0.48	0.57	0.65	0.73	0.81	0.97	1.13	1.29	1.45	2,615	
15	Llena	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.72	0.80	0.96	1.12	1.28	1.44	2,830	135
15	Incl. 10°														
15	Más Ráp.	0.25	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.76	0.84	1.01	1.18	1.34	1.51	2,695	