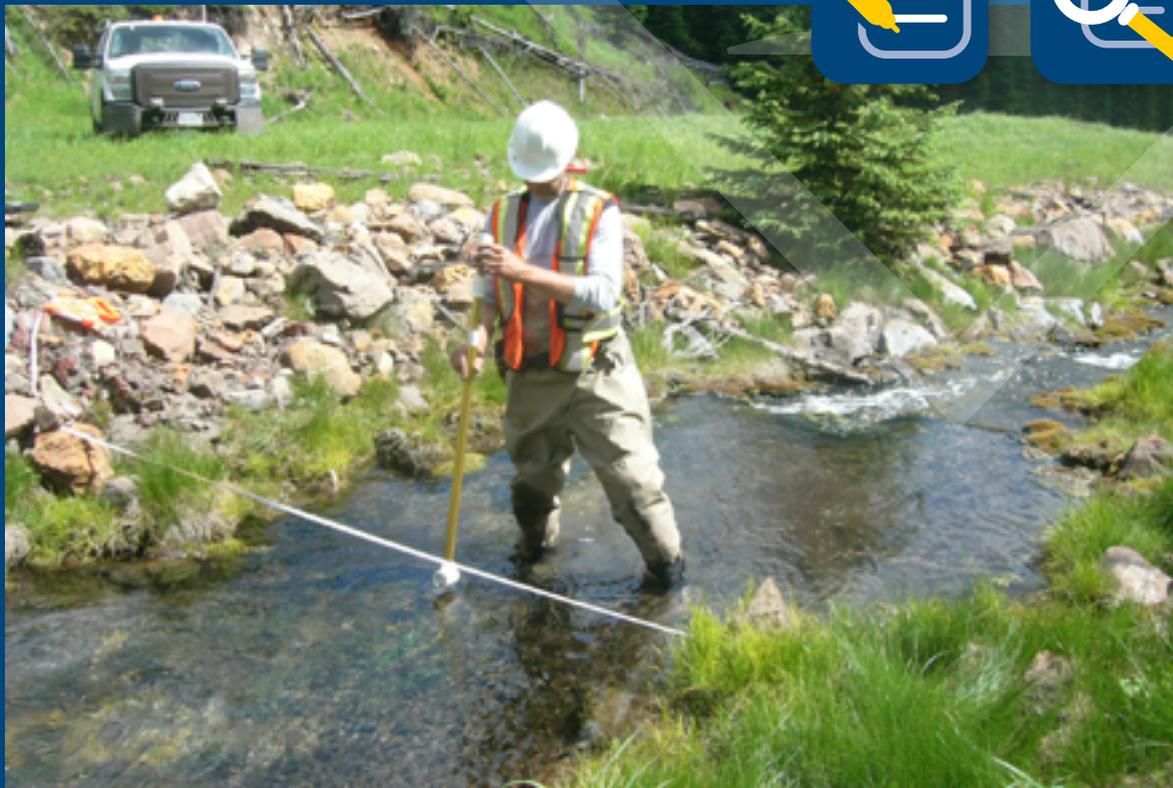




INTERPOL

Manual para la investigación forense de los delitos de contaminación

Volumen II de II





ÍNDICE VOLUMEN II

3 ENSAYOS QUÍMICOS NORMALIZADOS SOBRE EL TERRENO	7
3.1 Medidores Monoparamétricos O Multiparámetro	8
3.2 Medición Del Ph Sobre El Terreno	9
3.3 Medición De La Temperatura Sobre El Terreno	10
3.4 Medición Del Oxígeno Disuelto Sobre El Terreno	11
3.5 Medición De La Conductividad Sobre El Terreno	12
3.6 Medición Del Amoníaco Sobre El Terreno	14
3.7 Medición De La Turbidez Del Agua Sobre El Terreno	15
3.8 Kits Variados De Pruebas De Campo	16
3.9 Pruebas Colorimétricas	17
3.10 Pruebas Con Infrarrojos Y Radioactividad	22
4 MATERIALES USADOS NORMALMENTE PARA EL MUESTREO SOBRE EL TERRENO	25
4.1 Cuidado Y Mantenimiento General Del Material De Campo	26
4.2 Muestreadores Automáticos	27
4.3 Muestreadores De Bidones	28
4.4 Muestreadores De Profundidad	31
4.5 Muestreadores De Dragado O De Arrastre	37
4.6 Recogida De Muestras De Suelo	38
4.7 Muestreador De Grano	42
5 COMPORTAMIENTO DE LOS LÍQUIDOS, MEDICIÓN DEL CAUDAL Y MASA DEL CONTAMINANTE VERTIDO	45
5.1 Mezcla De Agua Con Distintas Densidades	46
5.2 Medición Del Caudal	48
5.3 Medición Del Caudal Y Cálculo De La Masa De Contaminante Vertido	55
6 MUESTREO DE LÍQUIDOS	57
6.1 Muestreo Superficial De Líquidos Por Métodos Manuales	58
6.2 Muestra Compuesta De Agua - Métodos Para La Toma De Muestras	60
6.3 Muestreo De Líquidos Flotantes Y Productos Petrolíferos	63

4		
	6.4	Estimación Del Volumen Petróleo En Un Derrame De Petróleo En El Agua 70
	6.5	Muestreo de Líquidos De Densidad Media 70
	6.6	Muestreo de Líquidos De Alta Densidad 71
	6.7	Muestreo del Agua Subterránea 76
	6.8	Muestreo Para Bioensayo 88
	7	MUESTREO DE SUPERFICIES SÓLIDAS, DE SEDIMENTOS Y SUELOS 93
	7.1	Muestreo De Superficies Sólidas 94
	7.2	Muestreo De Sedimentos 98
	7.3	Muestreo De Suelos 103
	7.4	Muestreo De Material Granular 110
	8	MUESTREO DE GASES Y DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA (POLVO) 113
	8.1	Principios Generales Del Muestreo Del Aire 114
	8.2	Instrumentos Para La Toma De Muestras De Aire 115
	9	MUESTREO DE BIOTA 127
	9.1	Niveles De Bioseguridad 128
	9.2	Técnica Aséptica 128
	9.3	Muestreo Bacteriológico 129
	9.4	Muestreo De Especies Silvestres 133
	9.5	Muestreo De La Vegetación 138
	9.6	Muestreo En Granjas 138
	9.7	Uso De Las Plantas Para Delimitar La Contaminación (Análisis Fitoquímico) 140
	10	MUESTREO DE RESIDUOS PELIGROSOS 143
	10.1	Fuentes De Residuos Peligrosos 145
	10.2	Informar De Las Cuestiones Y Estrategias De Investigación A Los Equipos De Primera Intervención Del Sitio De Residuos Peligrosos 145
	10.3	Informar Al Laboratorio De Las Muestras De Residuos Peligrosos 146
	10.4	Muestreo De Residuos Peligrosos- Creación De Un Inventario 146
	10.5	Muestreo De Residuos Peligrosos- Elegir La Técnica De Muestreo 146
	10.6	Contenedores Para El Muestreo De Residuos Peligrosos 148
	10.7	Fraccionamiento De Isótopos 152



11 PREPARACIÓN DEL ENVÍO DE MUESTRAS DE CARÁCTER JUDICIAL	157
11.1 Aplicar Los Precintos Legales A Los Recipientes De Muestra	158
11.2 Rellenar El Formulario De La Cadena De Custodia Y Registrar La Información De Contacto	159
11.3 Avisar Al Laboratorio	159
11.4 Preparación Del Contenedor De Expedición	159
11.5 Envío De Productos Peligrosos	161
11.6 Muestras De Conservantes Como Mercancías Peligrosas	161
11.7 Circunstancias Especiales De Envío (Muestras Para Bioensayos Y Pruebas De Toxicidad)	161
11.8 Métodos Normalizados Para El Análisis De Agua Y De Aguas Residuales	163
12 ANEXOS	165
12.1 Glosario De Términos	166
12.2 Ejemplos De Formularios De La Cadena De Custodia	169
12.3 Referencias	172
12.4 Agradecimientos	174





3

**ENSAYOS QUÍMICOS
NORMALIZADOS SOBRE EL
TERRENO**

Ensayos químicos normalizados sobre el terreno

Los parámetros más comunes de los ensayos sobre el terreno para la toma de muestras de agua son el pH, la conductividad, la temperatura y el oxígeno disuelto. Otros parámetros incluyen el potencial de oxidación-reducción (potencial redox), los sólidos disueltos totales, los iones específicos y la turbidez. Los parámetros se eligen según los objetivos de la investigación. El oxígeno disuelto es un parámetro útil en casos de emergencia ambiental o de vertidos. Puede ayudar a determinar si la presencia de una sustancia particular ha agotado el oxígeno disuelto y el porqué de la muerte de los peces.

3.1 MEDIDORES MONOPARAMÉTRICOS O MULTIPARÁMETRO

Diversos fabricantes proponen medidores monoparamétricos y multiparámetro para medir la calidad del agua in situ y de forma inmediata. Por lo general, estos instrumentos miden la temperatura, el pH, la conductividad, el potencial redox, el oxígeno disuelto, la turbidez y la profundidad. Otras sondas están disponibles para medir la concentración de amoníaco, nitrato, cloruro, clorofila, cianobacterias y colorantes como la rodamina. Estos instrumentos se encuentran dentro de una carcasa resistente al agua y pueden ser sumergidos en cursos naturales de agua y flujos de efluentes bastante lentos para recoger mediciones en tiempo real. Algunos dispositivos tienen GPS (sistema de posicionamiento global), registro de datos e interfaz informática y pueden funcionar sin supervisión. También existen programas de cartografía que pueden elaborar mapas del sitio en tiempo real lo que puede ayudar a que se detecte la fuente de contaminación y se planifique la toma de muestras para el seguimiento. La mayoría disponen de sensores electroquímicos específicos para cada parámetro que, por supuesto, deben ser calibrados individualmente con respecto a soluciones de referencia.

Consultar el manual del fabricante para conocer los procedimientos de funcionamiento, la calibración y el mantenimiento de cada instrumento.



FIGURA 3.1 :
Contadores monoparamétricos y
multiparamétricos
(Cortesía del DOE de Canadá)



3.2 MEDICIÓN DEL PH SOBRE EL TERRENO

La medición del pH sobre el terreno es muy importante porque muchos productos químicos modifican su comportamiento según el pH; de ser posible, se debería medir el pH en casa in situ. Por ejemplo, desde un punto de vista biológico, los metales disueltos están más disponibles y, por lo tanto, son más tóxicos en pH más bajos que en pH más elevados. Por lo tanto, la información sobre el pH es muy importante para los expertos que examinan los resultados de los análisis de las muestras y elaboran los informes sobre toxicidad e impacto medioambiental. Los valores del pH pueden variar con el tiempo, por consiguiente, las mediciones realizadas en el terreno son las que proporcionan los mejores resultados. Mediciones posteriores hechas en el laboratorio pueden proporcionar información adicional. Para determinar si se han producido cambios importantes o un deterioro inaceptable de las muestras durante el transporte, se pueden comparar las mediciones sobre el terreno con las obtenidas en el laboratorio.

Existen varios tipos de papel indicador de pH que usan una gama cromática y mediciones del pH. El papel pH es la opción más barata y fácil de utilizar puesto que no requiere calibración, sin embargo, es la que ofrece menor sensibilidad. Cuando se usa el papel indicador de pH, es recomendable comprar los tampones de pH estándar, normalmente para pH 4,0, pH 7,0 y pH 10,0, y usarlos de forma sistemática para probar el papel.

Todos los medidores de pH funcionan según principios de funcionamiento similares. El uso del medidor de pH se realiza en dos etapas: se calibra el equipo con relación a una solución tampón con un valor de pH conocido a temperatura estándar y después se verifica el pH de la muestra. A muchos de los medidores de pH tipo lápiz se les puede secar la punta. En este caso, el medidor no funcionará. Comprobar si es necesario sumergir la punta del medidor de pH en una solución o conservarlo en un ambiente con alta humedad, y controlarlo regularmente.

Para calibrar un medidor de pH, seguir las recomendaciones del fabricante. Sin embargo, el procedimiento general es el siguiente:



FIGURA 3.2 :
Papel indicador de pH desechable
o medidores de pH de un solo
parámetro.
(Cortesía de EPA DE ESTADOS
UNIDOS y del DOE de Canadá)

1. Obtener las pertinentes para el pH de la solución tampón, normalmente un pH de 4,0, 7,0 y 10,0. Algunos medidores realizan la calibración en este rango, mientras que otros necesitan una solución tampón que tenga un pH más aproximado a las medidas previstas en el sitio.
2. Conseguir un papel indicador de pH que cubra el rango de pH que se espera para el sitio.
3. Obtener agua destilada o desionizada para enjuagar.
4. Todas las soluciones y el medidor deben estar a temperatura ambiente. Si el medidor no se ajusta automáticamente a la temperatura, comprobar la temperatura de las dos soluciones con un termómetro y registrar los resultados.
5. Seguir el procedimiento recomendado por el fabricante para calibrar el pH de cada una de las soluciones tampón. La solución tampón para el pH solo se puede utilizar una vez para la calibración y debe ser desechada debido al flujo e intercambio de líquido entre la sonda de pH y la solución tampón. Las soluciones tampón tienen una duración limitada. Comprobar la fecha de caducidad antes de llevar la solución tampón al terreno. Todas las soluciones tampón y el papel indicador de pH se deben conservar en un ambiente limpio y seco.
6. Recordar que se debe enjuagar la sonda con agua desionizada, tras haber verificado el pH de cada solución tampón.

3.3 MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA SOBRE EL TERRENO

Las mediciones de la temperatura sobre el terreno son muy importantes debido a que el oxígeno y otros gases tienen una solubilidad que varía según la temperatura. Una temperatura elevada puede causar una baja tasa de oxígeno disuelto y contribuir a la muerte de organismos acuáticos. Una temperatura elevada también puede ser la causa directa de la muerte de organismos acuáticos o de que muchos organismos huyan del hábitat que tiene una temperatura alterada. La temperatura se puede medir usando sondas electrónicas o termómetros de cristal.

3.3.1 UTILIZACIÓN DE TERMÓMETROS DE CRISTAL

1. Usar únicamente termómetros calibrados y evitar usar termómetros de mercurio que, en caso de que se rompan, pueden provocar una



FIGURA 3.3 :
Las sondas de temperatura van desde simples termómetros de vidrio en una carcasa de acero inoxidable para una sola medición, hasta sondas de medición múltiple que permiten el registro de datos. (Cortesía de EPA DE ESTADOS UNIDOS y del DOE de Canadá)



contaminación por mercurio. El termómetro de cristal debe estar dentro de un estuche de metal cilíndrico para evitar que se rompa. El estuche y el termómetro pueden tardar más tiempo en alcanzar el equilibrio térmico.

2. Es preferible que el termómetro esté situado dentro de la muestra in situ, comprobando de que la parte superior del líquido está al nivel de la línea de inmersión del termómetro. Dejar que el termómetro se equilibre al menos durante 3 minutos.
3. En caso de que se deba recoger una muestra en el sitio, el recipiente deberá alcanzar el equilibrio térmico con relación al agua antes de que pueda retirar de la corriente. Cuanto más pequeño sea el recipiente, más rápido la temperatura ambiente provocará un cambio en la temperatura del líquido. Por lo tanto, es necesario recoger la muestra de agua en una botella de cuello ancho con una capacidad de al menos 125 ml.
4. Poner el termómetro en el recipiente de muestras con la parte superior del líquido al nivel de la línea de inmersión del termómetro. Dejar que el termómetro se equilibre al menos durante 3 minutos. Para leer la temperatura del agua, sostener la botella y el termómetro a la altura de los ojos y mantener el bulbo del termómetro sumergido en la muestra. Registrar el dato de la temperatura con una precisión de 0,5 °C.

3.3.2 EL USO DE TERMÓMETROS ELECTRÓNICOS

1. Comprobar que el instrumento está correctamente calibrado según las recomendaciones y especificaciones del fabricante.
2. Enjuagar el recipiente de la muestra y la sonda al menos 3 veces con el agua de muestra hasta que esté a la misma temperatura que el líquido.
3. Verificar que la sonda no está en contacto con las paredes o el fondo del recipiente de muestras.
4. Tomar la lectura y después repetir el proceso con nuevas muestras hasta que se obtengan lecturas reproducibles con una diferencia de $\pm 5\%$.

3.4 MEDICIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO SOBRE EL TERRENO

El oxígeno disuelto se puede medir por titulación química o por electrodo de membrana sensible al oxígeno que se utiliza más frecuentemente.

El oxígeno disuelto es particularmente sensible a los cambios de altitud, los cambios de presión atmosférica entre los sitios pueden hacer que el oxígeno disuelto aumente la saturación a baja altitud o disminuya la saturación a gran altitud. Si el equipo no dispone de la función de calibración automática, en función de los cambios de presión atmosférica o de altitud, será necesario efectuar una nueva calibración de forma manual cuando se produzcan cambios de altitud importantes.

3.4.1 OXÍGENO DISUELTO POR TITULACIÓN QUÍMICA

La titulación química puede realizarse con kits de campo o en el laboratorio, normalmente con el método del manganeso/alcalino-yoduro-azida. Seguir las instrucciones del kit de campo o del laboratorio. La titulación química puede inducir a error debido a cambios de altitud. Por lo tanto, el análisis se debe efectuar rápidamente si la muestra va a ser desplazada a otro sitio que tiene una variación importante de altura del lugar donde se realiza el análisis.

La concentración de oxígeno disuelto se puede «fijar» en el terreno añadiendo los siguientes reactivos que han sido formulados por el laboratorio para

corregir la concentración adecuada para 1,0 L de muestra de agua:

1. añadir 1,0 mL de sulfato de manganeso (II)*¹,
2. añadir, además, 1,0 mL de solución alcalino-yoduro-azida*,
3. cerrar la muestra para excluir el aire,
4. agitar la muestra para mezclar bien los reactivos de fijación,
5. efectuar la titulación en el laboratorio mediante los reactivos apropiados.

Consultar la **TABLA 2.9.3.20** en el Volumen I.

3.4.2 OXÍGENO DISUELTO POR SONDA ELECTRÓNICA

Comprobar que la sonda está calibrada y equilibrada en función de la altitud del sitio y de la salinidad del agua antes de efectuar las lecturas. Por lo tanto, si la sonda ha sido calibrada en el laboratorio, puede ser necesario que se debe realizar la calibración en el terreno en caso de que haya una gran variación en la altitud entre los dos sitios. La turbulencia del agua puede aumentar el oxígeno disuelto lo que puede esconder bajas concentraciones generales de oxígeno disuelto. Por consiguiente, de ser posible, se debe elegir un sitio para la toma de muestras con un flujo constante.

Seguir las instrucciones del fabricante para el transporte, almacenamiento, calibración y medición del indicador de oxígeno disuelto y la sonda. Si la verificación automática del sistema muestra un problema o si se constata un deterioro y que las lecturas son inestables, se deberá cambiar la membrana. Comprobar si hay burbujas de aire atrapadas bajo la membrana, así como la decoloración del electrodo interno blanco.

3.5 MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD SOBRE EL TERRENO

La conductividad eléctrica del agua es un indicador fundamental de la contaminación química y un método generalmente eficaz y poco costoso. El agua dulce limpia posee una baja conductividad debido al pequeño número de partículas disueltas cargadas o de átomos para transportar la corriente eléctrica. La conductividad aumenta debido a la presencia de sales disueltas o metales disueltos en el agua. Por lo tanto, una alta conductividad puede indicar la presencia de sal en el agua dulce.

La sal puede entrar en un sistema por:

- intrusión salina del océano,
- operaciones industriales,
- disolución de rocas en una explotación minera o el vertido de residuos.

Los metales también pueden provocar que aumente la conductividad. Los metales pueden entrar en un sistema por:

- disolución de piedras rotas de residuos de minería;
- fábricas de transformación de minerales o de actividades industriales, como la fusión de metales y de residuos de fundición u operaciones de revestimiento de metal;
- vertederos de residuos municipales.

La conductividad eléctrica se mide generalmente en milisiemens (mS) o en microsiemens (µS). **LA TABLA 3.1 MUESTRA EL RANGO NORMAL DE CONDUCTIVIDAD** Por consiguiente, si la conductividad se encuentra fuera de estos valores, se debe presumir que existe una fuente de contaminación.

¹ Como se indica en la última edición de los Métodos Normalizados de « Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association) ».

**TABLA 3.1 | Conductividad eléctrica del agua de varias fuentes**

TIPO DE SOLUCIÓN	CONDUCTIVIDAD MEDIA
Agua destilada	de 0,5 a 3,0 μS
Nieve fundida	de 2 a 42 μS
Agua potable	de 30 a 150 μS
Corrientes de agua dulce	de 100 a 2000 μS
Aguas salobres en estuarios	de 2 000 a 19 000 μS
Agua salada en mares y océanos	de 19 000 a 50 000 μS

Las sondas de conductividad permiten localizar y georreferenciar rápida y económicamente las fuentes de contaminación salina y de metales provenientes de desembocaduras o de aguas subterráneas trazando las zonas de baja y alta conductividad. Cuando se realiza una investigación en un sitio, se pueden introducir sondas para la conductividad en el agua en varios lugares y profundidades, comenzando en un sitio de referencia para aproximarse a la supuesta fuente o empezando en la fuente para ir desplazándose hacia un sitio de referencia. Esta flexibilidad permite que se pueda determinar la presunta fuente o la fuente real y cartografiar la posible zona afectada. Para detectar el agua subterránea contaminada que aflora, se puede hacer descender las sondas desde un puente o un barco hasta el nivel de la interfaz entre los sedimentos y el agua. Un cambio de la conductividad (y a veces de temperatura y de oxígeno disuelto) puede indicar una fuente de contaminación; se pueden extraer otras muestras y realizar otros exámenes para confirmar la presencia de contaminación.

Una sonda de conductividad puede estar formada por una única sonda o formar parte de un multímetro con sondas para el oxígeno disuelto y el pH. Para calibrar un medidor de conductividad, se deben seguir las recomendaciones del fabricante. Sin embargo, el procedimiento general que se debe seguir es:

1. No utilizar la misma muestra que ha servido para medir el pH porque el electrodo para medir el pH modifica la conductividad de la muestra.
2. Obtener las conductividad relevantes que cubran el rango previsto para el sitio.
3. Utilizar agua destilada o desionizada para el enjuagado.
4. Todas las soluciones y el medidor deben estar a temperatura ambiente. Si el medidor no se ajusta automáticamente a la temperatura, comprobar la temperatura de las dos soluciones con un termómetro y registrar los resultados. Las sondas para la conductividad son menos sensibles a las variaciones de altitud que las sondas para el oxígeno disuelto, por lo que la calibración resulta más fácil.
5. Seguir el procedimiento recomendado por el fabricante para calibrar en cada conductividad.
6. Recordar que se debe enjuagar la sonda con agua desionizada tras haber verificado la conductividad para cada solución de conectividad.
7. Las soluciones de conductividad tienen una vida útil limitada. Comprobar la fecha de caducidad antes de llevar la solución de conductividad al terreno. Almacenar todas las soluciones de conductividad en un lugar limpio y seco.

3.6 MEDICIÓN DEL AMONIACO SOBRE EL TERRENO

El amoníaco es un contaminante común que proviene de muchas actividades industriales, mineras (en las que el nitrato de amonio se usa como producto químico explosivo), de transformación de la carne o el pescado, establos y granjas de engorde. Puede tener una alta toxicidad tanto para los organismos terrestres como acuáticos.

3.6.1 RECOGIDA DE MUESTRAS DE AGUA Y COMPROBACIÓN DEL CONTENIDO DE AMONIACO

Se puede detectar el amoníaco en el agua mediante kits de terreno que usan reactivos que generan una reacción de color en la muestra. Dichos kits están disponibles a la venta a través de proveedores y proporcionan estimaciones bastante precisas sobre el amoníaco disuelto. Si se detecta amoníaco en una prueba de campo, se deberá recoger una muestra de agua de tal manera que quede poco espacio libre para el aire o el gas en el recipiente. Esto evitará que el amoníaco disuelto se vaporice en el espacio libre y se pierda. La muestra debe mantenerse fría (4° C) y debe ser transportada al laboratorio lo antes posible para su análisis.

3.6.2 RECOGIDA DE MUESTRAS DE AIRE Y COMPROBACIÓN DEL CONTENIDO DE AMONIACO

La muestra y el análisis para determinar la presencia de amoníaco en el aire requieren el uso de un material especializado que pueda captar una parte de los vapores o de los escapes de las actividades industriales para analizarlos en un detector. Ciertos dispositivos usan boquillas de admisión para extraer una parte del flujo de aire que circula en un detector. Estos métodos pueden ser complejos y perturbar las actividades de los sitios que están siendo investigados. Los tubos de detección de gases utilizan un producto químico dentro de un tubo de vidrio que reacciona y cambia de color cuando entra en contacto con el amoníaco. Estos dispositivos pueden ser portátiles y se componen de una pequeña bomba que contiene el tubo de vidrio. Las extremidades del tubo están abiertas y el tubo se encuentra en el dispositivo que después succionará el aire supuestamente contaminado a través del tubo. Un cambio de color propio del amoníaco confirmará su presencia o su ausencia. Los detectores ópticos de amoníaco al aire libre usan una fuente de luz ultravioleta (UV) o infrarroja que se proyecta en el aire en dirección de un detector. El detector puede encontrarse a una distancia máxima de 750 m. Este método casi no perturba las actividades de los lugares que están siendo investigados.



FIGURA 3.4 :
Los kits de análisis de amoníaco portátiles son muy útiles para las mediciones sobre el terreno, ya que el amoníaco es volátil y debe medirse lo antes posible. (Cortesía de DOE de Canadá)

Los detectores fotoacústicos hacen circular el gas en un tubo de detección a través del que se proyecta una luz con una longitud de onda precisa. A medida que la luz es absorbida en diferentes concentraciones, el brillo de la luz que incide en el detector se convierte en una señal acústica. La intensidad del sonido indica la concentración de amoníaco.

Existen otros sistemas de detección de amoníaco que usan combinaciones similares para su detección. Por lo general, sobre el terreno se usan tubos de detección de gases que resultan también ser los más económicos.

3.7 MEDICIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA SOBRE EL TERRENO

La turbidez del agua puede ser un factor medioambiental fundamental. El grado de turbidez indica la capacidad que tiene la luz para penetrar en la columna de agua y permitir, de ese modo, a los organismos ver o ejecutar las funciones de fotosíntesis. El mayor impacto en la turbidez del agua proviene de los sólidos en suspensión y de las suspensiones coloidales, así como de las películas superficiales que provienen de fuentes de contaminación y que pueden degradar la calidad del agua. En el terreno, la turbidez del agua se mide normalmente con un disco de Secchi que es un disco circular compuesto de dos cuadrantes blancos opuestos y de dos cuadrantes negros opuestos que, por lo general, tienen un diámetro de 20 a 30 cm. También se puede utilizar una sonda Triton para controlar la turbidez o un fotómetro.

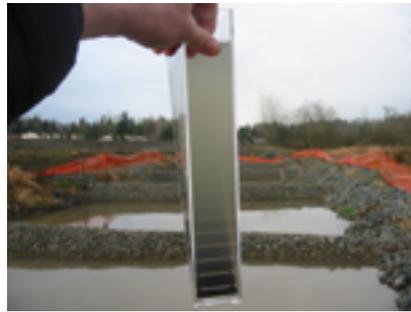
PROCEDIMIENTO SUGERIDO

El uso de un disco de Secchi presenta variaciones inherentes a la agudeza visual del utilizador, así como intensidades luminosas variables según la estación del año y las condiciones meteorológicas. Por lo tanto, es necesario seguir ciertas etapas para minimizar dichas variaciones.

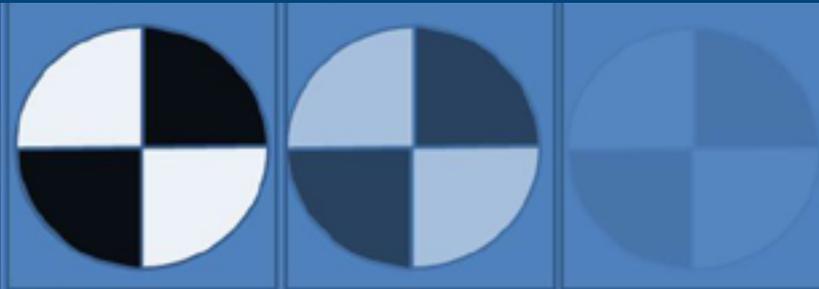
- Evitar tomar lecturas en caso de fuertes oleajes, al amanecer y al atardecer.
- La misma persona debe tomar las lecturas para un sitio y dicha persona debe indicar si lleva gafas con cristales polarizados para reducir el deslumbramiento reflejado.

- Si es posible, las lecturas deben tomarse entre las 9.00 de la mañana y las 15.00 de la tarde.
- Las lecturas deben tomarse por el lado del barco que no está expuesto al sol a fin de reducir el impacto del deslumbramiento reflejado.

1. Introducir el disco de Secchi en el agua y bajarlo hasta que no se vea el dibujo. Registrar la profundidad.
2. Subir el disco de Secchi hasta que se pueda ver el dibujo.
3. Seguir bajando y subiendo el disco y anotar las profundidades al menos tres veces. A la profundidad media se le llama «coeficiente de extinción» con una precisión de 0,1 m.
4. Anotar la fecha, la hora y las condiciones atmosféricas y del agua en la libreta.



El prisma de turbidez Triton utiliza un recipiente y una escala logarítmica para medir la penetración de la luz y estimar la turbidez y no depende de la profundidad de la masa de agua.



Mayor profundidad. →

El disco Secchi se baja verticalmente en el agua y la profundidad a la que el disco deja de ser visible se utiliza para estimar la turbidez del agua.



FIGURA 3.5 :
Métodos sencillos de campo para medir la turbidez (Cortesía de De Genesis Environmental Sciences Ltd y de Triton Environmental Consultants Ltd.)

3.8 KITS VARIADOS DE PRUEBAS DE CAMPO

Los accidentes y vertidos a menudo implican sustancias peligrosas o tóxicas. A fin de garantizar que se proporciona una respuesta rápida y eficaz en caso de emergencia, el primer paso consiste en identificar los compuestos o productos químicos que están presentes. Los kits para la clasificación de sustancias químicas peligrosas utilizan varios reactivos y pruebas para determinar cuál puede ser el producto vertido. Estos kits se han ido mejorando con el tiempo y actualmente son más fáciles de utilizar. Tienden a ser muy caros y necesitan cierto mantenimiento.



Las tiras clasificadoras de productos químicos suelen utilizar un producto químico en el papel (como las tiras de análisis de pH) que reacciona para producir un cambio de color. Son baratas, desechables y suelen conservarse durante dos años.

Las tiras clasificadoras de productos químicos suelen utilizar un producto químico en el papel (como las tiras de análisis de pH) que reacciona para producir un cambio de color. Son baratas, desechables y suelen conservarse durante dos años.

Pueden utilizarse para determinar si el producto:

- es ácido o alcalino,
- es un oxidante,
- contiene fluoruros, yodo, cloro o bromo,
- contiene disolventes orgánicos.

Asimismo, existen kits que permiten determinar la presencia de BPC en el suelo o en el aceite para transformadores. Estos kits son relativamente baratos y fáciles de utilizar. Son desechables y se pueden conservar dos años. Todos estos kits se deberían utilizar como herramientas de detección para constatar la presencia o ausencia de un contaminante medioambiental. Si se sospecha o se confirma la presencia del contaminante, se deberá recoger una muestra en un recipiente adecuado siguiendo el protocolo recomendado en la **SECCIÓN 2.9** del Volumen I.

3.9 PRUEBAS COLORIMÉTRICAS DE TINTE

Los colorantes de tinte pueden servir para detectar o delimitar la contaminación en agua dulce o salada, según la solubilidad. En la mayoría de los controles y de las investigaciones medioambientales, los colorantes sirven para (1) comprobar o localizar el punto de descarga final de los vertidos o efluentes que pasan por una vía cerrada o inobservable de otro modo (por ejemplo, alcantarillas, desagües pluviales, tubos de drenaje, tuberías o aguas subterráneas) antes de que se viertan al medio ambiente y (2) para delimitar una zona afectada. Los colorantes que se utilizan presentan un nivel de toxicidad muy débil para el medioambiente. Suelen ser de color verde, naranja o rojo brillante.

Los colorantes de tinte pueden medirse observando el color en el agua tras su liberación. Los colorantes son visibles según su concentración en partes por mil millones en longitudes de onda de luz muy específicas y pueden medirse por observación visual o utilizando un espectrofotómetro. Debido a su carácter específico, las longitudes de onda son útiles en las investigaciones judiciales.

Cuando se usen colorantes, hay que recordar que:

- una vez mojado, el colorante mancha todo lo que toca y es extremadamente difícil de eliminar de la ropa, las manos, el equipo, etc.;
- solo se deben efectuar las pruebas colorimétricas cuando se hayan obtenido todas las muestras;
- se debe informar de las pruebas colorimétricas a los organismos de respuesta en caso de emergencias y a las autoridades locales que gestionan el agua ya que las aguas fluorescentes darán lugar a muchas preguntas.
- todo el material que haya sido utilizado para manipular el colorante deberá ser introducido en bolsas y deberá ser desechado puesto que

es prácticamente imposible limpiarlo;

- las bajas concentraciones de fluoresceína expuestas a la luz solar serán visibles durante una hora o más.

3.9.1 TIPOS DE COLORANTES Y MEDICIÓN

Dos de los colorantes de detección más comunes son la rodamina (Intracid Rhodamine WT) y la fluoresceína (colorantes basados en el xanteno), que son colorantes solubles en agua disponibles a la venta para las pruebas colorimétricas.

- El colorante Intracid Rhodamine WT se presenta como un líquido de color rojo oscuro en una solución diluida al 20 %. Transforma el agua en un color naranja brillante fluorescente.
- Este colorante es menos sensible a la degradación por los rayos ultravioleta (UV) que la fluoresceína, se absorbe menos fácilmente



por las partículas finas y es menos tóxico, por ello el colorante Intracid Rhodamine WT es el colorante elegido para determinar los flujos de efluentes mediante fluorescencia.

- La rodamina WT absorbe la luz en la longitud de onda de 567 a 579 nanómetros utilizada por los espectrofotómetros.
- La toxicidad para los peces del colorante Intracid Rhodamine WT (determinada por la CL50 de la trucha arco iris en 96 horas) es de 320 000 ppb, por lo que es unas 10 veces menos tóxica que la fluoresceína.
- La fluoresceína (un polvo cristalino de color naranja) hace que el agua adquiera un color amarillo verdoso fluorescente. La fluoresceína es el colorante de elección para las canalizaciones cerradas, ya que la luz ultravioleta (UV) lo elimina rápidamente.
- La fluoresceína es visible para el ojo entrenado en agua clara a 10 ppb

FIGURA 3.6 :
Secuencia de fluoresceína para evaluar el flujo de infiltración y la relación con los vertidos industriales y las alcantarillas. (Cortesía del DOE de Canadá)



y para el ojo no entrenado a 100 ppb; por lo tanto, hay que buscar una concentración de 1 000 ppb o más. Esto supone el uso de un colorante comercial con una concentración de colorante en polvo de 35 a 37 %.

- La fluoresceína absorbe la luz en la longitud de onda de 515 a 519 nanómetros utilizada por los espectrofotómetros.
- La toxicidad de la fluoresceína para los peces (determinada por la CL50 de la trucha arco iris en 96 horas) es de 1 372 a 3 433 ppb.

3.9.2 ELABORACIÓN DE UNA PRUEBA COLORIMÉTRICA

Las pruebas colorimétricas pueden realizarse mediante la simple observación visual o con un espectrofotómetro

3.9.2.1 Pruebas colorimétricas mediante observación visual

Para una prueba simple, se puede mezclar el colorante para que sea visible a simple vista desde el punto de liberación hasta el punto de vertido a fin de confirmar el recorrido de un sistema de canalizaciones.

1. Asignar personal en los puntos de observación a lo largo del sistema de canalizaciones o de la corriente de agua para registrar el progreso de la masa líquida con colorante. Esto significa que hay que retirar las tapas de las alcantarillas y las rejillas de inspección para permitir la observación visual.
2. Introducir el colorante directamente en la corriente de agua vertiéndolo suavemente en el agua que fluye
3. Anotar la hora a la que se ha vertido el colorante y las horas a las que aparece en los puntos de observación. Si es posible, fotografiar el colorante cuando aparece en los puntos de observación.

Nota: Si el colorante se diluye demasiado o si el agua está demasiado turbia, este tipo de prueba podría no ser concluyente. Asimismo, puede ser que no se pueda seguir el agua subterránea contaminada porque la dilución puede ser demasiado importante para poder observar visualmente el colorante; en ese caso, será conveniente utilizar un espectrofotómetro.

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE COLORANTE QUE SE DEBE UTILIZAR EN UNA PRUEBA COLORIMÉTRICA MEDIANTE OBSERVACIÓN VISUAL

Utilizar la siguiente fórmula para calcular la cantidad de colorante que se debe añadir. Es necesario que se estimen las variables.

$$Vd = (QL/V) Cp$$

Vd = volumen (ml) de colorante

Q = índice de descarga (m³/s)

L = longitud del circuito de flujo (km)

V = velocidad (m/s)

Cp = concentración (ppb) en el sitio final

3.9.2.2 Pruebas colorimétricas con un espectrofotómetro

Para los rangos bajos de partes por mil millones, para aguas muy turbias o en caso de dispersión en aguas subterráneas, los colorantes pueden ser visibles utilizando un espectrofotómetro. Los colorantes absorben la luz según longitudes de onda precisas, lo que permite detectarlos de forma eficaz y económica. Un espectrofotómetro utiliza una longitud de onda de luz precisa y la proyecta a través de una muestra de agua en un recipiente de vidrio. La concentración de colorante en el agua es proporcional a la cantidad de luz absorbida y, por consiguiente, un fotodetector que se encuentre fuera del recipiente puede emitir una señal mensurable por el instrumento.

3.9.3 CREACIÓN DE MEZCLAS ÓPTICAS DE COLORANTES

Se pueden preparar soluciones de colorantes según concentraciones precisas a fin de estimar de manera económica las concentraciones de contaminantes asociando la dispersión del colorante a una concentración conocida del contaminante.

El procedimiento general para preparar soluciones estándares de colorantes es el siguiente:

1. Mezcla 1 - Preparar el colorante a concentraciones conocidas mezclando 1,0 gramo en un matraz aforado de 1,0 litro y llenándolo con agua destilada o desionizada; concentración de 1 000 000 $\mu\text{g/l}$.
2. Mezcla 2 - Verter exactamente 50 ml de la mezcla 1 en un matraz aforado de 1,0 litro y llenarlo con agua destilada o desionizada; concentración de 50 000 $\mu\text{g/l}$.
3. Mezcla 3 - Verter exactamente 50 ml de la mezcla 2 en un matraz aforado de 1,0 litro y llenarlo con agua destilada o desionizada; concentración de 2 500 $\mu\text{g/l}$.
4. Mezcla 4 - Verter exactamente 50 ml de la mezcla 3 en un matraz aforado de 1,0 litro y llenarlo con agua destilada o desionizada; concentración de 125 $\mu\text{g/l}$.
5. Mezcla 5 - Verter exactamente 50 ml de la mezcla 4 en un matraz aforado de 1,0 litro y llenarlo con agua destilada o desionizada; concentración de 6,25 $\mu\text{g/l}$. (Este proceso se puede repetir para conseguir concentraciones más bajas o se pueden modificar los volúmenes de dilución para variar la concentración).
6. Empezar con la concentración más baja hasta la más elevada, verter una muestra de cada mezcla en el recipiente de vidrio del espectrofotómetro y medir la absorción. Cada vez que se recoge una muestra, enjuagar con agua destilada o desionizada el recipiente que contiene la muestra y limpiarlo con un papel óptico

Concentración del colorante fluorescente con relación a la absorción

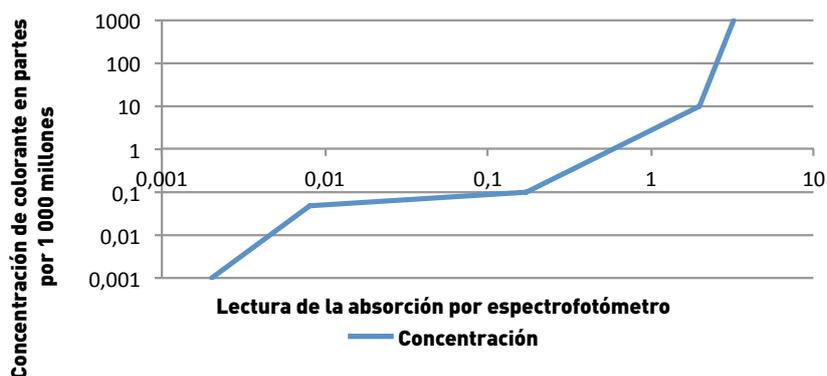


FIGURA 3.7

Trazar la concentración de colorante frente a la absorbencia (escala logarítmica) para utilizarla en el campo y estimar las concentraciones de contaminantes y confirmar la relación con las alcantarillas. (Cortesía del DOE de Canadá)

7. Trazar la absorción en el eje de abscisas y la concentración en el eje de ordenadas de un gráfico. Se obtendrá una curva (a menudo una línea recta) en la que cuanto mayor sea la absorbencia, mayor será la concentración de colorante.

3.9.4 PRUEBA COLORIMÉTRICA CON ESPECTROFOTÓMETRO EN AGUAS SUPERFICIALES O EN UN SISTEMA DE CANALIZACIONES

1. Asignar personal en los puntos de observación a lo largo del sistema de canalizaciones o del curso de agua para registrar el progreso de la masa líquida con colorante. Esto significa que hay que retirar las tapas de las alcantarillas y las rejillas de inspección para permitir la observación visual.



2. Seguir la trayectoria del colorante inyectando la mezcla con mayor concentración con la ayuda de una bomba de inyección a un ritmo constante en el curso de agua o en el sistema de canalizaciones en el lugar de inicio de la prueba.
3. Recoger muestras en diferentes momentos en cada punto de muestreo. Analizar las muestras tomando muestras de agua y poniéndolas en el espectrofotómetro. Anotar la hora en la que se ha vertido el colorante y las horas a las que aparece, la hora a la que se ha recogido una muestra en los puntos de observación y la absorción en cada punto de observación.
4. Utilizar el gráfico para estimar la concentración de colorante y los índices de dilución.

Por ejemplo, supongamos que una tubería de desagüe vierte un contaminante a 100 partes por millón, que el colorante se inyecta en el punto de vertido y que, posteriormente, se toma una muestra en un punto situado aguas abajo. Si la concentración de colorante en el punto aguas abajo es una décima parte de la concentración original, es probable que el contaminante también sea una décima parte de la concentración original de la descarga. Dado que el colorante puede medirse inmediatamente in situ mediante un espectrofotómetro, el investigador puede determinar rápidamente la propagación y el impacto potencial del contaminante a un coste muy bajo.

3.9.5 PRUEBA COLORIMÉTRICA CON ESPECTROFOTÓMETRO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS

El colorante puede inyectarse en pozos de aguas subterráneas situados más arriba y dejar que se filtre con las aguas subterráneas hacia los pozos situados más abajo o las masas de agua superficiales. Las muestras pueden recogerse en pozos aguas abajo o en aguas subterráneas ascendentes y medirse con un espectrofotómetro.

Los medios de absorción (normalmente carbono activado en una bolsa de malla) también pueden introducirse por suspensión en los pozos de aguas más abajo o implantarse en el sedimento de la orilla o del fondo de la masa de agua. Los paquetes de absorción se recogen después de un periodo de exposición (normalmente varios días o semanas en función del caudal conocido o supuesto de las aguas subterráneas), el colorante se extrae con disolventes y se mide su concentración mediante un espectrofotómetro.

3.10 PRUEBAS CON INFRARROJOS Y RADIOACTIVIDAD

Los equipos portátiles de campo que utilizan la exploración con infrarrojos o radioactividad pueden proporcionar resultados analíticos sobre el terreno rápidamente. Pueden costar más de 50 000 dólares estadounidenses por unidad típica y resultan rentables cuando hay que examinar lugares grandes o grandes cantidades de materiales.

Los espectroscopios portátiles de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) pueden analizar cualitativamente múltiples componentes químicos como el amoníaco, el tricloruro de boro, el fosgeno, el ácido nítrico, el dióxido de azufre, la arsina, el trifluoruro de boro, el disulfuro de carbono y el cianuro de hidrógeno. Son especialmente útiles para la detección de seguridad y el análisis de muestras en lugares contaminados y en situaciones de riesgo químico.



FIGURA 3.8 :

Los instrumentos portátiles de fluorescencia de rayos X (XRF) pueden cuantificar o calificar prácticamente cualquier elemento, desde el magnesio hasta el uranio, dependiendo de la configuración precisa del instrumento. Estos instrumentos son especialmente útiles para los lugares contaminados con metales pesados. (Cortesía de EPA de Estados Unidos)







4

**MATERIALES USADOS
NORMALMENTE PARA EL MUESTREO
SOBRE EL TERRENO IN**

Materiales usados normalmente para el muestreo sobre el terreno

El material para la toma de muestras sobre el terreno debe estar adaptado a la tarea que se quiere efectuar y a las condiciones en las que se realiza el muestreo. Las situaciones excepcionales normalmente requieren la compra de material especializado o tener acceso a unos conocimientos específicos. La lista que pasamos a describir comprende el material que resulta útil en la mayoría de las situaciones a las que un agente de la autoridad encargado del medioambiente debe enfrentarse.

4.1 CUIDADO Y MANTENIMIENTO GENERAL DEL MATERIAL DE CAMPO

Los instrumentos de campo suelen funcionar con pilas y pueden requerir baterías especiales que no son fáciles de conseguir en lugares remotos. Las baterías recargables de níquel-cadmio (NiCd) pueden verse afectadas por períodos de almacenamiento prolongados. Las baterías NiCd pueden perder la memoria si no se someten a ciclos de vez en cuando. Durante el almacenamiento, se debe intentar descargar y recargar las baterías de vez en cuando para mantenerlas en buen estado. Además, algunos medidores de pH pueden seguir utilizando la energía de las pilas para mantener su calibración, aunque la alimentación esté desconectada, por lo que es conveniente que se retiren las pilas de dichas unidades en caso de largos períodos de almacenamiento. Nunca se deben cambiar las pilas si existe riesgo de explosión. Desechar las pilas NiCd como residuos peligrosos o en un centro de reciclaje.

Antes de salir para efectuar la recogida de muestras, asegurarse de que comprende los requisitos de funcionamiento y mantenimiento del equipo de campo y de que se han incluido las piezas de repuesto, los estándares de calibración y las baterías necesarias. Los medidores deben calibrarse antes de ir al terreno para así garantizar su correcto funcionamiento.

SOBRE EL TERRENO

Comprobar que el material ha sido calibrado adecuadamente o normalizado siguiendo las recomendaciones del fabricante. La frecuencia de la calibración o normalización variará. Documentar las calibraciones, incluyendo las fechas de caducidad de las soluciones tampón y los ajustes de los medidores realizados. Comprobar que el material es seguro para las condiciones en el terreno. Proteger el material de temperaturas extremas. Si el material se deja en el vehículo, las soluciones se pueden congelar con el frío o deteriorar por el exceso de calor. Proteger el equipo de los daños físicos y conocer las consignas para el cuidado y la manipulación adecuados de cada instrumento.

En ciertas situaciones, el personal que efectúa la recogida de muestras deberá realizar un control del aire para determinar si los vapores combustibles o los contaminantes específicos del aire están presentes, sobre todo en caso de emergencia medioambiental. Para ello, se deberán utilizar explosímetros y



diversos analizadores y detectores portátiles. Este tipo de material para realizar análisis sobre el terreno es bastante variable y especializado por lo que este manual no tratará su uso. Consultar las instrucciones del fabricante.

4.2 MUESTREADORES AUTOMÁTICOS

Los muestreadores automatizados o automáticos tienen varias aplicaciones, sobre todo para la recogida de muestras en lugares industriales, alcantarillas o lugares similares en los que se requiere una muestra representativa durante un periodo de tiempo fijo (por ejemplo, 24 horas). Los muestreadores automáticos deben adaptarse mecánica y eléctricamente al entorno en el que van a utilizarse y deben ser fácilmente accesibles para la inspección y el mantenimiento periódico.



Existen diversos fabricantes de muestreadores automáticos. Muchos de estos dispositivos son programables y lo suficiente versátiles para ser usados en diferentes situaciones. Algunas de sus características son:

- alimentación por batería o corriente alterna;
- resistentes y con capacidad para funcionar en condiciones adversas;
- capacidad para controlar la temperatura de la muestra (generalmente una base aislada para añadir hielo);
- controles y funciones de programación fáciles de usar;
- de fácil mantenimiento y limpieza;
- capacidad para recoger muestras compuestas o individuales;
- función de purga (que limpia la línea de admisión entre las muestras);
- función multiplex (posibilidad de distribuir una muestra en varias botellas o más de una muestra por botella);
- mínimo contacto de la muestra con los materiales del muestreador;
- capacidad de permitir un muestreo proporcional al caudal, cuando se utiliza con equipos de medición de caudal;
- línea de entrada tamizada y ponderada,
- portabilidad y versatilidad (para diferentes lugares);
- bomba peristáltica de alta velocidad capaz de levantar una cabeza estática de unos 6 m (20 pies).

Seguir las recomendaciones del fabricante para configurar el muestreador automático. El muestreador debería producir un volumen suficiente al final del periodo de muestreo establecido (por lo general, 24 horas).

FIGURA 4.1 :
Muestreador automático que puede programarse para tomar muestras individuales o compuestas a intervalos regulares o irregulares, o ser activado por la calidad del agua (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, caudal, etc.)
(Cortesía del DOE de Canadá)

Cuando se configura el muestreador automático, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Instalar el muestreador lo más cerca posible de un lugar de flujo libre, preferiblemente en un punto que garantice la homogeneidad de la mezcla.
- Si utiliza la función de purga, mantener el muestreador por encima del punto de vertido de la tubería para que el ciclo de purga vacíe completamente la línea de admisión.
- Según los analitos de interés, utilizar un tamiz de entrada de acero inoxidable, teflón o plástico para evitar que la línea de muestreo se obture con sólidos en suspensión. La línea de entrada debe ser lastrada para que pueda permanecer en su sitio en la corriente de efluentes. Durante la recogida de la muestra, puede ser necesario limpiar regularmente los filtros (según el tamaño de los sólidos en el medio de muestreo).
- El recipiente de la muestra debe ser de plástico, vidrio o teflón, según el analito de interés.
- Para conservar la muestra, mantener la temperatura a 4°C utilizando hielo o una unidad de refrigeración.
- Mantener también la muestra en un lugar oscuro para evitar cualquier fotodegradación de los analitos de interés.
- Para algunas muestras, los conservantes, como el ácido nítrico para el análisis de metales, pueden añadirse directamente al recipiente antes de comenzar el muestreo.
- Reducir al máximo la longitud de los tubos de admisión para minimizar la contaminación de la muestra por la línea de admisión. Reemplazar el tubo con una nueva línea para cada sitio de muestreo para minimizar la contaminación cruzada.
- Controlar la temperatura de la muestra regularmente durante el período de muestreo, especialmente si la zona de muestreo es cálida.
- Cuando haga mucho frío, utilizar cables calefactores para que las muestras no se congelen; tener en cuenta el enfriamiento eólico al instalar el equipo.
- Llevar un libro de registro individual de mantenimiento para cada muestreador automático.

Después de recoger las muestras en un muestreador automático, se pueden generar errores en la transferencia de las muestras de las garrafas a las botellas. Mezclar bien la muestra en la garrafa con una barra limpia de acero inoxidable recubierta de teflón, un agitador magnético, una varilla de vidrio enjuagada con disolvente o agitando la garrafa para garantizar la representatividad de los resultados. Llenar parcialmente (aproximadamente 1/3) cada una de las botellas de muestra, mezclando el contenido de la garrafa con la mayor frecuencia posible. Justo antes de verter el líquido, remover el contenido de garrafa en dirección opuesta para que el líquido deje de girar y se agite bien, ya que los sólidos en suspensión tienden a aglutinarse hacia las paredes de la garrafa. Repetir este proceso hasta que se hayan llenado todas las botellas.

4.3 MUESTREADORES DE BIDONES

La toma de muestras de bidones, barriles y depósitos puede realizarse con tubos especializados de plástico, vidrio o teflón, con o sin mecanismos de cierre.



4.3.1 TUBO DE MUESTREO (LADRÓN DE MUESTRAS)

Este muestreador es básicamente un tubo hueco de vidrio o de plástico rígido con una longitud cualquiera, pero que generalmente mide alrededor de 1,0 m. El muestreador de plástico puede utilizarse para el muestreo de metales, álcalis fuertes y ácido fluorhídrico; y el muestreador de vidrio para los productos orgánicos.



FIGURA 4.2 :
El tubo de vidrio exterior recoge la muestra y el tubo de vidrio interior está provisto de un tapón para evitar que la muestra se escape. (Cortesía de EPA de Estados Unidos)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Introducir el muestreador en el material que desea recoger la muestra hasta la profundidad requerida.
2. Con los guantes, colocar el pulgar firmemente sobre el extremo abierto, presionando hacia abajo para sellar el tubo y retirar cuidadosamente el muestreador.
3. Colocar con cuidado el extremo inferior del tubo cerca del extremo abierto del recipiente de muestras teniendo cuidado de no tocar los lados. Disminuir la presión ejercida con el pulgar o girar suavemente el tubo para romper el sello y permitir que el contenido se vacíe en el frasco de muestras.
4. Para detener el flujo del tubo, aumentar la presión ejercida con el pulgar.

4.3.2 MUESTREADOR PARA LA TOMA DE MUESTRAS COMPUESTAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS (COLIWASA)

El muestreador COLIWASA es uno de los más importantes para la recogida de muestras de residuos peligrosos en forma líquida y puede efectuar el muestreo en grandes contenedores. Este tipo de instrumento permite realizar un muestreo representativo de residuos multifásicos de una amplia gama de viscosidad, volatilidad y contenido de sólidos. Su sencillo diseño facilita su uso y permite una rápida recogida de muestras, minimizando la exposición de la persona que toma las muestras a posibles peligros. Las muestras recogidas mediante un instrumento COLIWASA se integran en profundidad, lo que significa que, si hay capas de diferentes productos químicos en un bidón o tanque, el COLIWASA recogerá una muestra de cada capa. El muestreador COLIWASA y los muestreadores de tubo o barril similares pueden ser de plástico, vidrio o teflón. En algunos casos, los tubos de muestreo pueden acoplarse entre sí para ampliar su alcance. Los de plástico pueden ser desechables y se utilizan para tomar muestras de la mayoría de los residuos líquidos en contenedores, excepto los que contienen cetonas, nitrobenceno, dimetilformamida, óxido de mesitilo y tetrahidrofurano. Los tipos de vidrio o teflón utilizan vidrio de borosilicato o teflón para el tubo de muestreo, con piezas de teflón. Sin embargo, el vidrio es incompatible con álcalis fuertes o soluciones de ácido fluorhídrico.

Las partes principales de un muestreador de tipo COLIWASA son el tubo de muestreo, el mecanismo de cierre y el sistema de cierre. El tubo de muestreo suele contener hasta 1 l de líquido en función de su longitud y diámetro, y se compone de un tubo translúcido de 1,52 m de longitud y 4,1 cm de diámetro interior, generalmente de policloruro de vinilo (PVC) o vidrio de borosilicato. El sistema de cierre consiste en un tapón de vidrio o de neopreno unido a una varilla de cierre de 0,95 cm de diámetro exterior de PVC o de teflón. El extremo superior de la varilla de cierre está conectado al pivote de una barra de aluminio acanalada. La barra de aluminio sirve tanto de asa en T como de bucle para el sistema de cierre del muestreador.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Poner el muestreador en posición abierta.
2. Bajar lentamente el muestreador en el líquido para que el nivel de líquido dentro y fuera del tubo sea el mismo. Si el nivel del interior del tubo de muestreo es inferior al del exterior, la velocidad de muestreo será demasiado rápida, lo que dará lugar a una muestra poco representativa.
3. Cuando el tapón del muestreador llegue al fondo del contenedor de residuos, cerrar la válvula de cierre situada en la parte inferior del muestreador. Retirar lentamente el muestreador del recipiente.
4. Colocar un recipiente adecuado bajo el tubo de muestreo y descargar lentamente la muestra en el recipiente.



4.4 MUESTREADORES DE PROFUNDIDAD

4.4.1 MANGO EXTENSIBLE CORTO, MEDIANO Y LARGO CON PINZA

Los muestreadores de profundidad o de mango extensible se utilizan para recoger muestras de residuos líquidos en estanques, fosas, lagunas y corrientes de efluentes. Tienen un mayor alcance y aíslan al usuario de posibles peligros. El muestreador está formado por un mango extensible con una pinza ajustable (para sujetar el contenedor de muestras). Los muestreadores comerciales de mango extensible están disponibles con una variedad de sistemas de sujeción para sostener el contenedor de la muestra y también manipular el contenedor en varios ángulos. Se pueden fabricar dispositivos de sujeción artesanales con: d'un ramasseur de balles de golf ;

- un recogedor de pelotas de golf,
- un tubo telescópico de 2 o 3 piezas de aluminio o de fibra de vidrio para pintar o barrer.

Sea cual sea el asidero, debe ser cómodo de usar y fácil de descontaminar. Los tubos telescópicos o las barras de extensión de los rodillos de pintura suelen estar disponibles en las ferreterías o en las tiendas de suministros de piscinas. Las pértigas de aluminio son ás ligeras, pero son conductoras de electricidad, por lo que pueden presentar riesgo de descarga eléctrica. Las pértigas de fibra de vidrio son más pesadas, pero protegen mejor de las descargas eléctricas.

Existen muestreadores de mango extensible que tienen un muelle de acero para fijar la pértiga al soporte del contenedor. Suelen presentar una grave desventaja a la hora de tomar muestras, ya que el muelle gira haciendo imposible controlar la posición de la apertura del contenedor de muestras. Esto impide que se pueda seleccionar la opción de recoger una muestra de película superficial o a una profundidad específica y, por lo tanto, no se recomiendan para el uso normal.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Ensamblar el tomador de muestras. Comprobar que todas las piezas estén fijadas correctamente.
2. Enjuagar la abrazadera y el contenedor tres veces con agua de la fuente de muestra.
3. Sumergir lentamente el recipiente alterando mínimamente la superficie.
4. Dejar que la muestra fluya suavemente en el recipiente, minimizando las salpicaduras.
5. Repetir la recogida de muestras en caso necesario. Cuando el recipiente esté lleno, se debe cerrar con fuerza.
6. Retirar el recipiente y guardar el cabezal del muestreador (pinza) en bolsas de plástico para su posterior descontaminación o proceder a la descontaminación in situ antes de utilizarlo en un otro sitio.

4.4.2 BOTELLA DE MUESTREO CON PESO

La botella de muestreo con peso consiste en un soporte de recipiente ponderado unido a cable, cuerda o cadena que puede utilizarse para tomar muestras de líquidos en tanques de almacenamiento, pozos, sumideros u otros depósitos en los que no se pueden recoger muestras adecuadamente con otro dispositivo.



Este instrumento se puede comprar o se puede fabricar de manera artesanal. La descontaminación del cable y del muestreador es muy importante, por lo que es preferible que se utilice una cadena o un cable antioxidantes. Asimismo, la seguridad plantea un problema relacionado con los materiales que no producen chispas, especialmente cuando se trata de productos químicos orgánicos y petrolíferos inflamables o explosivos. Por lo tanto, el cable y el soporte del recipiente deben estar hechos de materiales que no produzcan chispas, por lo general un peso y un soporte de recipiente de plomo o aluminio. El exterior de la botella está expuesto a los residuos, por lo que se debe descontaminar adecuadamente después de su uso.

chimiques inflammables ou explosifs et produits pétroliers sont en jeu. Par conséquent, le câble et le porte-réipient devraient être faits de matériaux qui ne font pas d'étincelles, habituellement un poids et un porte-réipient en plomb ou en aluminium.

La botella de muestreo puede utilizarse sin obturador para obtener una muestra a una profundidad continua. En caso de que se necesite obtener una muestra a una profundidad específica, entonces será necesario un cableado y un mecanismo de obturación separados.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO (MUESTRA A UNA PROFUNDIDAD ESPECÍFICA)

1. Bajar el dispositivo de muestreo hasta la profundidad predeterminada.
2. Extraer el tapón de la botella tirando con fuerza del cable de muestreo y dejar que la botella se llene por completo.
3. Recuperar el muestreador.
4. Transferir la muestra a botellas de muestra limpias de laboratorio.
5. Limpiar el muestreador y el cable cuidadosamente.

FIGURA 4.3 :
Uso de un muestreador de botellas con peso.
(Cortesía del DOE de Canadá)



4.4.3 MUESTREADORES DE AGUA PROFUNDA Y MUESTREADORES DE AGUA INTERESTICIAL PROFUNDA

Los muestreadores de aguas profundas se presentan en varias formas: tubo hueco, peristáltico, punto de impulsión, de dragado y vehículos operados a distancia.

4.4.3.1 Muestreadores de tubo hueco

Los muestreadores de tubo hueco con mecanismo de disparo están formados por un tubo hueco unido a un cable lastrado. Los extremos del tubo están abiertos y las tapas de sellado se mantienen por medio de un mecanismo de resorte o tubo elástico. El muelle o tubo elástico pasa por el centro del tubo de la muestra. El tubo de muestra puede montarse en posición vertical u horizontal. El tubo se baja hasta la profundidad deseada mediante un cable. Por lo tanto, el interior del tubo está expuesto a toda la columna de agua mientras se baja. Un mecanismo de accionamiento, generalmente un transmisor de plomo o acero, baja por el cable y acciona el mecanismo de las tapas de sellado, que se cierran y recogen una muestra de agua. A continuación, se sube el muestreador a la superficie y se vacía el contenido en un contenedor de muestras preparado.



FIGURA 4.4 :
Muestreadores de agua de tubo hueco con mecanismo de disparo.
(Cortesía de Policía Federal de Brasil)

4.4.3.2 Muestreadores peristálticos

Se pueden obtener muestras de flujo intermitente o continuo con tubos adecuados (normalmente de polietileno o teflón), un mecanismo de peso en la columna de agua y una bomba. Normalmente, una bomba peristáltica puede extraer hasta 6 metros de carga para recoger una muestra de la columna de agua.

Existen varios muestreadores disponibles en el mercado que permiten recoger muestras de agua de la capa epibentónica (la capa de agua justo por encima del sedimento del fondo) y de la capa subbentónica conocida como zona hiporreica. La zona hiporreica es la zona crítica del hábitat en la que las aguas subterráneas ascendentes se mezclan con el agua del arroyo, río, lago u océano. Se trata de un hábitat fundamental que está sujeto a la contaminación, especialmente por el afloramiento de aguas subterráneas contaminadas.

MUESTREADOR BICKERTON CON PUNTA FILTRANTE

El muestreador Bickerton con punta filtrante de Environment Canada es un muestreador de tubo corto con punta filtrante que puede recoger muestras en zonas poco profundas. Se utiliza en el vadeo o desde una pequeña embarcación, normalmente a menos de 2,0 metros de agua superficial. Se suele utilizar un martillo neumático para introducir el mecanismo en la zona hiporreica. Este muestreador se usa en aguas

poco profundas y con corrientes débiles. Debido a su peso ligero permite tomar, por lo general, más de 8 muestras de sitios al día.

TOMADOR DE MUESTRAS KIST PARA AGUA, AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SEDIMENTOS

El tomador de muestras KIST para agua, aguas subterráneas y sedimentos de Environment Canada es un muestreador muy fácil de transportar que se puede conectar a una bomba peristáltica y que puede bajar a profundidades de al menos 30 metros. La profundidad dependerá, en gran medida, de la longitud del cable de conexión para una cámara opcional que permite observar la columna de agua y el fondo del sedimento durante su despliegue y funcionamiento. El vídeo puede transmitirse en directo y almacenarse en un ordenador portátil para su posterior análisis. El muestreador puede recoger muestras de la columna de agua y de la capa epibentónica (la capa de agua justo por encima del sedimento del fondo). Un mecanismo de percusión manual de martillo deslizante puede introducir un piezómetro poco profundo o un muestreador de cuchara partida hasta un metro en el sedimento del fondo, dependiendo de la estructura del sustrato sedimentario. Las muestras de agua se extraen mediante una bomba peristáltica que utiliza una tubería conectada desde la superficie al mecanismo del punto de impulsión insertado en el sedimento del fondo. Las muestras de sedimentos pueden recogerse con una cuchara partida.

Debido a su gran portabilidad, el tomador de muestras KIST se puede utilizar en zonas remotas en pequeñas embarcaciones con una tripulación de 2 personas o en grandes buques en zonas de fuertes corrientes de hasta 2,0 metros por segundo. Por su ligero peso permite, por lo general, tomar más de 8 muestras de sitios al día.

FIGURA 4.5 :
Función de muestreo de agua hiporreica y núcleos de sedimentos del muestreador KIST
(Cortesía del DOE de Canadá)





MUESTREADOR TRIDENT NEPTUNE PARA AGUA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

El muestreador Trident Neptune para agua y aguas subterráneas es un muestreador mucho más grande y pesado y generalmente utiliza un mecanismo de cabrestante mucho más grande para recoger los mismos tipos de muestras que el tomador de muestras KIST o Bickerton. Puede funcionar a la misma profundidad y con las mismas condiciones de corriente que el tomador de muestras KIST, pero requiere una plataforma de barco más grande debido a su mayor peso, a su mayor tripulación y a un cabrestante más pesado. Esto significa que es más difícil de transportar que los otros dos muestreadores. Los tomadores de muestras KIST y Bickerton pueden desplegarse desde una embarcación Zodiac de 3 metros o más grande. El mecanismo de penetración en los sedimentos es hidráulico y requiere una unidad de potencia (generalmente neumática) para su funcionamiento. El sistema de potencia hidráulica de la unidad de penetración requiere menos fuerza manual que los tomadores de muestras KIST o Bickerton y, por lo general, permite que se recojan muestras en 4 sitios al día.

FIGURA 4.6:
Función de muestreo de agua hiporreica y núcleos de sedimentos del muestreador Neptune.
(Cortesía de Coastal Monitoring Associates U.S.A)

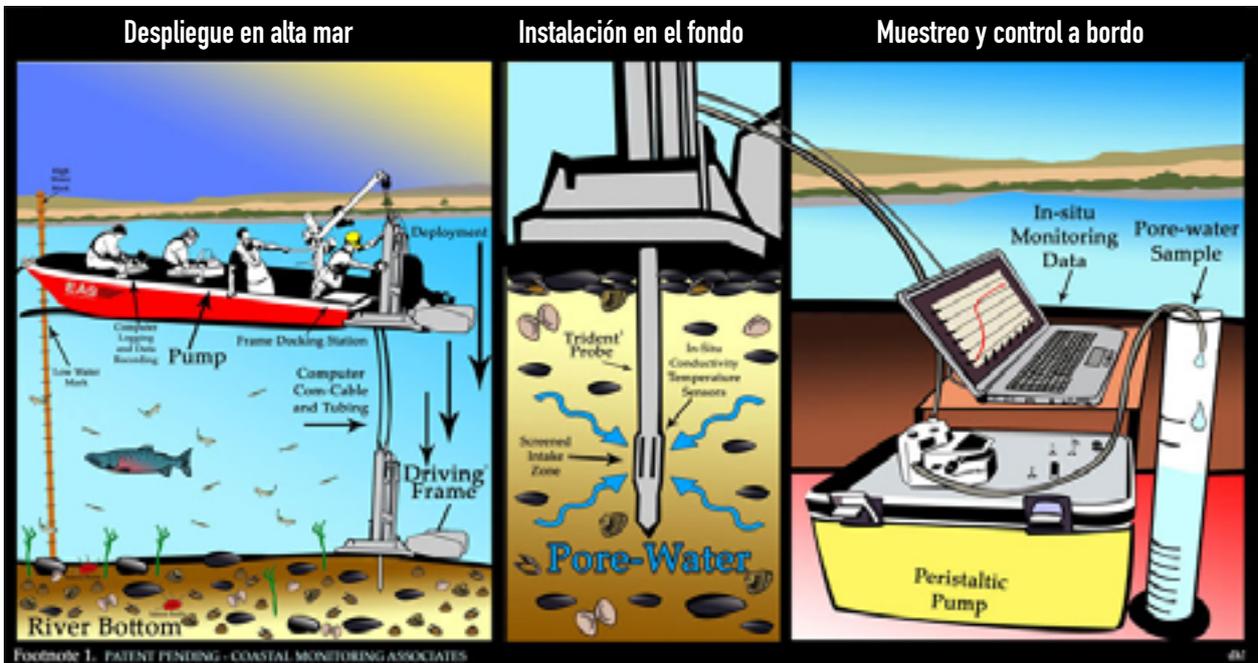


FIGURA 4.7 :
Muestreador de agua y aguas subterráneas Neptune trident.
(Cortesía de Coastal Monitoring Associates U.S.A)

SALUD Y SEGURIDAD:

Estos tres tomadores de muestras presentan riesgos inherentes para la salud y la seguridad que son proporcionales al peso del muestreador. Estos instrumentos penetran en el fondo del sedimento, por lo que pueden ser susceptibles de volcar y hundir la embarcación de apoyo en caso de que se utilicen en zonas de fuerte corriente. Por ello, puede resultar necesario un equipo de apoyo de seguridad para los tomadores de muestras KIST y Neptune, pero especialmente para el Neptune, ya que utiliza un cable de acero que es difícil de cortar en caso de emergencia. Debido a que el peso del muestreador KIST, es menor se puede utilizar un cable de polifibra que es mucho más fácil de cortar y desechar en caso de emergencia. El KIST también tiene un coste más bajo por lo que su pérdida representa una carga financiera mucho menor.

4.4.3.3 Muestreador de vacío

El sistema de recogida de muestras al vacío es un dispositivo de muestreo de residuos líquidos que utiliza un tubo de muestreo conectado a una bomba de vacío. Cuando se acciona la bomba, la muestra se transfiere de su recipiente original a un contenedor de muestras. Los muestreadores de vacío son especialmente útiles para el muestreo de residuos líquidos peligrosos.

SALUD Y SEGURIDAD:

Se deben extremar las precauciones cuando se usan bombas electrónicas. Se deben comprobar que no existe riesgo de incendio o explosión, ya que los motores y las chispas pueden prender los vapores inflamables.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Montar el muestreador de vacío conectando el tubo a la bomba y sumergiendo el extremo de succión en el líquido.
2. Bombear el volumen deseado directamente desde el contenedor a la botella de muestra limpia del laboratorio. No se debe tocar el borde exterior o interior del recipiente de la muestra con el tubo.

4.4.3.4 Muestreadores ROV (vehículos teledirigidos)

Los vehículos teledirigidos (ROV) pueden tener diversos tamaños y alcanzar diferentes profundidades. Normalmente, se controlan mediante un cable umbilical. Por lo tanto, la profundidad a la que pueden funcionar dependerá en gran medida de la capacidad de presión y de la longitud del cable. La mayoría puede tomar muestras de la columna de agua utilizando una bomba o un mecanismo de activación de tubo hueco. El coste y el riesgo de la operación dependen del tamaño, la capacidad de profundidad y los requisitos necesarios de la embarcación y tripulación. Las cuestiones de seguridad son similares a las de los otros muestreadores de aguas profundas.



FIGURA 4.8 :
Foto de una bomba peristáltica utilizada para extraer agua subterránea de un piezómetro poco profundo. (Cortesía del DOE de Canadá)

4.5 MUESTREADORES DE DRAGADO O DE ARRASTRE

Los muestreadores de dragado o de arrastre se usan para recoger muestras de lodos y sedimentos someros, desde limos hasta materiales granulares. La profundidad máxima de penetración es de 8 a 10 cm. No se pueden recoger las muestras sin alterarlas. La draga es una cuchara de tipo almeja activada por un sistema de contrapalanca. Tiene una parte superior tamizada o abierta para que el agua fluya libremente cuando la draga está en posición abierta durante el descenso. Las dragas suelen ser de acero galvanizado, latón o acero inoxidable. Están disponibles en varios tamaños. Las versiones más grandes pueden requerir un cabrestante.

SALUD Y SEGURIDAD:

Tener cuidado al manejar la draga. Una vez que el muestreador está abierto, este se puede cerrar como si fuera una trampa para osos con la fuerza suficiente como para causar lesiones físicas graves.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Fijar la draga a la longitud requerida del cable de muestreo.
2. Asegurar el extremo libre del cable de muestreo para evitar la pérdida accidental del muestreador.
3. Abrir la boca del muestreador hasta que quede bloqueada. Sostener el muestreador mediante el cable de elevación o se disparará y cerrará la boca.
4. Bajar lentamente el muestreador hasta el fondo y dejar que el tubo de muestreo se afloje. Cuando haya suficiente holgura, el pestillo se liberará para que la almeja se cierre cuando se recoja la muestra.
5. Levantar lentamente el muestreador a la superficie y abrir la almeja en una bandeja de muestras.
6. Descontaminar completamente el muestreador con agua y el disolvente adecuado antes del siguiente uso.

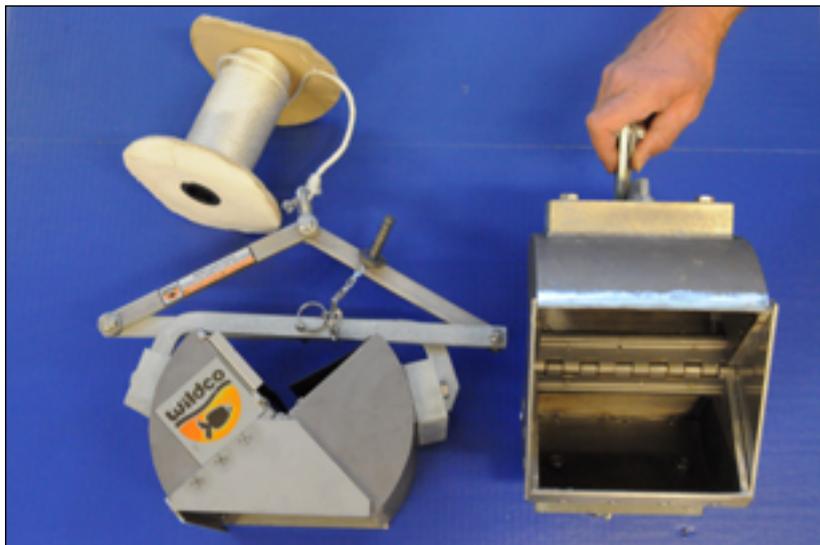


FIGURA 4.9 :
Muestreadores de cuchara típicos para la toma de muestras de sedimentos superficiales. (Cortesía de EPA de Estados Unidos y del DOE de Canadá)

4.6 RECOGIDA DE MUESTRAS DE SUELO

4.6.1 CUCHARONES, LLANAS Y PALAS

Según el tipo de información que sea necesaria, se pueden recoger muestras de suelo en la superficie o por debajo de ella. Varios tipos de muestreadores se pueden utilizar para recoger muestras de suelo. Se pueden encontrar cucharas y llanas de diferentes tamaños y marcas. Muchas están recubiertas de pintura cromada que puede desprenderse y contaminar la muestra. Es preferible utilizar palas de acero inoxidable. La llana y la pala pueden comprarse en una ferretería; la cuchara puede comprarse en empresas que suministran a laboratorios. Para recoger muestras pequeñas, se puede utilizar una cuchara de acero inoxidable. Por lo general, las palas suelen ser pequeñas y plegables. Con este tipo de equipo conviene incluir un recogedor para recoger los sólidos sueltos o en partículas.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Recoger pequeñas porciones iguales de muestra de la superficie o cerca de la superficie a intervalos específicos.
2. Transferir la muestra a las botellas de muestra limpias de laboratorio. Para analizar sustancias orgánicas, cubrir la apertura del recipiente con papel de aluminio antes de taparlo bien.
3. Generalmente, no se necesita ningún conservante.
4. Mantener las muestras a una temperatura de 4° C como máximo

4.6.2 TRIER DE EMPUJE MANUAL

Los muestreadores tipo Trier son similares a los Trier para líquidos y se utilizan para tomar muestras de sólidos o de suelos comprimidos húmedos o pegajosos. Un muestreador Trier normal se compone de un tubo que tiene una longitud aproximada de 61 a 102 cm y un diámetro de 1,27 cm a 2,54 cm, con una ranura que se extiende por casi toda su longitud. La punta y los bordes de la ranura del tubo están afilados para permitir que el Trier pueda cortar una muestra cuando se introduce en un material sólido y poder hacerlo girar. Suelen ser de acero inoxidable con mangos de madera. Se debe empujar o martillar el Trier para que entre en el sólido o en el suelo hasta la profundidad deseada y después se debe girar en una rotación circular para cortar un cilindro del sólido o el suelo. Debido a la fricción, a veces habrá que utilizar un gato para extraer la muestra del suelo.



FIGURA 4.10 :
Cucharas de muestra típicas de acero inoxidable reutilizables y de plástico desechables.
(Cortesía de EPA de Estados Unidos y del DOE de Canadá)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Introducir el Trier en el material sólido con un ángulo de hasta 45° sobre la horizontal para evitar que se derrame el contenido del muestreador. Inclinar el recipiente de la muestra si es necesario.
2. Girar el Trier una o dos veces para cortar una muestra de material.
3. Retirar lentamente el Trier y comprobar que la ranura está orientada hacia arriba.
4. Transferir la muestra a un recipiente adecuado utilizando una espátula o un cepillo.

FIGURA 4.11 :
Sonda de muestreo del suelo.
(Cortesía de EPA de Estados Unidos)



4.6.3 MUESTREADOR DE SUELO DE EMPUJE HIDRÁULICO DIRECTO

Los muestreadores de suelo de empuje hidráulico son generalmente tubos huecos que se montan en un ariete hidráulico que puede empujar el tubo de forma vertical o en un ángulo limitado directamente en el suelo. No tiene broca, por lo que la muestra de suelo se recoge en forma de columna sin alterar el centro de la muestra. El exterior de la muestra puede tener manchas provocada por el movimiento del tubo que penetra en el suelo. Por lo general, la pared del tubo es delgada y el extremo tiene un borde cónico para facilitar el corte en el suelo. Este tipo de muestreador puede utilizarse cuando el suelo no tiene rocas ni cantos rodados.

Los sacatestigos de paredes delgadas o los tubos Shelby pueden utilizarse manualmente o con equipos mecánicos para obtener perfiles de suelo inalterados o muestras de sedimentos y lodo. También pueden utilizarse para recoger muestras a través de líquidos suprayacentes poco profundos. Las muestras pueden extraerse de los tubos para ser analizadas. Alternativamente, si se utilizan revestimientos, las muestras pueden sellarse y enviarse directamente al laboratorio en el tubo con revestimiento.

Los tubos de empuje que se usan manualmente son tubos rectos que suelen tener un diámetro máximo de 5,1 cm y una longitud de 1 a 3 metros. Los tubos de empuje de mayor diámetro requieren el uso de un equipo mecánico. Una boquilla cónica sirve de borde cortante del tubo. Estos muestreadores suelen ser de acero cromado o inoxidable y la mayoría se pueden adaptar para revestimientos de latón o de policarbonato. Algunos sacatestigos de paredes delgadas tienen un mango para facilitar la introducción del sacatestigos en el material de muestreo. Los sacatestigos también pueden tener una válvula de retención en la parte superior para evitar el vaciado durante la recuperación a través de una capa de agua suprayacente. Para obtener muestras a mayor profundidad, primero se debe perforar hasta la profundidad deseada y, a continuación, acoplar un tubo de empuje a un cabezal de muestreo conectado a la longitud correcta de la varilla de empuje.



Una bomba hidráulica empuja el tubo metálico hueco con carcasa de plástico hacia el suelo. A continuación, se extrae el tubo, se retira la funda de plástico y se abre para tomar muestras de suelo o de contaminantes a diferentes profundidades.

FIGURA 4.12:
Muestreador de presión hidráulica directa montado en camión.
(Cortesía de EPA de Estados Unidos)



PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Introducir el sacatestigos en el material que se debe muestrear con un movimiento suave y continuo hasta que el tubo esté lleno.
2. Usar el ariete hidráulico para retirar el tubo del suelo.
3. Retirar el cabezal (si es desmontable) e introducir la muestra en el recipiente o bandeja.
4. La muestra de núcleo sólido puede cortarse por la mitad pasando un alambre limpio por el centro para dividir la muestra.
5. El núcleo dividido puede analizarse para determinar las características de estratificación y las zonas en las que se sospecha que puede existir contaminación.
6. Es mejor que no se utilicen las partes exteriores de los núcleos como muestras.
7. Las muestras se deben recoger del centro del núcleo porque esta zona es la que tiene menos posibilidades de contaminación cruzada. Por lo general, se utiliza una cuchara de acero inoxidable previamente lavada para extraer una muestra y colocarla en el frasco de muestreo de boca ancha correspondiente. Si se sospecha que hay sustancias orgánicas presentes, la muestra debe recogerse lo más rápidamente posible para minimizar la pérdida de vapor y el frasco debe cubrirse con papel de aluminio y sellarlo herméticamente con una tapa.
8. Descontaminar completamente el muestreador con agua y el disolvente adecuado.

4.7 MUESTREADOR DE GRANO

El muestreador de grano se utiliza para recoger muestras de polvo, residuos granulares, granos contaminados con pesticidas u otros productos químicos, o materiales en bolsas, bidones de fibra, sacos o contenedores similares. Este muestreador resulta particularmente útil cuando los sólidos tienen un diámetro inferior de 0,6 cm. Normalmente, este muestreador está formado por dos tubos telescópicos ranurados, generalmente de latón o acero inoxidable. El tubo exterior tiene una punta cónica que permite que el muestreador penetre en la bolsa de contención y en el material que debe ser muestreado. El muestreador se abre y se cierra girando el tubo interior. Los muestreadores de grano suelen tener una longitud de 61 a 100 cm y un diámetro de 1,27 a 2,54 cm, y se pueden adquirir en los comercios de suministros para laboratorio.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Introducir el muestreador en posición cerrada en el material granular, en polvo o en los residuos que se están muestreando, empezando por un punto cercano a un borde o esquina superior, pasando a través del centro, hasta llegar a un punto diagonalmente opuesto al punto de entrada.
2. Girar el tubo interior del muestreador hasta la posición de apertura.
3. Girar el muestreador unas cuantas veces para que los materiales entren por las ranuras abiertas.
4. Cerrar el muestreador y retirarlo del material que se está muestreando.
5. Colocar el muestreador en posición horizontal, con las ranuras hacia arriba.
6. Girar el tubo exterior y deslizarlo para separarlo del tubo interior.
7. Transferir la muestra a los recipientes de muestra.

FIGURA 4.13 :
Muestreador de granos para la toma de muestras de granos secos.
(Cortesía de EPA de Estados Unidos y del DOE de Canadá)







5

COMPORTAMIENTO DE LOS LÍQUIDOS, MEDICIÓN DEL CAUDAL Y MASA DEL CONTAMINANTE VERTIDO

Comportamiento de los líquidos, medición del caudal y masa del contaminante vertido

Los líquidos como el agua y los productos químicos tienen una densidad propia (peso por unidad de volumen) que normalmente se mide en kg/m³ y que debe tenerse en cuenta a la hora de tomar las muestras de contaminantes.

Se deben tener en cuenta las condiciones físicas del lugar y las características del contaminante (supuesto o conocido) para determinar el lugar óptimo para la recogida de muestras cuando se ha vertido un contaminante en el agua. La **TABLA 5.1** muestra un ejemplo sobre la manera en la que se pueden encontrar los líquidos en un barril de residuos líquidos mezclados ilegalmente.

TABLA 5.1 | Densidad de productos químicos utilizados para preparar un «cóctel químico» a fin de esconder los residuos ilegales en tanques y barriles.

LÍQUIDO	DENSIDAD	CAPA EN EL BARRIL
Gasolina	850 kg/m ³	Parte superior
Agua	1 000 kg/m ³	Parte superior central
Agua salada	1 025 kg/m ³	Parte inferior central
Percloroetileno (líquido de limpieza en seco)	1 623 kg/m ³	Parte inferior

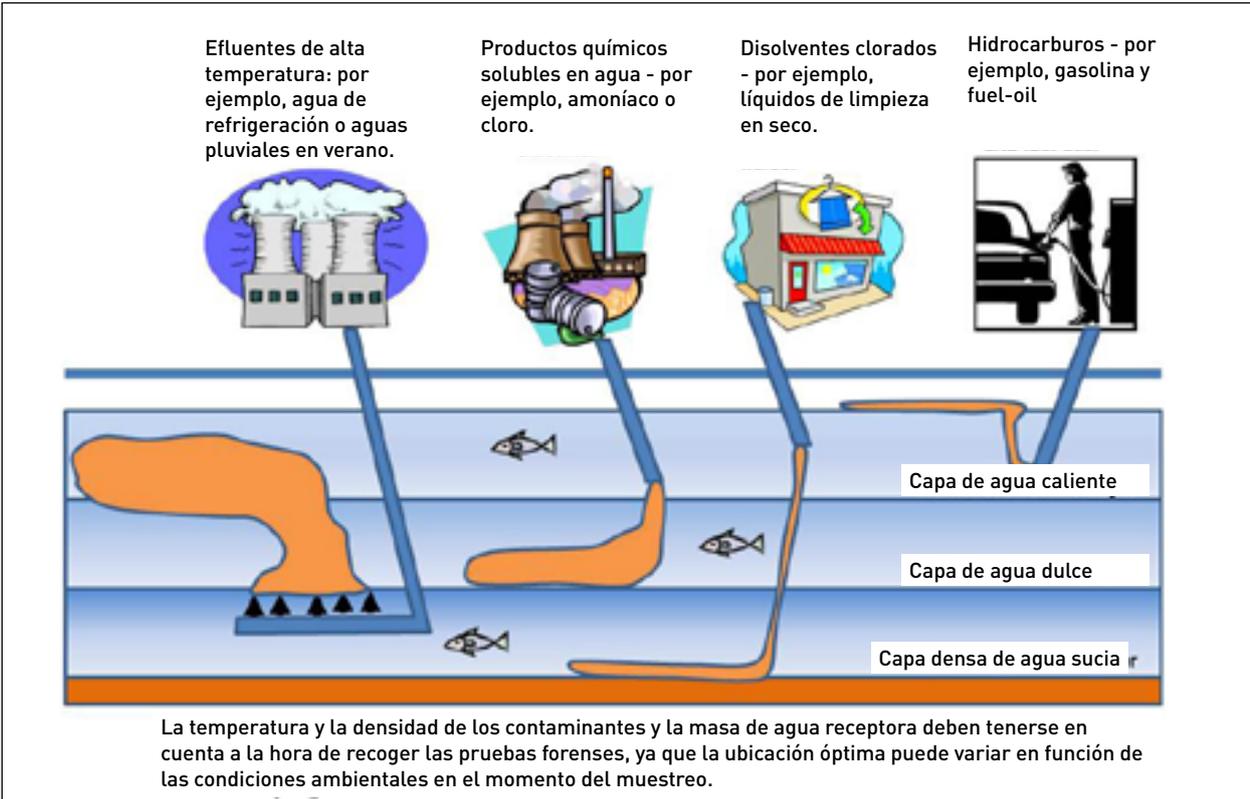
Los componentes disueltos y la temperatura pueden influir en el comportamiento y mezcla de los líquidos. Esto se debe tener en cuenta cuando se prepara y ejecuta un plan para la recogida de muestras. Por lo tanto, al igual que los líquidos se separan en un barril que contiene residuos peligrosos según su densidad, también se separan cuando se vierten de manera ilegal en un cuerpo de agua.

5.1 MEZCLA DE AGUA CON DISTINTAS DENSIDADES

El comportamiento del agua depende del contenido de sustancias disueltas y de la temperatura. Es necesario tener estos factores en cuenta durante la recogida de muestras.

5.1.1 AGUA DULCE

El agua dulce se refiere generalmente a las fuentes de agua terrestre que tienen poco o ningún contenido de sal mineralizada, aunque muchas fuentes naturales terrestres pueden tener un alto contenido de sales minerales. Por lo tanto, se puede clasificar según su conductividad eléctrica que indica la cantidad de sal que contiene (consultar **TABLA 3.1, SECCIÓN 3.5**). El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja y una densidad de 1 000 kg/m³



a una temperatura de 3,98 °C y en ausencia de aire*. Toda variación de esta condición, especialmente de la temperatura, cambiarán sus propiedades, sobre todo su densidad. El agua templada tiene menor densidad y flota por encima del agua fría. (*Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, cuadro F11).

5.1.2 AGUA SALOBRE

El agua salobre es una fase de transición en la que el agua dulce, normalmente procedente de arroyos, ríos o aguas subterráneas, se mezcla con el agua salada. Las zonas de aguas salobres de los estuarios suelen ser especialmente ricas en biodiversidad y hábitat vital para los peces migratorios. Los peces migratorios modifican las funciones hepáticas y renales cuando pasan del agua dulce al agua salada y viceversa. Las zonas de aguas salobres de los estuarios les proporcionan el hábitat necesario para efectuar esta transición. El agua salobre tiene una conductividad intermedia (ver **TABLA 3.1, SECCIÓN 3.5**) y una densidad entre la del agua dulce y la del agua salada.

5.1.3 AGUA SALADA

El agua salada se refiere generalmente a las fuentes de agua que contienen sal mineralizada, por lo general, mares y océanos. (**Nota:** algunas zonas terrestres que en su día fueron mares interiores pueden tener aguas subterráneas que todavía contengan agua salada). El agua salada tiene una conductividad eléctrica muy alta (ver **TABLA 3.1, SECCIÓN 3.5**) y una densidad de aproximadamente 1 025 kg/m³ a una temperatura de 3,98 °C y en ausencia de aire*.

*Handbook of Chemistry and Physics, 61ª edición, CRC Press, cuadro F3]

FIGURA 5.1 :
Comportamiento de los líquidos en función de su densidad y temperatura
(Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

5.1.4 MEZCLA DE AGUA DULCE Y AGUA SALADA

Muchas ciudades e industrias se encuentran situadas en estuarios fluviales donde el agua dulce y el agua salada se mezclan.

El agua dulce, que tiene una densidad aproximadamente de 1 000 kg/m³, flotará sobre el agua salada, que tiene una densidad aproximada de 1 025 kg/m³, y formará una capa separada. Por lo tanto, si se vierte un contaminante en la superficie del agua dulce, este puede permanecer en la capa superior del agua dulce. Si un contaminante se vierte en la capa subyacente de agua salada, este puede permanecer en ella.

5.1.5 MEZCLA DE AGUA DULCE CON DIFERENTES TEMPERATURAS

Las diferencias térmicas en los líquidos modificarán su densidad. Cuanto más caliente esté el líquido, menor será su densidad y tenderá a flotar. Cuanto más frío esté un líquido, mayor será su densidad y tenderá a hundirse. Por consiguiente, una tubería de efluentes que vierta agua fría en agua caliente hará que los contaminantes se hundan en el fondo de la corriente. Si una tubería de efluentes vierte agua caliente en una corriente más fría hará que el efluente suba a la superficie.

5.1.6 MEZCLA DE AGUA DULCE CON CONTAMINANTES DISUELTOS

Los efluentes de agua que contienen contaminantes disueltos tendrán una densidad mayor que el agua dulce. Si las temperaturas de los efluentes son las mismas que las del agua dulce, los efluentes tenderán a hundirse.

5.2 MEDICIÓN DEL CAUDAL

Las técnicas para medir el caudal dependen de la configuración del flujo del fluido, pero generalmente las medidas se toman en canales abiertos o cerrados. Por lo general, los canales abiertos se refieren a los arroyos y canales de drenaje de hormigón, mientras que los canales cerrados se refieren a las tuberías cerradas de diversas formas y secciones transversales. La medición del caudal es fundamental para poder calcular la carga de contaminantes y los factores de dilución. Estos datos son esenciales para evaluar los daños medioambientales y así determinar las órdenes de limpieza y evaluar las sanciones en caso de condena.

5.2.1 CANAL ABIERTO - ESTIMACIÓN MEDIANTE OBJETOS FLOTANTES

La medición del caudal en un canal abierto dependerá del tipo de fondo, profundidad y velocidad de la corriente.

EQUIPAMIENTO

Suponiendo que el canal es seguro para vadearlo, el equipo mínimo necesario para estimar el caudal es:

- chaleco salvavidas,
- botas de vadeo,
- vara medidora,
- cinta métrica,
- cronómetro y
- objeto flotante para sumergir parcialmente, por ejemplo, un pomelo o un palo.

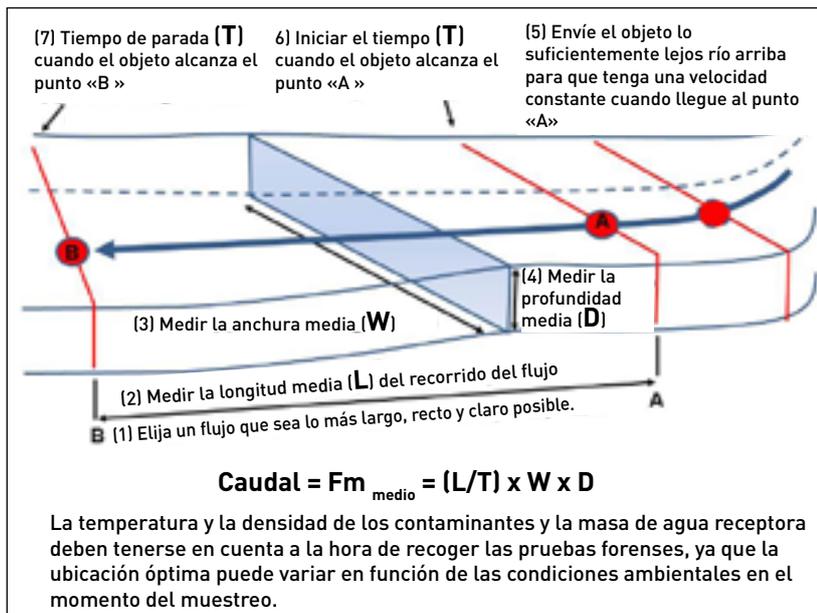


FIGURA 5.2 :
Medición del caudal de una corriente o de un canal abierto - estimación a partir de objetos flotantes.
(Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Seleccionar una sección del arroyo que sea lo más recta posible con un fondo bastante uniforme y con un mínimo de obstáculos grandes, como rocas y escombros.
2. Medir una distancia constante a lo largo de la orilla, de 10 a 20 m de longitud, donde (A) es el punto aguas arriba y (B) es el punto aguas abajo.
3. Solamente si es seguro hacerlo, estirar y fijar la cinta métrica al otro lado de la corriente. Si no es seguro, lanzar una cuerda con una piedra al otro lado, recuperar la cuerda y medir la longitud recuperada o estimar la distancia visualmente a ojo.
4. Solo si es seguro, en el caso de los arroyos de 5 metros o más, vadear y utilizar la vara métrica para medir la profundidad del arroyo a cada metro y registrar la profundidad. Para los arroyos más estrechos, dividir el ancho en 3 o 5 porciones iguales.
5. Se debe situar aguas arriba en el punto (A) y lanzar el objeto flotante al centro de la corriente, lo suficientemente lejos aguas arriba como para que alcance una velocidad constante en el momento en que llegue al punto (B).
6. Poner en marcha el cronómetro, medir y registrar el tiempo que tarda el objeto flotante en desplazarse del punto (A) al punto (B).
7. Repetir los pasos 4 y 5 al menos tres veces para obtener el tiempo medio, por ejemplo: 8 segundos.
8. Calcular la velocidad superficial media de la corriente dividiendo la distancia por el tiempo, por ejemplo, Velocidad = 20 m / 12 s = 1,7 m/s.
9. Puesto que el agua fluye más rápido en la superficie que en el fondo, multiplicar la velocidad por el 80% para obtener la velocidad media, por ejemplo: $V_{\text{media}} = 0,8 \times 1,7 \text{ m/s} = 1,3 \text{ m/s}$.
10. Para calcular el caudal de agua que pasa por un punto, multiplicar la zona transversal de la corriente por la velocidad media. La precisión de la estimación aumenta con mayor número de áreas transversales.

$$\text{Volumen} = V_{\text{med}} \times \text{Anchura} \times \text{Profundidad} = 1,3 \text{ m/s} \times 5 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 5,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2.2 CANAL ABIERTO - ESTIMACIÓN MEDIANTE UN CAUDALÍMETRO MANUAL

El uso de un caudalímetro manual para medir el flujo de la corriente puede aumentar la precisión de la estimación. Algunos caudalímetros pueden estimar automáticamente la velocidad media del agua en un punto. La mayoría de ellos tienen una escala de profundidad en el lado.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Tomar medidas en un punto de la orilla (D1).
2. Solamente si es seguro hacerlo, estirar y fijar la cinta métrica al otro lado de la corriente en el punto D1.
3. Solo si es seguro, usar el caudalímetro para medir la profundidad del arroyo a cada metro y registrar la profundidad. Para arroyos con un ancho a partir de 5 m, utilizar incrementos de 1,0 m, para los arroyos más estrechos, dividir el ancho en 3 o 5 porciones iguales.
4. En el mismo punto donde se ha medido la profundidad, mover el caudalímetro a un ritmo constante desde la superficie hasta el fondo y de vuelta a la superficie varias veces hasta obtener la velocidad media.
5. Algunos caudalímetros pueden multiplicar automáticamente la velocidad media por 0,8 para tener en cuenta las diferentes velocidades en la parte superior e inferior de la corriente.
6. Registrar la velocidad media en cada punto del arroyo.

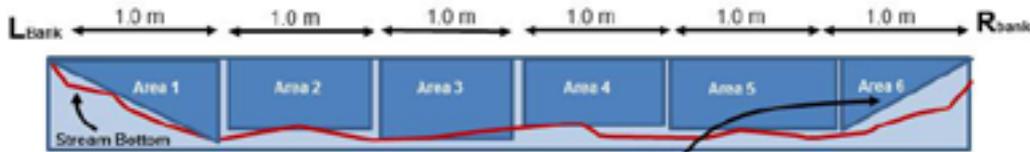
FIGURA 5.3 :
Uso de una cinta métrica y un caudalímetro manual para estimar el caudal (Cortesía del DOE de Canadá)



7. Para calcular el volumen de agua que pasa por un punto, multiplicar la zona transversal de la corriente por la velocidad media. La precisión de la estimación aumenta con mayor número de áreas transversales.

POR EJEMPLO:

Las orillas izquierda y derecha pueden estimarse como triángulos y la parte central como cuadrados.



(1) La estimación de las secciones transversales de los arroyos como una serie de cuadrados y triángulos puede aumentar la precisión del cálculo del caudal. Las mediciones de vado y profundidad deben realizarse a intervalos regulares.

FIGURA 5.4:
Medición del caudal de un arroyo o canal abierto - estimación mediante cuadrados y triángulos. (Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

TABLA 5.2 | Ejemplos típicos del cálculo de flujo y los flujos de un río

DISTANCIA	ÁREA 1 = 1/2 X W X D	ÁREA 2 = W X D	ÁREA 3 = W X D	ÁREA 4 = W X D	ÁREA 5 = W X D	ÁREA 6 = 1/2 X W X D	VALOR MEDIO
W= ANCHO	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m
D = PROFUNDIDAD	0,2 m	0,17 m	0,2 m	0,16 m	0,17m	0,17	0,20
A = W x D AREA M ²	0,1 m ²	0,17 m ²	0,2 m ²	0,16 m ²	0,17 m ²	0,08 m ²	
V = VELOCIDAD (M/S)	0,5	1,3	1,4	1,5	1,3	0,6	1,3
VOLUMEN M ³ /S = A x V	0,05 m ³ /s	0,22 m ³ /s	0,28 m ³ /s	0,24 m ³ /s	0,22 m ³ /s	0,05 m ³ /s	

El volumen total estimado equivale a la suma de todos los volúmenes:
Volumen = 0,05 m³/s + 0,22 m³/s + 0,28 m³/s + 0,24 m³/s + 0,22 m³/s + 0,05 m³/s = 1,06 m³/s.

Por lo general, las estimaciones realizadas mediante objetos flotantes y profundidades estimadas tienden a sobrestimar o subestimar los caudales. Por consiguiente, siempre que sea posible, deberá utilizarse un caudalímetro en el mayor número posible de intervalos a lo largo de la corriente.

5.2.3 CANAL ABIERTO – CANALETAS Y PRESAS

Las estructuras hidráulicas, construidas en el canal, son los medios más utilizados para medir el caudal en un canal abierto en grandes instalaciones industriales. La estructura debe estar diseñada de forma que el caudal que atraviesa o sobrepasa tenga una relación matemática conocida con el nivel del líquido. Esta relación matemática conocida permite derivar el caudal a través del canal abierto a partir de una única medición del nivel de líquido. Existen demasiados tipos para poder incluirlos todos en este manual. Se recomienda que el personal de campo recoja la documentación y la información del fabricante de la instalación durante su inspección y la guarde como referencia. Las estructuras hidráulicas que se usan para medir el caudal en canales abiertos se denominan dispositivos de medición primarios. Existen dos tipos: las presas (ver FIGURA 5.5) y las canaletas (ver FIGURA 5.6).

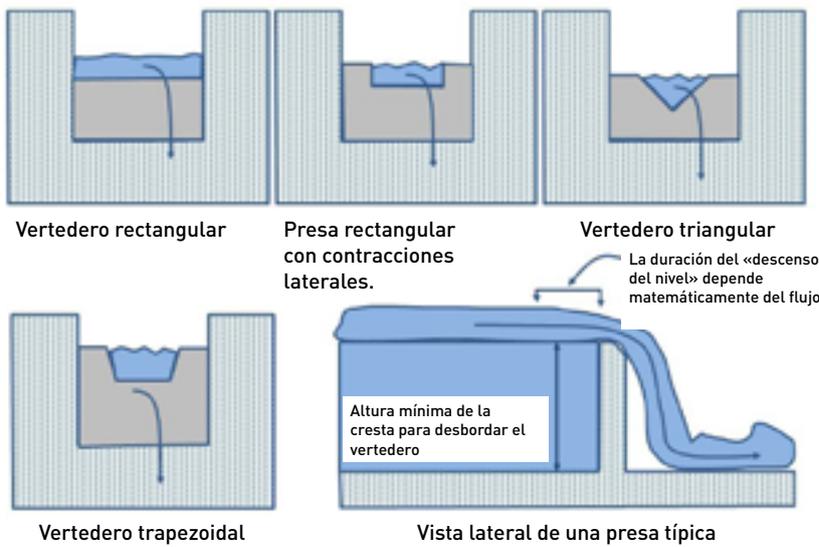


FIGURA 5.5 :
Diseño general de una presa con medición de caudal
(Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

Muchas instalaciones industriales utilizan presas, canaletas, o ambos, junto con dispositivos de medición secundarios que transforman la altura del líquido en unidades como los galones por día (gal/d) o metros cúbicos por día (m³/d). Estos dispositivos también proporcionan registros en forma de gráficos de bandas o medidores totalizadores.

Una presa es un dique construido a través de un canal abierto. El líquido fluye a través de la presa, normalmente por algún tipo de abertura o entalladura. Por lo general, las presas se clasifican según la forma de la entalladura. Los tipos más comunes son las rectangulares, trapezoidales (o Cipolletti) y las triangulares (o de entalladura en V). Para cada tipo de presa existe una ecuación específica que permite determinar el caudal que atraviesa la presa, en función de la altura del líquido que pasa por encima de ella.

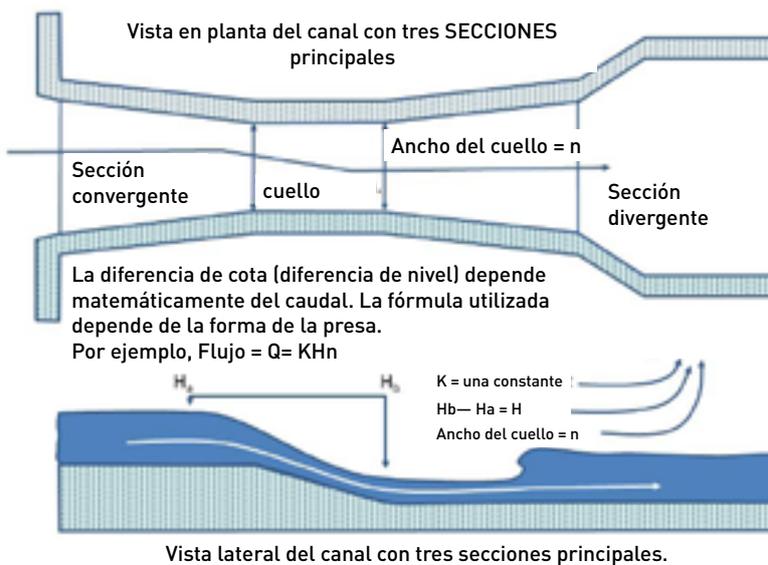


FIGURA 5.6 :
Diseño general de un canal de medición de caudal.
(Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

Una canaleta es una sección de forma especial de un canal abierto en el que el área o la pendiente o ambas son diferentes de las del canal. La configuración de una canaleta hace que el líquido fluya más rápido a través de la misma. Esto también modifica el nivel de líquido. Una canaleta suele estar formada por una sección convergente, una garganta y una sección divergente. El caudal que atraviesa la canaleta es función del nivel del líquido en un punto o en ciertos puntos del canal.



5.2.4 CANAL CERRADO - MÉTODO DEL CUBO CALIBRADO

El método más sencillo para estimar el caudal de una tubería de descarga de un canal cerrado es utilizar un cubo calibrado y un cronómetro. La extremidad del tubo o la estructura de descarga deben estar elevadas para que el líquido caiga libremente. Sin caída libre del líquido, la medición será menos precisa.

EQUIPAMIENTO

- Chaleco salvavidas,
- Botas de vadeo,
- Cubo calibrado,
- Cronómetro,
- Cinta métrica o vara medidora.

FIGURA 5.7 :

La medición del caudal con un cubo calibrado no es necesaria para captar el caudal total. El volumen se mide como «caudal superior a XX m³/min».

(Cortesía del DOE de Canadá)



PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Solo si resulta seguro, medir el diámetro de la tubería y la profundidad de la descarga en su centro.
2. Poner el cronómetro a cero y ponerlo en marcha en cuanto empiece el flujo de caída libre. **Nota:** Es preferible, aunque no es necesario, que se recoja todo el caudal en el cubo. Si solo se recoge una parte del caudal, el resultado final se registrará como «superior a X litros por segundo».
3. Parar el cronómetro cuando el cubo se haya llenado.
4. Repetir los pasos 2 y 3 hasta que se registren al menos tres valores consistentes.
5. Calcular el caudal dividiendo el volumen del cubo por el número medio de segundos que se tarda en llenarlo. Ver **TABLA 5.3**

CUADRO 5.3 | Ejemplos de cómo calcular el caudal mediante un cubo calibrado

PRUEBA	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	MEDIA
VOLUMEN DEL CUBO	10,0 litros				
TIEMPO NECESARIO PARA LLENAR 10 LITROS	4,0	3,7	3,8	3,6	3,8 segundos
CAUDAL EN l/s	2,5	2,7	2,6	2,8	2,6 L/s

5.2.5 CANAL CERRADO - MÉTODO DEL TUBO CALIFORNIA

El método del tubo California proporciona una estimación razonable del caudal de una tubería redonda abierta y casi horizontal en la que el agua cae libremente de la tubería (ver FIGURA 5.8). La precisión disminuye si la tubería tiene un diámetro de más de tres pies (aproximadamente 1,0 metro). Hay dos medidas fundamentales: el diámetro (D) y la altura (H) del agua en la tubería. Cambios en codos, juntas en T u otras configuraciones de la tubería a una distancia de menos de 6 veces su diámetro del emisor de evacuación pueden causar distorsiones en el resultado. Por lo tanto, la longitud horizontal de una tubería sin perturbación debería ser de al menos de 6 veces su diámetro (6D). La fórmula utiliza los pies como medida por lo que el resultado se expresa en pies por segundo (pie^3/s) que deben ser convertidos en litros por segundo (l/s).

EQUIPAMIENTO

- Cinta métrica o vara medidora.

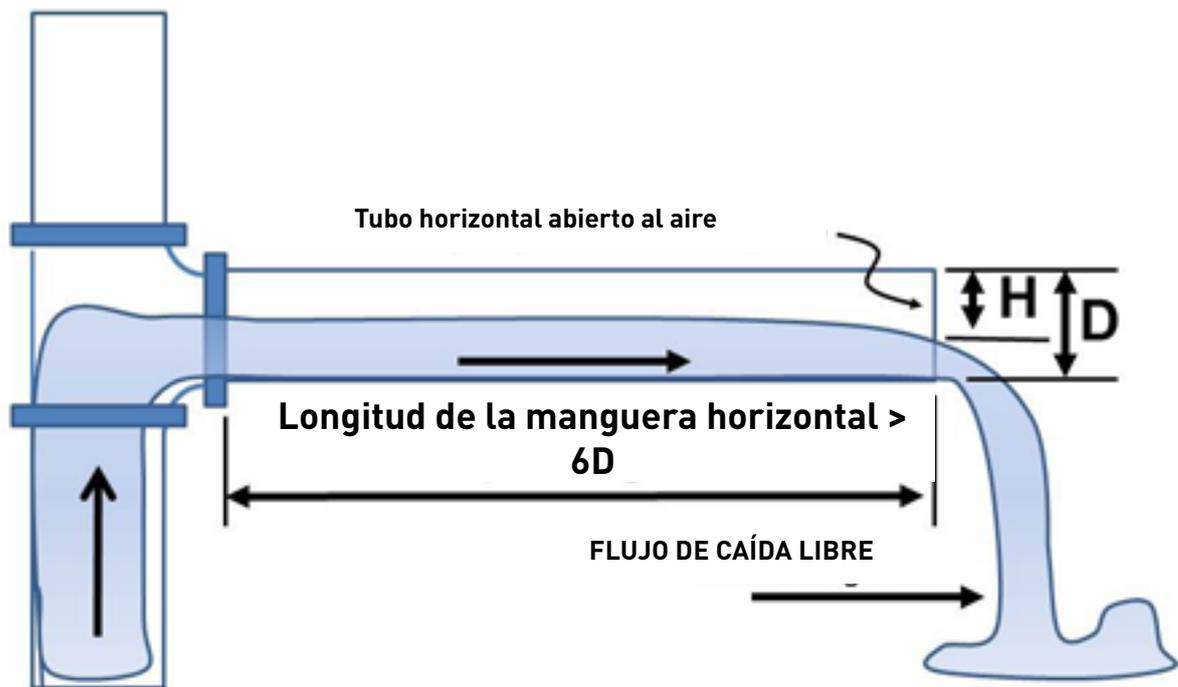


FIGURA 5.8 :
Diagrama de cálculo del flujo con el método de la tubería de California
(Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

**PROCEDIMIENTO SUGERIDO**

1. **Solo si resulta seguro**, medir el diámetro interior de la tubería (D) y la profundidad interior de la descarga en su centro (H).
2. Introducir estos valores en la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal} = Q = 8,69 \left[1 - \frac{(D-H)}{D} \right]^{1,88} \times D^{2,88} = X \text{ pi}^3/\text{s}$$

Por ejemplo, si suponemos que las medidas en la Figura 5.8 son D = 1,2 pi y H = 0,33 pi,

$$\text{Caudal} = Q = 8,69 \left[1 - \frac{(1,2 - 0,33)}{1,2} \right]^{1,88} \times 1,2^{2,88} = 1,3 \text{ pi}^3/\text{s}$$

Convertir el valor de Q de pi³/s en l/s = 1,3 pi³/s x 28,3 l/ pi³ = 36,7 l/s

5.3 MEDICIÓN DEL CAUDAL Y CÁLCULO DE LA MASA DE CONTAMINANTE VERTIDO

Para medir el caudal existen simples técnicas de campo y complejos sistemas de medición utilizados en operaciones a escala industrial. La medición del caudal es fundamental para que el investigador medioambiental pueda estimar la masa de materiales peligrosos que han sido vertidos en el medio ambiente en un incidente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Masa vertida} = \text{Concentración (kg/m}^3\text{)} \times \text{caudal (m}^3/\text{h)} \times \text{tiempo (h)}$$

Por ejemplo: se vierte agua con una concentración de cobre disuelto de 50 µg/l a 50 m³/h durante 10 horas desde una fábrica de metales.

1. Convertir µg/l en kg/m³

$$= 50 \mu\text{g/l} \times 0,000001 \text{ g}/\mu\text{g} \times 0,001 \text{ g}/\text{Kg} \times 1000 \text{ l}/\text{m}^3$$

$$= 0,00005 \text{ kg}/\text{m}^3$$
2. Calcular la masa vertida

$$= \text{Concentración (kg}/\text{m}^3\text{)} \times \text{caudal (m}^3/\text{h)} \times \text{tiempo (h)}$$

$$= 0,00005 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 50 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 \text{ h}$$

$$= 0,025 \text{ kg de cobre vertido.}$$





6

MUESTREO DE LÍQUIDOS

Muestreo de líquidos

58

El método utilizado para tomar una muestra de líquidos varía según del entorno físico, si se trata de agua corriente o estancada, si al vadear o meter una barca en el agua se corre el riesgo de que los sedimentos se muevan o no, y de factores físicos como la contaminación de puentes o estructuras. .

6.1 MUESTREO SUPERFICIAL DE LÍQUIDOS POR MÉTODOS MANUALES

Las muestras superficiales (a menos de 1 a 2 m) pueden recogerse a mano o utilizando una pértiga de muestreo (telescópica si es necesario). La toma de muestras en aguas superficiales de ríos con aguas bien mezcladas y de lagos no estratificados, se puede hacer recogiendo directamente la muestra en botellas de muestreo manuales. Introducir el recipiente en el agua para recoger la muestra y evitar el roce de la capa superficial.

En presencia de aceite o de otro tipo de sustancia que flote en la superficie, se debe recoger la muestra justo por debajo de la superficie del agua para maximizar la recogida del contaminante.

FIGURA 6.1 :

Una muestra de agua superficial tomada a mano, río arriba, con una pértiga telescópica desde la orilla, el puente o el barco.
(Cortesía del DOE de Canadá)



**EQUIPAMIENTO**

- Chaleco salvavidas, en caso de peligro de ahogamiento;
- botas de vadeo, en caso necesario,
- equipo de protección, por ejemplo, guantes apropiados en función del contaminante conocido o que se sospecha (ver la **SECCIÓN 2.6.5 DEL VOLUMEN I**) ;
- pértiga de muestreo y fijación para el tipo de recipiente;
- tipo de botella de muestra y conservante adecuados. Ver **SECCIÓN 2.9.2 DEL VOLUMEN I**.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Comprobar que se han aplicado las precauciones de seguridad adecuadas.
2. En un río, se deberá situar perpendicularmente a la corriente mirando hacia arriba. En un lago, se deberá vadear más allá de donde el sedimento de la orilla se ve afectado por la acción de las olas.
3. Retirar la tapa sin que toque el interior o la boca del recipiente de muestra, o utilizar un cubo sin que toque el interior del mismo.
4. Coger la botella o el cubo por la base con una mano e introducir la botella o el cubo en el agua o efluente con la apertura hacia abajo.
5. Colocar la apertura de la botella o del cubo en la corriente, lejos de la mano de la persona que recoge la muestra y de la plataforma de recogida de muestras o de la embarcación, asegurándose de que la mano esté siempre corriente abajo.
6. La toma de muestras debe realizarse a una profundidad de 15 a 30 cm por debajo de la superficie del agua.
7. Si el agua está estancada, se debe crear una corriente artificial moviendo la botella o el cubo horizontalmente en la dirección que apunta el recipiente y lejos del muestreador.
8. Para las botellas, se deben inclinar ligeramente hacia arriba para que salga el aire y dejar que se llenen, o retirar el tapón y rellenarla con el cubo (sin que toque el interior, el tapón o el borde del recipiente de muestra).
9. Una vez que se ha sacado la botella de la corriente, puede ser necesario que se tenga que vaciar un poco la muestra para dejar un espacio de entre 2,5 a 5 cm para el aire a fin de que se pueda mezclar bien la muestra antes de proceder a su análisis. (Nota: si el supuesto contaminante es un compuesto orgánico volátil (COV), llenar la botella completamente, a no ser que se añada un conservante. Consultar la **TABLA 2.9.3.35 DEL VOLUMEN I**).
10. Precintar y etiquetar la botella y guardarla en el refrigerador.

En caso de muestras bacteriológicas, seguir el mismo procedimiento, pero usar una botella esterilizadas de 500 ml.

Cuando se haya tomado la muestra, si es necesario, se debe transferir al recipiente adecuado, cerrarlo y limpiar el exterior del mismo con una toalla de papel. Para evitar que entren contaminantes en el recipiente, no se debe sumergir o enjuagar una botella de muestra en agua para limpiarla, sino que se debe utilizar una toalla de papel húmeda y limpia.

6.2 MUESTRA COMPUESTA DE AGUA - MÉTODOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Las muestras compuestas son muestras que se toman de la masa de agua o del flujo de agua efluente a intervalos continuos, aleatorios o específicos y luego se mezclan. Con ello, se pretende obtener una composición media de la muestra en caso de que las concentraciones de contaminantes puedan variar con el tiempo y reducir el coste del análisis. Las muestras compuestas también resultan útiles cuando las muestras individuales son demasiado pequeñas para poder ser analizadas. Esta técnica puede ayudar a localizar áreas con una contaminación elevada a un coste reducido al agrupar un conjunto de muestras. Si una muestra compuesta presenta un valor elevado, las muestras de dicho grupo, en caso de que hayan sido conservadas, deberán ser analizadas de forma individual.

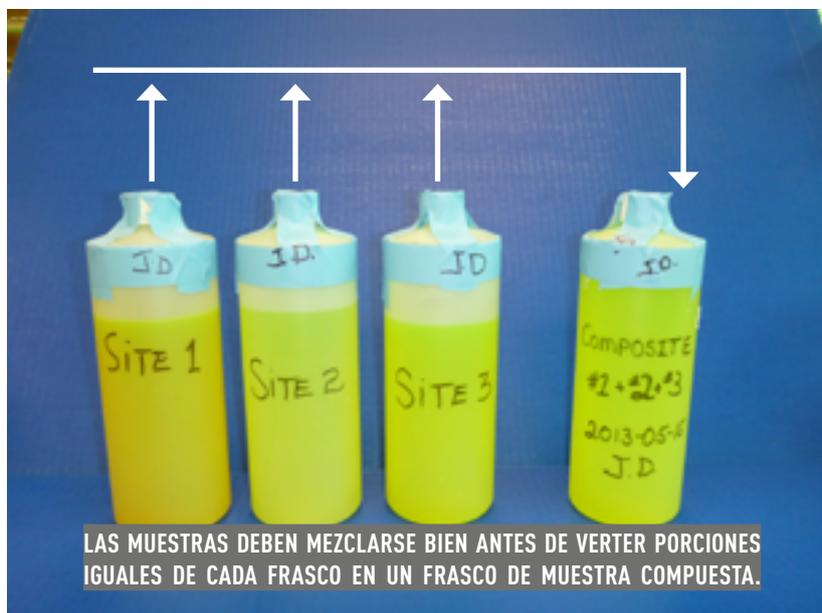


FIGURA 6.2 :
Varias muestras individuales de agua y una muestra compuesta tomada manualmente (Cortesía del DOE de Canadá)

Sin embargo, las muestras compuestas también presentan limitaciones como, por ejemplo:

- Ofrecen menos información sobre la variación (entre muestras o a lo largo del tiempo) y, por tanto, pueden ocultar las diferencias reales.
- La información relativa a las relaciones de los analitos en las muestras individuales puede perderse.
- Puede diluir un analito hasta un nivel inferior al límite de detección, produciendo un falso negativo.
- Si la producción de muestras compuestas reduce el número de muestras recogidas por debajo de la necesidad estadística requerida para respetar los objetivos de calidad de los datos (OCD), entonces dichos objetivos se verán comprometidos.
- En el terreno, este método debe tener en cuenta los requisitos legislativos en materia de datos. Los intervalos de tiempo reales, los volúmenes recogidos y el método de conservación de las muestras pueden variar según la situación.



6.2.1 LA TOMA DE MUESTRAS EN UNA ÚNICA BOTELLA PARA LA RECOGIDA DE MUESTRAS COMPUESTAS

1. Utilizar una botella para la recogida de muestras manual o un muestreador automático programado para tomar muestras y verterlas en un único recipiente grande.
2. Mezclar bien el contenido del gran recipiente, verter una parte en una pequeña botella y conservarla según los requisitos presentados en la **SECCIÓN 2.9 DEL VOLUMEN I.**
3. Cuando se sabe o se sospecha que la muestra contiene compuestos orgánicos volátiles (COV), se deben mezclar las muestras compuestas:
 - con una varilla de agitación limpia (como una varilla de vidrio limpia) durante el menor tiempo posible para minimizar la pérdida de vapor del recipiente, o
 - llenar completamente el recipiente que contiene la muestra compuesta, cerrarlo excluyendo todo el aire posible y agitando e invirtiendo suavemente el recipiente para que se mezcle bien.

VENTAJAS

Se trata del método técnicamente más simple con el menor coste analítico.

INCONVENIENTES

Mayor riesgo de resultados falsos negativos, menor resolución analítica del perfil de contaminantes en el efluente y mayor dificultad para relacionarlo con un problema en el proceso industrial.

6.2.2 LA TOMA DE MUESTRAS SIMPLES Y SUBMUESTRAS EN UNA ÚNICA BOTELLA

1. Utilizar una botella de muestra manual o un muestreador automático programado para recoger un volumen igual de muestra y verterla en recipientes de muestra individuales.
2. Mezclar bien el contenido de cada recipiente individual Verter una parte igual en otro recipiente pequeño utilizando pipetas graduadas desechables o una probeta graduada y conservar según los requisitos de la **SECCIÓN 2.9 (VOLUMEN I).**
3. Conservar cada pequeño recipiente de muestras para que puedan ser analizadas posteriormente, en caso necesario.
4. Cuando se sabe o se sospecha que la muestra contiene compuestos orgánicos volátiles (COV), se debe mezclar la muestra.
 - utilizando una varilla de agitación limpia (como una varilla de vidrio limpia) durante el menor tiempo posible para minimizar la pérdida de vapor del recipiente, o
 - llenando completamente el recipiente que contiene la muestra compuesta, cerrarlo excluyendo todo el aire posible y agitando e invirtiendo suavemente el recipiente para que se mezcle bien.

VENTAJAS

Se trata de la técnica más sencilla que permite analizar muestras individuales en caso de que se obtenga un resultado positivo de la muestra compuesta.

INCONVENIENTES

Método más laborioso, requiere mayor número de mezclas y de vertido y tiene un coste analítico más alto.



FIGURA 6.3 :
Las muestras individuales pueden agruparse en una muestra compuesta mezclando y decantando las muestras o utilizando pipetas serológicas desechables graduadas o un recipiente graduado para dividir las muestras individuales en submuestras. (Cortesía del DOE de Canadá)

6.2.3 MUESTRA COMPUESTA DE AGUA - TOMA DE MUESTRAS AUTOMATIZADA

Se pueden tomar muestras utilizando un muestreador automático que puede activarse en función del tiempo, el caudal, el volumen de flujo, el pH, la conductividad o la temperatura.

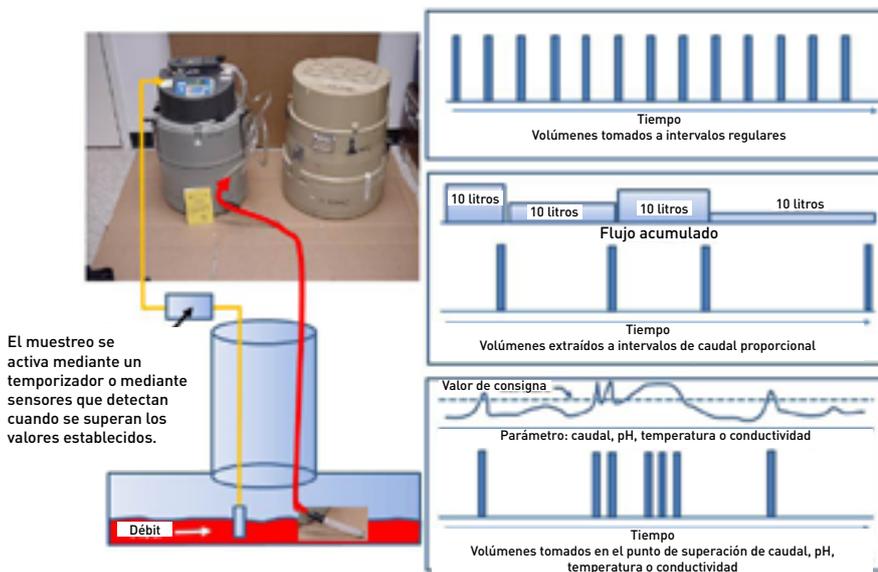


FIGURA 6.4 :
Muestreador automático programado o disparado en función del tiempo, del caudal proporcional o de los valores umbral de caudal, pH, temperatura o conductividad. (Cortesía de EPA de Estados Unidos y De Genesis Environmental Sciences Ltd)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Seleccionar un sitio para realizar la toma de muestras en el que el agua esté bien mezclada.
2. Configurar el muestreador automático para que recoja volúmenes iguales de la muestra, según:
 - intervalos de tiempo regulares,
 - el flujo proporcional (cada vez que un determinado volumen pasa por el punto de muestreo); o,
 - parámetros que excedan el caudal, el pH, la temperatura o la conductividad.
3. Introducir múltiples muestras compuestas en el muestreador para efectuar una toma de muestras discreta, o



4. Introducir una botella grande para muestras compuestas en un muestreador para efectuar una única toma de muestras.
5. Cuando se haya recogido la muestra compuesta, agitar o mezclar cada muestra y verter rápidamente la mitad en la botella para las muestras compuestas.
6. Añadir un conservante adecuado para conservar las muestras individuales y las compuestas.
7. Almacenar y enviar según el protocolo normal.
8. Si la muestra compuesta excede los límites establecidos para el parámetro, conservar las muestras individuales para futuros análisis.

6.3 MUESTREO DE LÍQUIDOS FLOTANTES Y PRODUCTOS PETROLÍFEROS

Los disolventes orgánicos con densidades inferiores a la del agua y los aceites crudos, refinados y residuales flotan en el agua y pueden contener diversos contaminantes, por lo que es conveniente tratarlos como materiales peligrosos. Las principales fuentes de las que se pueden recoger muestras de disolventes orgánicos y aceites son el agua, la costa (aceite en guijarros y piedras, en la arena o en los escombros), la fauna contaminada y los aceites puros o residuales de los dispositivos de almacenamiento o dispensación.



FIGURA 6.5 :
Muestreo de líquidos flotantes y productos petrolíferos.
(Cortesía de Policía Federal de Brasil y del DOE de Canadá)

Realizar un análisis de riesgos de la tarea de muestreo (consultar la **SECCIÓN 2.6 DEL VOLUMEN I**). Algunos aspectos relacionados con la toma de muestras de líquidos flotantes y productos petrolíferos son:

- Comprobar que el área está bien ventilada.
- Comprobar la presencia de gases explosivos con un explosímetro calibrado.
- Tener a mano materiales absorbentes en caso de derrame.
- Comprobar que los techos de las cisternas o de los camiones cisterna tienen una estructura sólida para caminar sobre ellos antes de intentar tomar una muestra por una escotilla superior.
- Asegurarse de que el barril, el camión cisterna, el tanque de

almacenamiento y el recipiente de muestras tienen una toma a tierra adecuada para que no se produzcan chispas provocadas por la electricidad estática.

- Utilizar ropa ignífuga y antiestática y equipos de protección según lo determinado por el análisis de riesgos asociado a la tarea y la normativa local.
- Constatar que no existe riesgo de ignición como:
 - tormentas eléctricas,
 - motores eléctricos,
 - motores de combustión,
 - fumadores.
- Utilizar gafas de protección.
- Llevar un aparato de protección respiratoria según la normativa local.
- Llevar guantes protectores en todo momento. Para prevenir la contaminación cruzada y por razones de salud y seguridad, es aconsejable usar dos pares de guantes desechables cuando se tomen las muestras. El par de guantes exterior debe cambiarse después de cada toma de muestra y el par de guantes interior debe cambiarse cada vez que se ensucie. (Consultar la **SECCIÓN 2.6.5** del Volumen I sobre ropa protectora).
- Eliminar lo antes posible los disolventes y el aceite de la piel frotando con agua tibia y jabón.
- En la medida de lo posible, no se deben almacenar muestras de petróleo o disolventes en el habitáculo de los vehículos, ya que las fugas pueden provocar la liberación de vapores peligrosos y que haya riesgo de explosión o de incendio.

6.3.1 MUESTREO DE LÍQUIDOS FLOTANTES Y PRODUCTOS PETROLIFEROS EN AGUA

EQUIPAMIENTO

- Chaleco salvavidas, en caso de peligro de ahogamiento;
- equipo de respiración, en caso de peligro de vapores;
- indumentaria de protección y guantes adecuados al producto;
- linternas de emergencia que no produzcan chispas,
- pértiga de muestreo y fijación para el tipo de recipiente o
- cuerda limpia y un fijador de botellas que no produzca chispas;
- tipo de botella de muestra adecuado. (Ver **TABLA 2.9.2.2 DEL VOLUMEN I**).
- elegir el método de conservación apropiado:
 - almacenar a una temperatura de 4°C o
 - añadir 2 mg de tiosulfato de sodio a la botella antes del muestreo.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

Nota : En ningún momento se deben utilizar equipos o botellas de plástico para tomar muestras de disolventes, aceite o petróleo.

1. Utilizar frascos de vidrio ámbar, de 125 ml a 250 ml, con tapas revestidas de teflón o papel de aluminio tratado térmicamente a modo de precinto entre el recipiente y la tapa.
2. Etiquetar la botella antes de llenarla.
3. Tomar muestras de disolventes, aceites o petróleo con la menor cantidad de agua posible. Esto ayudará a reducir las alteraciones químicas, físicas o biológicas del aceite cuando esté en contacto prolongado con el agua entre el momento del muestreo y el análisis.
4. Siempre que sea posible, evitar recoger disolventes y muestras de aceite o petróleo que contengan material orgánico como vegetación marina, hierba, trozos de madera, etc.
5. Para poder efectuar todos los análisis, el laboratorio necesita una capa mínima de petróleo de 3 mm en una botella de cristal de 125 ml



6. Para concentrar la muestra en el espesor requerido, inclinar el borde de la botella de muestreo justo por debajo de la superficie del agua y retirar la capa aceitosa. Si se obtiene una capa demasiado fina, tapar el frasco e invertirlo. Dejar que el aceite suba a la superficie; a continuación, aflojar el tapón lo suficiente para que la capa acuosa inferior salga de la botella. Cerrar el tapón, poner la botella boca arriba y repetir el proceso hasta que haya recogido suficiente aceite.
Nota: El llenado completo de los botes con líquido puede dar lugar a pérdidas debido a que el cambio de temperatura de la muestra puede provocar que se dilate, por lo que el recipiente puede tener pérdidas o se puede romper. Las botellas deben llenarse completamente para minimizar la pérdida de vapor de los compuestos orgánicos volátiles (COV), así que es importante mantener la muestra a una temperatura de 4 °C.
7. En el caso de capas de disolventes y aceites o productos petrolíferos muy finas en la superficie del agua, puede ser necesario utilizar material absorbente para recoger la muestra. Colocar una compresa absorbente sobre la capa de aceite y girarla lentamente con un movimiento circular para recoger la capa de aceite. Introducir la compresa en una botella de cristal limpia y cerrarla. Incluir un trozo de material no utilizado en un frasco aparte para utilizarlo como muestra testigo.
8. Para recoger muestras de disolventes, aceite o petróleo en pequeños charcos dispersos, en glóbulos o en zonas de difícil acceso, puede ser necesario utilizar una pipeta de vidrio o de plástico desechable y una pera.
9. Una vez recogida la muestra, se debe limpiar el exterior del bote para retirar el exceso de disolvente, de aceite o petróleo adherido a la superficie con una compresa absorbente o papel higiénico. No se debe enjuagar o sumergir el bote en agua.
10. Tras la toma de muestra, se debe almacenar en un lugar seco y oscuro para reducir los cambios relacionados con la evaporación o la degradación microbiana de las muestras de petróleo.

6.3.2 MUESTREO DE LÍQUIDOS FLOTANTES Y PRODUCTOS PETROLÍFEROS EN BARRILES

Todos los disolventes orgánicos y los productos y residuos derivados del petróleo de baja densidad tienen riesgos de toxicidad y peligro de explosión, especialmente cuando se encuentran en un recipiente cualquiera. Para abrir recipientes que contengan estos materiales, se debe llevar el equipo de seguridad adecuado y utilizar herramientas que no produzcan chispas.

EQUIPAMIENTO

- Equipo de respiración, en caso de peligro de vapores;
- detector de vapores de gas, en caso de peligro de vapores;
- indumentaria y gafas de protección y guantes adecuados para el producto;
- elegir un recipiente muestreador:
 - un tubo de muestreo o
 - un muestreador COLIWASA (ver **SECCIÓN 4.3**)
- bomba peristáltica a prueba de explosiones o bomba manual y tubería adecuada, o
- cuerda limpia y un fijador de botellas que no produzca chispas;
- linternas de emergencia que no produzcan chispas;
- tipo de botella de muestras adecuado. (Consultar **TABLA 2.9.2.2 DEL VOLUMEN I**).



FIGURA 6.6 :
Uso de un detector de vapores de gas y un muestreador de residuos líquidos compuestos (Coliwasa) para tomar una muestra de una sustancia desconocida de un barril (Cortesía de EPA de Estados Unidos)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Etiquetar la botella antes de llenarla.
2. Si el barril está equipado con una válvula dispensadora, utilizar un cable con dos pinzas para conectar eléctricamente el barril al recipiente de la muestra antes de abrir la válvula. Esto reducirá el riesgo de que una descarga eléctrica produzca una chispa e inflame los vapores o el combustible. Recoger una muestra en un recipiente de vidrio ámbar. (Ver **TABLA 2.9.2.2 DEL VOLUMEN I**).
3. Si el barril no está equipado de una válvula dispensadora, abrir el recipiente con herramientas que no produzcan chispas (normalmente fabricadas con una aleación de aluminio).
4. Si se sabe que el barril contiene un producto uniforme, utilizar un tubo muestreador (ladrón de muestras), un muestreador COLIWASA o una bomba manual que no produzca chispas al extraer una muestra y verterla en un frasco de vidrio ámbar.
5. Si se sabe o se sospecha que el barril contiene capas de líquidos (como residuos orgánicos escondidos ilegalmente), utilizar un tubo muestreador (ladrón de muestras) o un muestreador COLIWASA para extraer una muestra y verterla en un frasco de vidrio ámbar.

6.3.3 MUESTREO DE LÍQUIDOS FLOTANTES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO EN TANQUES GRANDES Y CAMIONES CISTERNAS

Si se debe acceder a la parte superior de un tanque o camión cisterna, el plan de salud y seguridad debe garantizar que la estructura del tanque es lo suficientemente sólida para aguantar el peso del equipo que toma las muestras y que se toman las precauciones necesarias al recoger la muestra utilizando equipos y bombas que no provocan chispas. Ver **FIGURAS 6.7 Y 6.8**).

EQUIPAMIENTO



FIGURA 6.7:
Muestra tomada en un tanque refrigerado mediante una bomba peristáltica.
Nota: En presencia de vapores peligrosos, se requiere el uso de un respirador.
(Cortesía de NFIT des Pays-Bas)

- Equipo de respiración, en caso de peligro de vapores;
- indumentaria y gafas de protección y guantes adecuados para el producto;
- elegir un muestreador:
 - un tubo de muestreo o
 - un muestreador COLIWASA (consultar **SECCIÓN 4.3**)
- bomba peristáltica a prueba de explosiones o bomba manual y tubería adecuada;
- cable eléctrico con toma de tierra con pinzas metálicas en cada extremo;
- cuerda limpia y un fijador de botellas que no produzca chispas;
- internas de emergencia que no produzcan chispas;
- seleccionar el tipo de botella de muestra adecuado. (Ver **TABLA 2.9.2.2 DEL VOLUMEN I**).

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Etiquetar la botella antes de llenarla.
2. Si el tanque grande o el camión cisterna están equipados con una válvula dispensadora, utilizar un cable con dos pinzas para conectar eléctricamente el tanque al recipiente de la muestra antes de abrir la válvula. Esto reducirá el riesgo de que una descarga eléctrica produzca una chispa e inflame los vapores o el combustible. Recoger una muestra en un recipiente de vidrio ámbar.
3. Si el tanque grande o el camión cisterna no están equipados de una válvula



FIGURA 6.8 :
Un cable de conexión a tierra conectado a la válvula de un tanque o cisterna.
(Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

La carga electrostática puede acumularse en depósitos fijos o móviles que contengan productos químicos orgánicos y combustibles. Esto puede provocar una chispa desde el tanque al contenedor, lo que podría provocar una explosión e incendio.

dispensadora, abrir el recipiente con herramientas que no produzcan chispas (normalmente fabricadas con una aleación de aluminio).

4. Si se sabe que el tanque o el camión cisterna contienen un producto uniforme, utilizar un tubo muestreador (ladrón de muestras), un muestreador COLIWASA o una bomba manual que no produzca chispas. Si se deben tomar las muestras del contenido del tanque o el camión cisterna desde una escotilla superior, puede ser mejor utilizar una botella de vidrio ámbar en un soporte de botella de muestra que no produzca chispas, hecho de plomo o aluminio, y una cuerda desechable. **Nota:** los cables o cadenas de acero inoxidable pueden provocar chispas por lo que pueden presentar riesgo de explosión. Bajar la botella de vidrio ámbar para extraer una muestra y verterla en un frasco de vidrio ámbar.
5. Si se sabe o se sospecha que el barril contiene capas de líquidos (como residuos orgánicos escondidos ilegalmente), utilizar un tubo muestreador (ladrón de muestras), un muestreador COLIWASA o un soporte para botellas de muestra con lastre para tomar muestras de las capas y verterlas en un frasco de vidrio ámbar.

6.3.4 MUESTREO DE LÍQUIDOS FLOTANTES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO EN SUPERFICIES, SÓLIDOS Y ESPECIES SILVESTRES

Los líquidos flotantes (por lo general, disolventes orgánicos) y los productos derivados del petróleo flotan y se adhieren a superficies sólidas como arena, gravas, sedimentos y residuos en la playa, y a las especies silvestres.

EQUIPAMIENTO

- Equipo de respiración, en caso de peligro de vapores;
- indumentaria y gafas de protección y guantes adecuados al producto;
- torunda de muestreo;
- espátula o cuchillo limpios para raspar;
- cuchillo, bisturí o tijeras estériles para cortar pelo, plumas o tejidos, o bolas de alquitrán;
- seleccionar el tipo de botella de muestra adecuado (consultar la **SECCIÓN 2.9.2 DEL VOLUMEN I**);
- papel de aluminio limpio y
- bolsas de plástico limpias.

**PROCEDIMIENTO SUGERIDO**

1. Fotografiar el lugar y también los animales afectados, en caso de que haya, antes y después de realizar el muestreo, sobre todo para poder identificar la especie.
2. Para el aceite en la arena y la grava fina, utilizar una cuchara de acero inoxidable limpia para recoger una muestra de la superficie y colocarla en un tarro de cristal de boca ancha que tenga una tapa forrada de papel de aluminio o teflón. Cerrar la tapa, sellarlo, guardarlo en un lugar oscuro (una nevera, por ejemplo) a una temperatura de 4 °C y enviarlo para que sea analizado a fin de identificar el tipo de hidrocarburos que se encuentran presentes.
3. Para el petróleo en forma de bolas de alquitrán, recoger una bola entera de alquitrán en un frasco o cortar la bola y, con una espátula, extraer el centro de la bola de alquitrán que ha sufrido menos alteraciones atmosféricas. En ambas técnicas, se debe analizar el centro de la bola de alquitrán para que se pueda determinar mejor la fuente de petróleo.
4. Para el petróleo en una superficie sólida, frotar suavemente la superficie con un trozo de material absorbente o con una torunda de algodón y colocar el material (o la torunda de algodón) en un frasco de muestras que tenga una tapa forrada de papel de aluminio o teflón. Cerrar la tapa, sellarlo, guardarlo en un lugar oscuro (una nevera, por ejemplo) a una temperatura de 4°C y enviarlo para que sea analizado a fin de identificar el tipo de hidrocarburos que se encuentran presentes. Incluir un trozo de material absorbente no utilizado en un frasco aparte para utilizarlo como muestra.
5. En caso de que haya petróleo en especies silvestres, como pájaros o mamíferos marinos, la técnica que se debe utilizar dependerá de que el animal esté vivo o muerto. Si los animales están vivos, solo acérquese y capture al animal si está entrenado en técnicas de captura. Sujete al animal para minimizar el riesgo de lesión en la persona que recoge la muestra y en el animal según la técnica prescrita. Frote suavemente la superficie con un trozo de material absorbente o con una torunda de algodón y coloque el material en un frasco de muestras que tenga una tapa forrada de papel de aluminio o teflón. Cierre la tapa, séllelo y guárdelo en un lugar oscuro (una nevera, por ejemplo) a una temperatura de 4°C y envíelo para que sea analizado a fin de identificar el tipo de hidrocarburos que se encuentran presentes. Incluya un trozo de material no utilizado en un frasco aparte para utilizarlo como muestra testigo.
6. En caso de que el petróleo se encuentre en especies silvestres muertas, como pájaros o mamíferos marinos, y que sean demasiado grandes para poder meterlas en una bolsa o en un frasco, se deberán efectuar varias operaciones:
 - frotar suavemente la superficie con un trozo de material absorbente o con una torunda de algodón y colocar el material en un frasco de muestras que tenga una tapa forrada de papel de aluminio o teflón; o
 - utilizar un cuchillo, bisturí o tijeras estériles para cortar un poco de pelo, plumas o tejidos contaminados y conservarlos en un frasco de muestras que tenga una tapa forrada de papel de aluminio o teflón;
 - cerrar la tapa, sellarlo, guardarlo en un lugar oscuro (una nevera) a una temperatura de 4°C y enviarlo para que sea analizado a fin de identificar el tipo de hidrocarburos que se encuentran presentes. Incluir un trozo de material no utilizado en un frasco aparte para utilizarlo como muestra testigo.

6.4 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN PETRÓLEO EN UN DERRAME DE PETRÓLEO EN EL AGUA

Se puede realizar una estimación general del volumen de una marea negra en el agua siguiendo las siguientes observaciones generales.

TABLA 6.1 | Estimación del volumen de petróleo en un derrame de petróleo en el agua

TÉRMINO ESTÁNDAR	ASPECTO	PETRÓLEO (L/km ²)
APENAS VISIBLE	Apenas visible en la mayoría de las condiciones de luminosidad	44
PLATEADO	Visible como un brillo plateado en la superficie del agua	88
LIGERAMENTE COLOREADO	Primeros rastros de color visibles	175
COLORES VIVOS	Bandas visibles de colores vivos	330
MATE	Los colores empiezan a volverse de un color marrón mate	1 170
OSCURO	Marrón mucho más oscuro	2 337

Nota: Cada espesor de 2,54 cm de petróleo equivale a 21,42 l/m² o aproximadamente a 30 500 000 l/km².

6.5 MUESTREO DE LÍQUIDOS DE DENSIDAD MEDIA

Debido a su densidad, los líquidos de densidad media pueden flotar o dispersarse a mitad de la columna de agua. Esto puede suceder en presencia de una cuña de agua salada subyacente, como en un estuario, cuando se han disuelto sales o metales en el agua, o si la temperatura del agua es tal que su densidad permite que se disperse en la profundidad media de la columna de agua. Los líquidos de densidad media pueden detectarse mediante sensores de temperatura o conductividad, u observando visualmente la columna de agua si el agua es lo suficientemente clara.

EQUIPAMIENTO

- Equipo de respiración, en caso de peligro de vapores.
- Indumentaria y gafas de protección y guantes adecuados al producto.
- Sonda multímetro que pueda verificar la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto.
- Muestreador:
 - un tubo de muestreo,
 - un muestreador COLIWASA,
 - una bomba peristáltica a prueba de explosiones o bomba manual y tubería adecuada o
 - una cuerda limpia y un fijador de botellas que no produzca chispas.
- Seleccionar el tipo de botella de muestra adecuado. Consultar la **SECCIÓN 2.9.2 DEL VOLUMEN I**.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Con una sonda, comprobar el pH, la temperatura y la conductividad del agua para determinar si hay una diferencia definida en la columna de agua que señale la presencia de líquidos de densidad media.
2. Utilizar una pértiga de muestreo u otro dispositivo de extensión con un recipiente de muestras adecuado acoplado para recoger una muestra.
3. Recoger y conservar la muestra según el procedimiento recomendado.

TABLA 2.9 (VOLUMEN I).



6.6 MUESTREO DE LÍQUIDOS DE ALTA DENSIDAD

Los líquidos de alta densidad se encuentran en lugares como equipos eléctricos (especialmente transformadores y condensadores que contienen bifenilos policlorados [BPC]), alcantarillas y masas de agua en las que se han eliminado ilegalmente disolventes clorados, como los productos de limpieza.

6.6.1 MUESTREO DE MATERIAL ELÉCTRICO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE BPC

Para efectuar el muestreo del equipo eléctrico, se debe identificar si el petróleo contiene BPC. En caso de duda, se debe dar por supuesto que lo contiene y seguir los procedimientos indicados en este manual para el muestreo de BPC.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Preparar y utilizar el equipo de seguridad necesario para manipular BPC. Por lo general, incluye protección ocular, protección para la inhalación, guantes y monos resistentes a los BPC.
2. El equipo eléctrico deberá ser desconectado por una persona capacitada para ello antes de intentar entrar en una zona de muestreo. Si no se desconecta, se pueden producir incendios, descargas eléctricas y quemaduras que pueden provocar daños en los sistemas eléctricos y en los procesos industriales, así como lesiones muy graves o la muerte del muestreador y de los posibles transeúntes.
3. Antes de entrar e iniciar el muestreo, el equipo de muestreo debe estar preparado, así como también un kit de contención de derrames formado por lonas de plástico, materiales absorbentes, palas o cucharas y recipientes de contención para productos contaminados.

6.6.2 MUESTREO DE CONDENSADORES ELÉCTRICOS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE BPC

Los condensadores eléctricos son aparatos sellados que no siempre están etiquetados para indicar que contienen BPC. Si el aparato no tiene etiqueta, debemos suponer que contiene BPC y efectuar la recogida de muestras siguiendo el siguiente procedimiento.

EQUIPAMIENTO

Para efectuar la recogida de muestras en un aparato sellado y desconectado, preparar el siguiente equipo:

- resina epoxi de dos componentes para usar como sellador después de la toma de muestras;
- broca de acero limpia de 6 mm de diámetro y taladro;
- lámina de polietileno para colocar bajo el condensador y el equipo de muestreo o
- bandeja de acero inoxidable capaz de albergar el condensador;
- pipeta de vidrio y pera de goma que pueda entrar en un agujero de 6 mm en el condensador;
- botella de vidrio para la muestra de tamaño adecuado y tapón (consultar la **SECCIÓN 2.9.2**).
- disolvente hexano para la limpieza del equipo;
- bolsas de plástico para los materiales contaminados;
- arandela metálica grande y arandela de goma y tornillo que se puedan enroscar en el agujero de acero de 6 mm;
- kit de prueba de BPC desechable (existen kits disponibles en el mercado) y
- equipo de protección adecuado: gafas o gafas de protección, mono desechable, botas de goma y guantes. Ver **SECCIÓN 2.6 (VOLUMEN I)**.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. **Advertencia: si no se apaga el condensador, se pueden producir descargas y lesiones graves e incluso la muerte.** Consultar con un electricista cualificado que garantice que el condensador eléctrico está desconectado del sistema eléctrico, que está apagado y que toda la carga eléctrica almacenada ha sido evacuada.
2. Llevar el equipo de protección adecuado: gafas o gafas de protección, mono desechable, botas de goma y guantes. Ver **SECCIÓN 2.6 (VOLUMEN I).**
3. Verificar la etiqueta para ver si el condensador contiene BPC o si lleva una marca como Askarel, Pyranol o Inerteen que son líquidos con BPC conocidos. Los nombres comerciales de los líquidos BPC pueden variar de un país a otro. Consultar también el manual de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos: Compliance Monitoring, Polychlorinated Biphenyl Inspection Manual, <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/monitoring/tsca/manuals/pcbinspect/index.html>.
4. Registrar la información de las etiquetas en las notas de campo o tomar una fotografía.
5. Extender el polietileno sobre una superficie estable y colocar el condensador de forma segura sobre la superficie de polietileno.
6. Hacer un agujero de 6 mm en la superficie superior del condensador.
7. Introducir la pipeta de vidrio en el orificio y acoplar la pera de goma para extraer una muestra del líquido.
8. Repetir la toma de muestras introduciendo la pipeta hasta que haya suficiente líquido en el recipiente de la muestra. En el caso de los líquidos BPC concentrados, suele bastar con unos pocos mililitros.
9. Si es posible, efectuar un control sobre el terreno siguiendo las instrucciones del kit de prueba desechable de BPC.
10. Sellar la muestra y almacenarla según los requisitos de la **TABLA 2.9.2.2 (VOLUMEN I).**
11. Ensamblar el tornillo con una arandela metálica seguida de una arandela de goma.
12. Mezclar una pequeña cantidad de resina epoxi bicomponente que seca en 5 minutos según las instrucciones. Colocar una pequeña cantidad de la resina en las superficies de la arandela metálica y de goma, introducir el tornillo en el orificio de 6 mm y enroscarlo. Cubrir el tornillo con resina epoxi durante 5 minutos y dejar que la resina se endurezca.
13. Comprobar que el condensador se almacena de acuerdo con los requisitos reglamentarios.
14. Desechar cuidadosamente todos los materiales de muestreo potencialmente contaminados en un contenedor de residuos y etiquetar el recipiente de acuerdo con los requisitos reglamentarios.

6.6.3 MUESTREO DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS PARA DETECTAR LA PRESENCIA DE BPC

Por lo general, los transformadores eléctricos son aparatos no sellados que pueden o no estar etiquetados para indicar que contienen BPC. Los volúmenes de líquido con BPC o de líquido contaminado con BPC utilizados como aislante o refrigerante pueden ser muy importantes y variar de unos pocos litros hasta mil litros o más. Normalmente, un transformador estará equipado de un puerto de acceso para el mantenimiento y para añadir líquido nuevo, y de una válvula de drenaje para la recogida de muestras o para el vaciado completo por si hay que sustituir el líquido. El riesgo en el muestreo de transformadores es que, con frecuencia, la válvula de drenaje de la que se va a recoger una muestra es vieja y puede averiarse al intentar abrirla. Lo que puede dar lugar a derrames muy grandes, por ello es necesario que se tomen precauciones para contener cualquier posible derrame. Si el aparato no está etiquetado, debemos suponer que contiene BPC y efectuar la recogida de muestras siguiendo el siguiente procedimiento.



EQUIPAMIENTO

Para efectuar la recogida de muestras en un transformador eléctrico sellado y desconectado, preparar el siguiente equipo:

- equipo de protección adecuado: gafas o gafas de protección, mono desechable, botas de goma y guantes (ver **SECCIÓN 2.6 (VOLUMEN I)**);
- bandeja de acero inoxidable que pueda colocarse debajo de la válvula de drenaje del transformador para contener las fugas, o
- lámina de polietileno para colocar debajo del transformador y el equipo de muestreo;
- pipeta de vidrio y pera de goma o pipeta desechable flexible con pera de plástico que pueda extraer una muestra de 10 ml de aceite;
- botella de vidrio para la muestra de tamaño adecuado y tapón (**CONSULTAR TABLA 2.9.2.2 DEL VOLUMEN I**);
- disolvente hexano para limpiar el equipo;
- bolsas de plástico para materiales contaminados;
- arena u otro material absorbente (como arena para mascotas);
- herramientas para abrir el puerto de acceso del transformador o la válvula de drenaje;
- bomba peristáltica a prueba de explosiones y tubos desechables; y
- kit de prueba de BPC desechable.

FIGURA 6.9 :
Muestreo de transformadores eléctricos en busca de PCB líquidos.
(Cortesía de NFIT de los Países Bajos y de DOE de Canadá)



PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Llevar el equipo de protección adecuado: gafas o gafas de protección, mono desechable, botas de goma y guantes. Ver **SECCIÓN 2.6 (VOLUMEN I)**.
2. **Advertencia: si no se apaga el transformador, se pueden producir descargas, lesiones graves e incluso la muerte.**
Consultar con un electricista cualificado para que compruebe que el transformador eléctrico está desconectado del sistema eléctrico, apagado y que toda la carga eléctrica almacenada ha sido evacuada.
3. Verificar la etiqueta para ver si el condensador contiene BPC o una marca como Askarel, Pyranol o Inerteen que son líquidos con BPC conocidos. Los nombres comerciales de los líquidos BPC pueden variar de un país a otro.
Consultar también el manual de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos: Compliance Monitoring, Polychlorinated Biphenyl Inspection Manual, <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/monitoring/tasca/manuals/BPCinspect/index.html>
4. Registrar la información de las etiquetas en las notas de campo o tomar una fotografía.

ACCEDER A TRAVÉS DE LA TRAMPILLA DE ACCESO DEL TRANSFORMADOR

1. Abrir el puerto de acceso y recoger una muestra de la siguiente manera:
 - utilizar la pipeta de vidrio y la pipeteador de goma o la pipeta desechable flexible con pipeteador de plástico que pueda extraer una muestra de 10 ml de aceite, o
 - usar una bomba peristáltica con tubos desechables para aspirar una cantidad suficiente de líquido en un frasco de muestra de vidrio apropiado. **(VER FIGURA 6.7 Y TABLA 2.9.2.2 DEL VOLUMEN I)**.
2. Utilizar un kit de prueba de BPC desechable para determinar si el aceite contiene BPC por encima del límite reglamentario.
3. Si la muestra contiene BPC por encima.

ACCEDER A TRAVÉS DE LA VÁLVULA DE DRENAJE DEL TRANSFORMADOR

1. Extender el polietileno sobre una superficie estable a nivel de la válvula de drenaje del transformador. Si el transformador es muy grande, construir una barrera colocando un anillo de arena, sacos de arena o sacos de basura alrededor de la zona que se debe muestrear.
2. Abrir un poco la válvula de drenaje y recoger la muestra inicial en un frasco separado para purgar la válvula. Cerrar la válvula de drenaje.
3. Abrir un poco la válvula de drenaje y recoger la primera muestra en otro recipiente. Cerrar la válvula de drenaje.
4. Si es posible, efectuar un control sobre el terreno siguiendo las instrucciones del kit de prueba de BPC desechable.
5. Sellara la muestra y almacenarla según los requisitos de la **TABLA 2.9.2.2. (VOLUMEN I)**.
6. Comprobar que el transformador se almacena de acuerdo con los requisitos reglamentarios.
7. Desechar cuidadosamente todos los materiales de muestreo potencialmente contaminados en un contenedor de residuos y etiquetar el recipiente de acuerdo con los requisitos reglamentarios.

6.6.4 MUESTREO DE SUPERFICIES PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE BPC

Tomar muestras por frotis de cualquier superficie lisa que se considere relativamente no porosa (por ej. metal, cristal o madera esmaltada). Tomar muestras destructivas de superficies duras y porosas (por ej. cemento, ladrillo, asfalto o madera virgen).

EQUIPAMIENTO

- Equipo de protección individual (EPI): guantes desechables resistentes a los BPC (un par por muestra), monos desechables, cubrecalzado y gafas de seguridad;
- gasas (algodón de calidad farmacéutica de 10 cm x 10 cm);
- frascos de vidrio de 40 ml con tapones revestidos de tetrafluoroetileno (TFE);
- pinzas de acero inoxidable;
- envase de hexano de grado reactivo (por ejemplo, frasco con cuentagotas);
- plantilla de acero inoxidable o de cartón desechable (10 cm x 10 cm);
- bolsas de plástico desechables;
- bolsas para muestras secundarias, precintos oficiales y formularios de custodia;
- etiquetas de muestra y bolígrafos con tinta permanente.

ELEGIR EL SITIO

Si la zona que se cree que está contaminada es pequeña, tomar tres muestras en el mismo sitio, pero equidistantes del centro de la zona. Si el sitio de vertido es grande, consultar la **SECCIÓN 2.4.3.3 (VOLUMEN I)**.

**PROCEDIMIENTO SUGERIDO**

1. Utilizar el equipo de protección individual (EPI) citado anteriormente.
2. Identificar en el cuaderno de campo el tamaño y la ubicación de las zonas a muestrear.
3. Fotografiar el área desde al menos cuatro direcciones y si se puede desde un punto elevado.
4. Humedecer la gasa con hexano utilizando una botella flexible o un cuentagotas.
5. Colocar la plantilla de 10 cm x 10 cm en la zona de la muestra.
6. Sujetar la gasa con unas pinzas de acero inoxidable y limpiar a fondo una zona para la recogida de muestras de 100 cm² según la plantilla. Pasar la gasa en dirección horizontal con un lado del material del hisopado y repetir en dirección vertical con el otro lado.
7. Introducir la gasa en un recipiente de muestras limpio. Cerrar el recipiente.
8. Identificar, sellar oficialmente y registrar las muestras. Guardar las muestras en el refrigerador.
9. Colocar el material contaminado en una bolsa de plástico para su eliminación o descontaminación.
10. Con unas pinzas y una torunda limpias, preparar una muestra testigo realizando todo el procedimiento sin frotar la superficie.
11. Cuando se trata de BPC, se recomienda que se guarden las muestras en un refrigerador.

Se puede encontrar más información en el manual de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos: Compliance Monitoring, Polychlorinated Biphenyl Inspection Manual, <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/monitoring/tsca/manuals/pcbinspect/index.html>

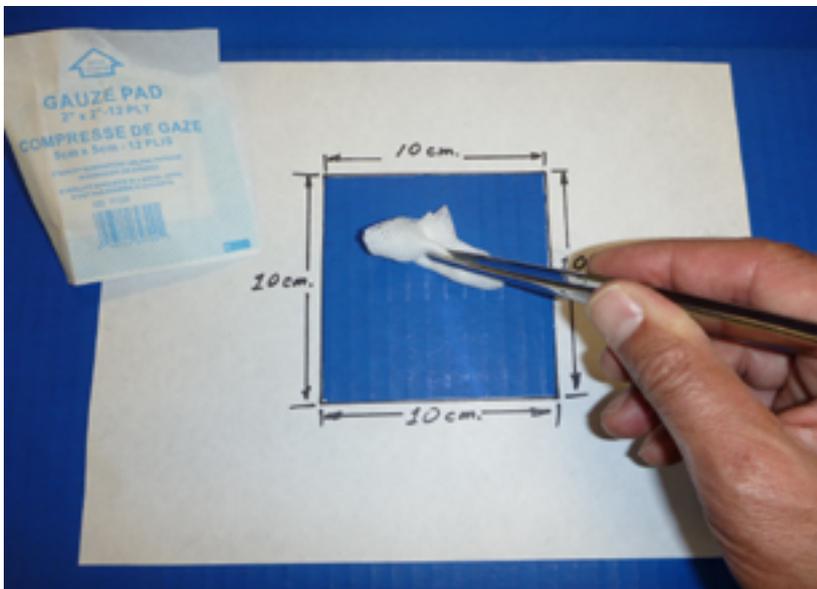


FIGURA 6.10 :
Usando una almohadilla de hexano para limpiar un área de 10 cm por 10 cm
(Cortesía de Genesis - Environmental Sciences Ltd.)

6.7 MUESTREO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El muestreo de aguas subterráneas consiste en tomar muestras de agua de filtraciones superficiales poco profundas que pueden estar en la superficie o aflorar en el fondo de arroyos, lagos, ríos o el océano. Se puede tomar una muestra con piezómetros poco profundos que se introducen a un metro en el suelo o en pozos perforados a cientos o miles de pies por debajo de la superficie del suelo.

6.7.1 MEDIDOR DE INFILTRACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POCO PROFUNDAS – ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN LOS ARROYOS

Las aguas subterráneas poco profundas se filtran en las masas de agua superficiales, como las zonas de la orilla de los arroyos, ríos, lagos y océanos. Un método sencillo, eficaz y de bajo coste para recoger las aguas subterráneas antes de que se mezclen completamente con la masa de agua suprayacente es utilizar un medidor de infiltración. El medidor de infiltración también permite calcular el flujo de agua subterránea en la masa de agua suprayacente. (Ver **AGUA 7 Y LAS FIGURAS 6.11 Y 6.12**).

MATERIALES PARA FABRICAR UN MEDIDOR DE INFILTRACIÓN

- Seleccionar el recipiente que se utilizará como medidor de infiltración.
- Puede ser un cubo de plástico de 4 o 10 litros (disponibles en ferreterías o tiendas de pinturas) o un bidón de acero con capacidad de hasta 200 litros.
- Bolsas de plástico de 0,5 a 10 litros sin bordes de cierre.
- Tapones de goma con un diámetro mínimo de 2,0 cm.
- Tubo rígido de plástico con un diámetro de 0,7 a 1,0 cm.
- Gomas elásticas.
- Taladro y brocas de un diámetro mínimo de 3 mm más pequeño que el diámetro de los tapones de goma y ligeramente más pequeño que el del tubo de plástico.
- Espátula.
- Recipiente graduado.
- Al menos dos recipientes para la toma de muestras con el conservante adecuado.
- Consultar la **SECCIÓN 2.9.2**



PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Hacer un agujero en el centro del fondo del cubo que permita ajustar el tapón de goma.
2. Hacer un agujero en el centro del tapón de goma que permita encajar bien la tubería.
3. Cortar el tubo a una longitud de unos 6 cm e insertarlo en el tapón de goma para que al menos 3 o 4 cm sobresalgan de la parte superior (extremo ancho) del tapón de goma.
4. Introducir el medidor de infiltración en el suelo o en los sedimentos de la zona en la que se sospecha que hay afloramiento de aguas subterráneas hasta que el fondo del cubo se apoye en el sustrato. La parte superior del cubo debe estar al menos 6 cm por debajo de la superficie de la masa de agua. Si el sustrato es demasiado duro para introducir el cubo, utilizar una pala para cavar un agujero que pueda contener el cubo. Colocar todo el material del agujero en el cubo, voltear rápidamente el cubo y colocarlo en el agujero para que el material quede retenido dentro del cubo.

FIGURA 6.11 :
Construcción e instalación de un dispositivo de medición de infiltraciones.
(Cortesía del DOE de Canadá)

FIGURA 6.12 :
Inserción del tapón de goma, llenado con agua subterránea y toma de muestras de la bolsa del medidor de infiltración.
(Cortesía del DOE de Canadá)



5. Compactar el resto del sustrato alrededor del cubo para formar un sello lo más natural posible.
6. A ser posible, dejar que el cubo y el flujo de agua subterránea se equilibren durante 24 horas.
7. Sujetar el extremo abierto de la bolsa de plástico a la tubería de plástico utilizando la goma elástica para asegurar la bolsa a la tubería. Comprobar que el líquido que entra en el fondo del tapón solo pasa al tubo y posteriormente a la bolsa de plástico.

8. Desinflar la bolsa y mantenerla desinflada mientras se introduce el tapón de goma en el agujero del cubo.
9. Anotar la hora en la que se insertó el tapón de goma.
10. Recogida de una muestra mediante el medidor de infiltración: La presión del agua subterránea ascendente hará que el agua entre por el extremo abierto invertido del cubo y subirá por el tubo para inflar la bolsa de plástico. Según el flujo de agua subterránea, este proceso puede tardar de varios minutos a varios días. La muestra debe recogerse retirando todo el conjunto de tapón y bolsa, teniendo cuidado de que el agua a temperatura ambiente de la corriente no entre en el tapón de goma.
11. Anotar la hora en el que se retiró la bolsa del medidor de infiltración.
12. Verter la muestra de la bolsa en un frasco de muestras según el tipo de análisis requerido. Ver **SECCIÓN 2.9 (VOLUMEN I)**.

ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (VOLUMEN POR UNIDAD DE SUPERFICIE DEL FONDO DE LA CORRIENTE)

Para estimar la velocidad del caudal de agua subterránea en la bolsa, se debe verter el agua de la bolsa en el recipiente graduado y anotar el volumen.

Calcular el caudal del agua subterránea mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal del agua subterránea} \left(\frac{\text{litros}}{\text{Superficie} \times \text{tiempo}} \right) = F = \frac{V}{T} \times \frac{1}{A}$$

V = Volumen de agua (litros) recogidos en la bolsa

T = Tiempo (horas o minutos) para recoger el volumen de agua en la bolsa

A = Superficie del fondo del cubo (m²)

CALCULAR LA CARGA DE CONTAMINANTES EN EL CUERPO DE AGUA

Utilizar la siguiente fórmula para calcular la carga de contaminantes en el cuerpo de agua.

$$\text{Carga de contaminantes} \left(\frac{\text{carga}}{\text{tiempo}} \right) = L = \frac{V}{T} \times \frac{1}{A} \times C \times A_s$$

V = Volumen de agua recogida (litros)

T = Tiempo (horas) para recoger el volumen de agua en la bolsa

A = superficie del fondo del cubo (m²)

Área de la corriente afectada (m²)

C = Concentración (por ejemplo, µg/l)

Ejemplo: Supongamos que se han recogido 2 litros de líquido en la bolsa adherida al cubo para medir la infiltración a lo largo de 6,5 horas, que la base del cubo mide 0,1 m², que la concentración de selenio es de 32 µg/l y que el área de la corriente afectada estimada es de 15 m².

$$\text{Carga de contaminantes} \left(\frac{\text{carga}}{\text{tiempo}} \right) = L = \frac{2}{6.5} \times \frac{1}{0.1} \times 32 \times 15 = 1470 \mu\text{g selenio/h}$$



6.7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS POCO PROFUNDAS - PIEZÓMETROS

Las muestras de aguas subterráneas poco profundas pueden recogerse mediante el uso de piezómetros, que pueden ser tubos de plástico (normalmente de cloruro de polivinilo, PVC) o de acero inoxidable con ranuras cortadas en el tubo o con puntas que tienen ranuras u orificios cribados que permiten que el agua entre por la punta después de introducirlo en el suelo. El tipo de material utilizado para fabricar el piezómetro dependerá del tipo de análisis, del tipo de suelo, de la profundidad del agua subterránea y del método de introducción en el suelo. Por su solidez, resistencia a la corrosión y facilidad de descontaminación, el acero inoxidable es el mejor material para ello.



FIGURA 6.13 :
Instalación de piezómetros poco profundos mediante un martillo de inercia y medición de la elevación de las aguas subterráneas.
(Cortesía del DOE de Canadá)

El método utilizado para recoger muestras de agua con un piezómetro depende del diámetro del tubo exterior del piezómetro y de la fabricación de la punta del mismo. Las puntas de piezómetro más corrientes tienen una boquilla a la que se puede acoplar un tubo de bombeo de 3 a 10 mm de diámetro interior. El tubo de bombeo pasa por el interior del tubo del piezómetro hasta la superficie y sale por un puerto de salida o por la parte superior del tubo del piezómetro. Se puede acoplar una bomba peristáltica al tubo de bombeo y la mayoría de las bombas pueden extraer hasta 6 metros de volumen.



FIGURA 6.14 :
Muestra tomada de un piezómetro poco profundo utilizando una bomba peristáltica.
(Cortesía del DOE de Canadá)

EQUIPAMIENTO

- Tubos para el piezómetro;
- conectores;
- tubo de derivación;
- puntas de piezómetros;
- martillo o martillo deslizante y almohadilla de percusión;
- bomba peristáltica;
- tubo de bombeo adecuado;
- botellas y conservantes (consultar la **SECCIÓN 2.9.2 EN EL VOLUMEN I**);
- sonda multímetro que pueda verificar la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto o kits de prueba;
- recipiente para almacenar el agua de purga contaminada.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Enroscar el tubo de bombeo y fijarlo en la punta del piezómetro, después enroscar la(s) tubería(s) en la punta.
2. Introducir el piezómetro montado en el suelo o en el sedimento de la orilla hasta la profundidad deseada para alcanzar el agua subterránea.
3. Conectar la bomba peristáltica y bombear el agua subterránea inicialmente perturbada por el piezómetro. Calcular el volumen en el tubo y, si es posible (dependiendo del caudal de agua subterránea en el piezómetro), purgar al menos 3 veces ese volumen del tubo.
4. Comprobar que el líquido de purga contiene pocos sólidos en suspensión.
5. Comprobar que el pH, la temperatura y la conductividad son estables.
6. Dejar que el piezómetro se equilibre de 4 a 24 horas.
7. Recoger una muestra de agua subterránea. Conectar la bomba peristáltica o utilizar un achicador, recoger una muestra y conservarla según los requisitos del tipo de análisis. (Ver **SECCIÓN 2.9, VOLUMEN I**).



6.7.3 MUESTRO DEL AGUA SUBTERRÁNEA PROFUNDA

La instalación y el funcionamiento de los pozos de aguas subterráneas profundas son, por lo general, mucho más complejos que los pozos manuales poco profundos, por lo que este manual no tratará la instalación de los pozos profundos. Los pozos profundos suelen requerir un equipo de perforación eléctrico y herramientas especiales para perforar e instalar una tubería de revestimiento para formar el tubo exterior. Alternativamente, pueden componerse de un tubo exterior para formar una pared y un tubo interior para formar el conducto de extracción de agua.

Los pozos pueden requerir filtros y unidades de sellado a varias profundidades para alcanzar las estructuras del suelo que pueden dejar filtrar las aguas subterráneas y los contaminantes que estas contengan. El muestreo de estos pozos suele efectuarse con dos tipos de muestreadores: el muestreo pasivo (sin bomba) y el muestreo activo (con bomba).

6.7.4 AGUAS SUBTERRÁNEAS PROFUNDAS - MUESTREADORES POR DIFUSIÓN Y MUESTREADORES DE VÁLVULA DE RETENCIÓN

El muestreo pasivo (sin bomba) recoge los contaminantes de las aguas subterráneas por difusión o mediante un tubo extensible con válvulas de retención. La ventaja de este método reside en que no es necesario purgar el pozo antes de recoger una muestra, por lo que se eliminan los costes asociados al operador y al equipo para purgar y almacenar el agua subterránea contaminada y, en última instancia, los costes para eliminar adecuadamente el agua de purga contaminada. Para todos los métodos de bombeo, el muestreador pasivo o los tubos de las bombas eléctricas deben usarse en un solo pozo para así evitar la contaminación cruzada con otros pozos.

EQUIPAMIENTO

- Tubo de bombeo adecuado (normalmente de polietileno para metales o sales, o de teflón para sustancias orgánicas);
- botellas y conservantes (consultar **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I**);
- sonda multímetro que pueda verificar la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto o kits de prueba;
- recipiente para almacenar el agua de purga contaminada, y
- muestreador:
 - muestreador por difusión,
 - muestreador de válvula de retención,
 - bomba con válvula de retención,
 - bomba peristáltica, o
 - bomba de desplazamiento positivo.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO - MUESTREADOR POR DIFUSIÓN

Los muestreadores por difusión están compuestos de una bolsa longitudinal de poco diámetro para que puedan bajar por el pozo. Normalmente, tiene un diámetro de 25 a 50 mm y están llenos de agua destilada o desionizada.

1. El muestreador por difusión lleno de agua se suspende con un cordel o cuerda y se baja hasta la profundidad predeterminada adyacente al filtro del pozo.
2. La elevada concentración de contaminantes en el pozo da lugar a un gradiente de concentración que hace que los contaminantes se dispersen desde el agua del pozo hacia la bolsa hasta que la concentración dentro y fuera de la bolsa es igual.
3. Después de un tiempo predeterminado (consultar las instrucciones del fabricante), retirar la bolsa del pozo, perforarla y verter el agua en el recipiente de muestras recomendado y conservar. Ver **SECCIÓN 2.9 (VOLUMEN I)**.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO - MUESTREADOR DE VÁLVULA DE RETENCIÓN

Los muestreadores de válvula de retención se componen de una bolsa longitudinal de poco diámetro para que puedan bajar por el pozo. Tiene un extremo cerrado en la parte inferior al que se une un peso (normalmente de acero inoxidable). El extremo superior de la bolsa tiene una válvula de retención de una vía que permite que el agua entre en la bolsa al tirar rápidamente hacia arriba.

1. El muestreador de la válvula de retención se suspende de un cordel o cuerda y se baja hasta la profundidad predeterminada justo en el filtro del pozo o por debajo de él.
2. A continuación, se debe sacar el muestreador hacia arriba para que la válvula de retención se abra y permita que entre el agua en el muestreador hasta que esté lleno. Si se trata de una válvula de tipo bomba, la válvula de retención sube y baja varias veces, cuando baja permite que entre el agua y cuando sube empuja la bola hacia el fondo y bombea el agua hacia el tubo.

6.7.5 AGUAS SUBTERRÁNEAS PROFUNDAS - MUESTREO ACTIVO CON BOMBA

Los muestreadores activos con bomba se presentan en tres formatos: una bomba de desplazamiento positivo (válvula de retención) manual y portátil, una bomba peristáltica eléctrica y una bomba centrífuga eléctrica. Para cada uno de estos tipos de bomba se debe purgar el pozo mediante el bombeo de un determinado volumen (normalmente tres veces el volumen del pozo) antes de que se pueda recoger una muestra. Para ello es necesario recoger y eliminar adecuadamente las aguas subterráneas contaminadas.



Muestreador de acero inoxidable con válvula de retención (utiliza una válvula de bola) insertado en un pozo de agua subterránea.

Muestreador de PVC con válvula de retención (utiliza una válvula de bola) insertado en un pozo de agua subterránea.

Un muestreador con válvula antirretorno y pantalla de acero inoxidable, activado por difusión o succión, insertado en un pozo de agua subterránea.

Muestreador de acero inoxidable con válvula de retención insertado en un tubo de polietileno y luego en un pozo de agua subterránea.

FIGURA 6.15 :
Bombas con válvula antirretorno y filtro de aspiración que pueden utilizarse para extraer agua subterránea de los piezómetros.
(Cortesía del DOE de Canadá)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO - BOMBA CON VÁLVULA DE RETENCIÓN

1. Este tipo de bombas tienen una pequeña válvula de retención que se conecta a un tramo de tubo (normalmente de polietileno o teflón).
2. Descender y subir la bomba sucesivamente hasta el nivel de filtro deseado, repetir este proceso varias veces. Cuando la válvula de retención desciende, el agua entra en el fondo del tubo; cuando sube, se abre.
3. La acción de subir y bajar varias veces permite que el agua suba a la superficie, donde se bombea al recipiente adecuado para proceder a su conservación. **VER SECCIÓN 2.9 (VOLUMEN I).**

**PROCEDIMIENTO SUGERIDO – BOMBA PERSISTÁLTICA ELÉCTRICA**

Las bombas peristálticas están compuestas de un tubo flexible conectado a un tramo de tubo (normalmente de polietileno o teflón).

1. Descender el tubo hasta el nivel de filtro deseado y encender la bomba. La bomba funciona por succión en la superficie y suele estar limitada a unos 6 metros de volumen.
2. El bombeo sigue haciendo subir el nivel de agua en el tubo hasta la superficie donde se bombea al recipiente adecuado para proceder a su conservación.
3. Las bombas pueden ser utilizadas en varios pozos, sin embargo, el tubo solo puede ser usado en un único pozo. Por consiguiente, para el próximo pozo, se debe desconectar y sustituirlo.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO – BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO DE ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

Las bombas de desplazamiento positivo de accionamiento eléctrico tienen un tubo conectado.

1. La bomba, con el cable de alimentación y el tubo conectado, se introduce en el pozo hasta la profundidad deseada.
2. La bomba se enciende y el agua se bombea a la superficie. Como funcionan por desplazamiento positivo, pueden utilizarse en pozos más profundos.
3. El bombeo sigue haciendo subir el nivel de agua en el tubo hasta la superficie donde se bombea al recipiente adecuado para proceder a su conservación.

6.7.6 AGUA INTERSTICIAL CON SEDIMENTOS (ZONAS DE AGUAS POCO PROFUNDAS)

El agua intersticial con sedimentos se refiere al agua que llena los espacios de los poros entre las partículas del sedimento. Un muestreador de agua intersticial permite tomar una muestra del agua antes de que se mezcle con el agua suprayacente. El diseño del muestreador depende de la profundidad del agua suprayacente. Esta sección se refiere a las zonas de aguas poco profundas que se pueden muestrear por vadeo o desde una embarcación en aguas poco profundas. Se toman muestras del agua intersticial para detectar cualquier compuesto químico que pueda contaminarla, normalmente metales pesados, disolventes orgánicos y compuestos orgánicos volátiles (COV).

Un muestreador de agua intersticial para zonas poco profundas suele estar compuesto de un tubo de acero inoxidable con una punta de piezómetro en el extremo. Algunos modelos tienen una varilla de empuje central que se inserta en el tubo de acero inoxidable. La varilla de empuje se utiliza para introducir el muestreador en el sedimento del fondo. Tras la inserción, se extrae la varilla de empuje y el tubo del muestreador se conecta a un tubo de bombeo y a una bomba o a una jeringa.

6.7.7 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN AGUA INTERSTICIAL CON SEDIMENTOS

EQUIPAMIENTO

- Equipo de seguridad adecuado para protegerse de los COV;
- muestreador de agua intersticial (limpio de compuestos orgánicos);
- plataforma de muestreo;
- bomba peristáltica o jeringa;
- tubo para bomba peristáltica o jeringa;
- contenedor de muestras con cierre (viales de vidrio de 40 ml con septos de teflón) y herramienta de sellado.

PRODECIMIENTO DE INSTALACIÓN Y MUESTREO

1. Para reducir o evitar la entrada de agua superficial en los puertos de muestreo, se puede colocar una plataforma en el sedimento por el que se encuentra introducido el muestreador. La plataforma debe estar lo más ajustada posible.
2. Introducir el muestreador de agua intersticial usando la varilla de empuje. Extraer la varilla de empuje cuando haya alcanzado la profundidad deseada.
3. Fijar el tubo al recogedor de muestras y a la bomba peristáltica.
4. Purgar suficiente agua intersticial para eliminar el agua de la superficie.
5. Recoger la muestra en los viales de vidrio de 40 ml hasta que estén completamente llenos con un menisco de tensión superficial. Sellar con el septo de teflón para que no haya espacio libre en el vial.
6. Invertir el vial y dar un golpecito para asegurarse de que no quedan burbujas de agua.
7. Almacenar la muestra en un recipiente fresco y seco, y enviarlo a analizar.

En vez de utilizar una bomba peristáltica se puede utilizar una jeringa conectada al tubo de muestreo para recoger la muestra.

6.7.8 METALES PESADOS Y SUSTANCIAS QUÍMICAS NO VOLÁTILES EN AGUAS INTERSTICIALES DE SEDIMENTOS

EQUIPAMIENTOÉQUIPEMENT DE SÉCURITÉ APPROPRIÉ POUR PROTÉGER CONTRE LES MÉTAUX LOURDS ;

- Equipo de seguridad adecuado para protegerse de los metales pesados;
- muestreador de agua intersticial (limpio de compuestos orgánicos o metálicos);
- brida o plataforma de muestreo;
- bomba peristáltica o jeringa;
- tubo para bomba peristáltica o jeringa;
- termo con conectores;
- filtros en línea conectados al tubo de extracción;
- contenedor de muestras con cierre (viales de vidrio de 40 ml con septos de teflón) y herramienta de sellado.

PRODECIMIENTO DE INSTALACIÓN Y MUESTREO

1. Para reducir o evitar la entrada de agua superficial en los puertos de muestreo, se puede colocar una brida en el sedimento por el que se encuentra introducido el muestreador. La brida debe estar lo más ajustada posible.
2. Introducir el muestreador de agua intersticial usando la varilla de empuje. Extraer la varilla de empuje cuando haya alcanzado la profundidad deseada.
3. Fijar el tubo al recogedor de muestras.



4. Colocar los filtros en línea para obtener muestras de metales disueltos.
5. Conectar el tubo después del filtro a un termo. El termo permite recoger el líquido en el frasco y evitar la contaminación del tubo de la bomba peristáltica y de la bomba.
6. Purgar suficiente agua de poro para que se elimine el agua de la superficie.
7. Fijar un termo limpio y recoger la muestra.
8. Transferir la muestra del termo al contenedor de muestras y conservarla de acuerdo con los requisitos establecidos. Consultar la **SECCIÓN 2.9.2 (VOLUMEN I)**.
9. Almacenar la muestra en un recipiente fresco y seco un refrigerador, por ejemplo) y enviarlo a analizar.
10. En vez de utilizar una bomba peristáltica se puede utilizar una jeringa conectada al tubo de muestreo para recoger la muestra. En ese caso, la muestra se debe conservar en la jeringa o transferir a una botella de muestra adecuada. (Consultar la **SECCIÓN 6.7.9 Y LA FIGURA 6.16**)
Para más información, consultar el documento USEPA, SESD Operating Procedure, Pore Water Sampling, SESDPROC-513-R0, Pore Water Sampling_AF.R0.coc, 5 de febrero de 2007.

AGUA INTERSTICIAL EN MUESTRAS DE SEDIMENTOS

1. Recoger una muestra de sedimento utilizando técnicas para el muestreo de sedimentos.
2. Someter la muestra a una centrifugación para extraer el agua intersticial.

6.7.9 MUESTREO DE AGUA PARA DETECTAR LA PRESENCIA DE METALES PESADOS (TOTALES, EXTRAÍBLES Y DISUELTOS)

El análisis de metales pesados permite determinar su capacidad para causar daños medioambientales. Los procedimientos de muestreo se llevan a cabo para permitir detectar la presencia de metales totales, extraíbles y disueltos.

6.7.9.1 Metales pesados - totales y extraíbles

Los metales totales incluyen los metales que están unidos a las partículas en el agua, así como los metales disueltos que están cargados eléctricamente y flotan libremente en el agua o están disueltos en ella. Los metales extraíbles se analizarán mediante la digestión de la muestra en ácido caliente y diluido para extraer los metales que se absorben ligeramente en las partículas de la muestra. Los metales totales se analizan mediante la digestión completa de todas las partículas de la muestra. Por lo tanto, las muestras para detectar los metales pesados totales y extraíbles no necesitan ser filtrados, a diferencia de las muestras para detectar los metales disueltos que se deben filtrar antes de que ser conservadas en ácido nítrico.

EQUIPAMIENTO

- Botellas de muestra (consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I**).
- Conservante a base de ácido nítrico (ver SECCIÓN 2.9.2, Volumen I). Para minimizar el riesgo asociado a la manipulación del ácido nítrico, obtener frascos pequeños que contengan el volumen de ácido apropiado para una sola dosis que se debe verter en el frasco de muestreo. Estos pueden obtenerse en los laboratorios de análisis.
- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y conservantes a base de ácido nítrico (protección ocular, guantes, mono de trabajo).
- Papel indicador de pH.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

Obtener la muestra representativa utilizando la técnica apropiada y dejando suficiente espacio en el fondo de la muestra para añadir el conservante de ácido nítrico.

Nota: los metales pesados totales y extraíbles no necesitan ser filtrados antes de conservar la muestra en ácido nítrico. El ácido nítrico evita que los metales disueltos en la muestra se depositen en las paredes internas del recipiente de la muestra.

Añadir el volumen indicado de conservante de ácido nítrico a la muestra.

6.7.9.2 Metales pesados - Disueltos**EQUIPAMIENTO**

- Botellas de muestra (VER TABLA 2.9.2, VOLUMEN I).
- Conservante a base de ácido nítrico (VER TABLA 2.9.2 VOLUMEN I).
- Para minimizar el riesgo asociado a la manipulación de ácido nítrico, obtener frascos pequeños con el volumen apropiado de ácido para una sola dosis para verter en el frasco de muestreo. Estos pueden obtenerse en los laboratorios de análisis.
- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y conservantes a base de ácido nítrico (protección ocular, guantes, mono de trabajo).

Nota: Cuando hay que recoger un pequeño número de muestras y resulta difícil obtener un suministro de energía eléctrica, puede ser apropiado utilizar un sistema de filtración con jeringa.

EQUIPO PORTÁTIL DE FILTRACIÓN

- Jeringa de plástico de 50 cc (cm³) que pueda acoplar un filtro de jeringa de 0,45 micras (µm) y
- filtros de jeringa de 0,45 micras (µm).

PROCEDIMIENTO SUGERIDO - FILTRACIÓN PORTÁTIL

1. La jeringa de plástico de 50 cc se puede llenar colocando el filtro de jeringa de 0,45 micras y succionando el agua por el filtro hacia la jeringa. A continuación, se debe retirar el filtro y el agua filtrada se vierte en el recipiente de muestras adecuado; o
2. La jeringa de plástico de 50 cc se puede llenar primero succionando el agua hacia la jeringa y después colocando el filtro de jeringa de 0,45 micras y pasando el agua a través del filtro hacia el recipiente de muestra adecuado.

EQUIPO DE FILTRACIÓN CON BOMBA DE VACÍO

- Bomba de vacío con aparato de filtración de agua;
 - filtros de disco de bomba de vacío de 0,45 micras;
 - pinzas de acero inoxidable para sujetar los filtros de disco;
 - cables eléctricos;
 - fuente de alimentación eléctrica compatible con la bomba de vacío;
 - volumen suficiente de agua destilada o desionizada para limpiar el equipo de filtración entre muestras.
- Nota:** Cuando sea posible, usar filtros desechables para minimizar el riesgo de contaminación cruzada.
- botellas flexibles o frascos lavadores para contener el agua de enjuague;
 - contenedores de residuos que puedan contener agua de enjuague contaminada.



FIGURA 6.16 :
Jeringa y filtro de 0,45 micras para
tomar una muestra de agua para el
análisis de metales disueltos.
(Cortesía del DOE de Canadá)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO - FILTRACIÓN POR BOMBA DE VACÍO

1. Lavar y montar el aparato de filtración al vacío según las instrucciones del fabricante.
2. Introducir los filtros de disco de bomba de vacío de 0,45 micras en el soporte.
3. Recoger la muestra según el protocolo de muestreo y asegurarse de que está bien mezclada antes de verterla en el embudo de filtrado al vacío.
4. Filtrar la muestra y verterla en el recipiente de muestras dejando espacio suficiente en el frasco de muestras para añadir el conservante de ácido nítrico.
5. Conservar la muestra en ácido nítrico.
Consultar la **SECCIÓN 2.9.2. VOLUMEN I.**
6. Lavar y limpiar el equipo de filtración al vacío antes de filtrar la siguiente muestra.

6.8 MUESTREO PARA BIOENSAYO

Las muestras de agua para los bioensayos (ensayos biológicos) se efectúan en muestras de menos de un litro para detectar la presencia de pequeños organismos acuáticos, como la *Daphnia magna* (pulga de agua), o de hasta 40 litros para detectar la presencia de peces pequeños, como la trucha arco iris, el salmón, el pececillo de cabeza gorda u otras especies autóctonas.

6.8.1 6.8.1 MUESTRAS DE AGUA PARA BIOENSAYOS EN ORGANISMOS VIVOS

Los bioensayos se efectúan generalmente para comprobar los efectos de los productos químicos en organismos vivos. Por lo general, es más fácil para el sistema judicial entender que cierto producto mató a un organismo o le causó deformidades que otro tipo de información química o biológica. Por lo tanto, los ensayos biológicos suelen ser clave en una investigación judicial sobre el medioambiente.

El tipo de procedimiento experimental también depende de la información necesaria, ya que el objetivo de la prueba puede ser evaluar el impacto en la eclosión, el crecimiento o la supervivencia, tanto a corto como a largo plazo. El tipo de organismo depende del tipo de tóxico, de la disponibilidad del organismo, de la legislación y del precedente legal de uso de los organismos. Los organismos que se utilizan normalmente son peces juveniles, ranas, mariscos, la *Daphnia magna* (pulga de agua) y bacterias luminiscentes. Generalmente, el organismo elegido para los ensayos es una especie fácilmente disponible en la región y que puede criarse en condiciones de laboratorio. El tamaño de la muestra que debe recogerse dependerá de los requisitos del laboratorio para realizar la prueba.

FIGURA 6.17:
Los bioensayos (tiempo letal de 96 horas (TL₅₀) o concentración letal (LC₅₀)) pueden utilizar pequeños peces en tanques de 40 litros o pequeños cladóceros u otros organismos en vasos de precipitados para controlar la toxicidad de los efluentes o sedimentos.



6.8.2 6.8.2 BIOENSAYO DE TOXICIDAD AGUDA - TIEMPO LETAL 50 (TL₅₀) EN 96 HORAS

La prueba de tiempo letal 50 con un tiempo de exposición del organismo de prueba de 96 horas (o TL₅₀-96h) pretende responder a la pregunta: ¿es la muestra extremadamente tóxica? Esta prueba se suele utilizar como una prueba básica para controlar la toxicidad para los peces y el cumplimiento de los límites legales. La toxicidad aguda de una solución con una concentración del 100 % puede comprobarse exponiendo a los organismos, por ejemplo, peces jóvenes, durante un período de tiempo determinado. El término 96 horas LT50 hace referencia al tiempo que tarda en morir el 50% de los organismos cuando se exponen a una muestra durante un tiempo máximo de 96 horas. Según los criterios que se van a analizar, el tiempo de exposición puede variar en función del protocolo legal exigido.



EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE BIOENSAYO DE CL50 A 96 HORAS EN PECES.

1. Recoger una muestra de 45L en un recipiente limpio de plástico.
2. Efectuar el análisis respetando el periodo de conservación previsto. Ver **TABLA 2.9.2.3, VOLUMEN I**.
3. Llenar una pecera de 40L con agua de control.
4. Llenar una pecera de 40L con agua de muestra bien mezclada.
5. Comprobar la conductividad y el pH de las dos peceras.
6. Airear bien ambas peceras para garantizar que el agotamiento del oxígeno no es un problema.
7. Permitir que las dos peceras alcancen una temperatura normal.
8. Colocar diez peces de una especie y un tamaño determinados en cada pecera en condiciones de luz controladas.
9. No alimentar a los peces durante la prueba, observarlos a intervalos específicos y anotar cualquier signo de estrés que presenten o la mortalidad.
10. Realizar la prueba en la pecera durante 96 horas.
11. La prueba en la pecera para la muestra continúa durante 96 horas o hasta que el 50% o más de los peces mueren.
12. Registrar los resultados como «tiempo necesario para que muera al menos el 50% de los peces».

6.8.3 BIOENSAYO DE TOXICIDAD AGUDA - CONCENTRACIÓN LETAL 50 (CL 50) EN 96 HORAS

Las pruebas de concentración letal 50 a 96 horas (CL50-96 h) pretende responder a la pregunta: ¿a qué concentración la muestra es extremadamente tóxica? La toxicidad aguda se define como un umbral de mortalidad de al menos el 50% de los organismos de prueba. Para comprobar la toxicidad aguda de una solución con varias concentraciones se expone un organismo a dicha solución, por ejemplo, un pez joven, durante un período de tiempo determinado.

El término de concentración letal 50 (CL50) de 96 horas significa la concentración necesaria para que el 50% de los organismos mueran tras haber sido expuestos a una concentración específica de la muestra durante 96 horas.

Este tipo de prueba es más cara que la prueba LT50 de 96 horas porque, normalmente, se usan al menos cuatro o cinco concentraciones (por ej. 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %) de la muestra, además de una muestra de control. Por lo tanto, este ensayo requiere la recogida de una muestra mucho mayor y, en consecuencia, un mayor número de recipientes, organismos, espacio y tiempo de análisis. Por lo general, los resultados se representan gráficamente para determinar estadísticamente la concentración estimada a la que sobrevivirían el 50% de los organismos de prueba durante 96 horas de exposición. Según los criterios que se van a analizar, el tiempo de exposición puede variar.

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE BIOENSAYO DE CONCENTRACIÓN LETAL 50 (LC) A 96 HORAS EN PECES

1. Recoger una muestra de 90L en un recipiente limpio de plástico.
2. Llenar una pecera de 40L con agua de control.
3. Llenar cinco peceras de 40L con agua de muestra bien mezclada a una concentración de muestra del 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %.

4. Comprobar la conductividad y el pH de todas las peceras.
5. Airear bien todas peceras para garantizar que el agotamiento del oxígeno no es un problema.
6. Permitir que todas las peceras alcancen una temperatura normal.
7. Colocar diez peces de una especie y un tamaño determinados en cada pecera en condiciones de luz controladas.
8. No alimentar a los peces durante la prueba, observarlos a intervalos específicos y anotar cualquier signo de estrés que presenten o la mortalidad.
9. Realizar la prueba en la pecera durante 96 horas.
10. Continuar la prueba en la pecera para la muestra durante 96 horas o hasta que el 50% o más de los peces mueren.
11. Registrar los resultados como concentración para que muera al menos el 50% de los peces en 96 horas.

6.8.4 BIOENSAYOS EN ETAPAS DE VIDA TEMPRANAS

Los bioensayos en las primeras etapas de vida pretenden responder a la pregunta: ¿provocará la muestra un cambio en el desarrollo de la fase inicial de vida de un organismo? Normalmente, las primeras etapas de vida de los organismos son las más vulnerables a la contaminación. Por lo tanto, se necesitan protocolos para que se pueda exponer un organismo a un contaminante y a una muestra de control durante un período de tiempo determinado.

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE UN BIOENSAYO CON PECES, RANAS Y AVES EN LAS PRIMERAS ETAPAS DE VIDA

1. Si el organismo requiere que el agua fluya a su alrededor, entonces se debe recoger un gran volumen de muestra (1000 l o más) en recipientes de plástico limpios.
2. Algunos bioensayos de etapa de vida temprana, como el de la toxicidad del selenio para los peces y las ranas, no requieren un gran volumen de efluente ya que los huevos tienen selenio y, por lo tanto, solo se necesita una fuente de agua limpia para criar los huevos hasta el final de las etapas de vida temprana, como la eclosión o la absorción de la yema.
3. Comprobar la conductividad y el pH de todas las fuentes de agua.
4. Airear bien todas las fuentes de agua para que el agotamiento del oxígeno no sea un problema.
5. Dejar que todas las fuentes de agua alcancen una temperatura normal.
6. Un conjunto de 100 huevos de peces recién fecundados se colocan en bandejas de incubación y se exponen a un flujo de agua de control en condiciones de luz controladas.
7. Un conjunto de 100 huevos de peces recién fecundados se colocan en bandejas de incubación y se exponen a un flujo de concentración de muestra del 100 %.
8. Continuar la prueba en la pecera de control durante 30 días hasta que los huevos eclosionen y los peces absorban los sacos vitelinos. Cada día se deben retirar los huevos muertos y los peces y las ranas que acaban de nacer.
9. Continuar as pruebas con las muestras durante 30 días hasta que los huevos eclosionen y los peces o las ranas absorban los sacos de vitelinos. Cada día se deben retirar los huevos muertos y los peces y las ranas que acaban de nacer.
10. Registrar los resultados en forma de porcentaje de supervivencia o de defectos específicos, como deformidades espinales o craneales, en función de los criterios de la prueba.



Para más información sobre los bioensayos con peces, consultar:

El sitio web de Environment Canada:

Wildlife Science and Technology, Biological Test Method Series:

<http://www.ec.gc.ca/faunescience-wildlifescience/default.asp?lang=Fr&n=0BB80E7B-1>

El sitio web de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos:

Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms:

http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/wet/upload/2007_07_10_methods_wet_disk2_atx.pdf





7

**MUESTRO DE SUPERFICIES
SÓLIDAS, DE SEDIMENTOS Y
SUELOS SEDIMENTOS
ET DE SOLS**

Muestreo de superficies sólidas, de sedimentos y suelos

94

El muestreo de superficies sólidas puede ser necesario para medir el nivel de emisiones de un incendio, de las chimeneas de gas o los derrames químicos que se adhieren o impregnan las superficies. La técnica utilizada para recoger la muestra dependerá del tipo de material depositado o impregnado en la superficie y de las características de la misma.

7.1 MUESTREO DE SUPERFICIES SÓLIDAS

7.1.1 MUESTREO POR FROTIS

La toma de muestras de superficies sólidas se puede efectuar mediante técnicas de muestreo por frotis. Se pueden aplicar estas técnicas a superficies metálicas y de cristal, cornisas de ventanas y cualquier estructura sujeta a precipitaciones atmosféricas. La muestra se digiere con ácido para los metales, o se extrae con disolvente para las sustancias orgánicas.

FIGURA 7.1:

Muestras de frotis o hisopos con una plantilla de 100 cm², disolvente y pinzas. (Cortesía De Genesis Environmental Sciences Ltd.)



1. La precipitación de un incendio de residuos puede dar lugar a que el hollín contaminado se deposite en una amplia zona.
2. Utilice un hisopo de algodón de 10 cm por 10 cm y un disolvente (hexano para los productos orgánicos o ácido nítrico para los metales) y limpie todo el hollín en un área de 10 cm por 10 cm.
3. Coloque la almohadilla contaminada en un frasco de muestras de vidrio (vidrio ámbar para sustancias orgánicas; vidrio transparente para metales).
4. La muestra se digiere con ácido en el caso de los metales o se extrae con disolvente en el caso de los orgánicos.

**EQUIPAMIENTO**

- Botellas de muestras según el tipo de contaminante, pero suelen ser frascos de vidrio de boca ancha con tapas forradas de papel de aluminio o de teflón. Consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I**.
- Pinzas de acero inoxidable previamente lavadas y envueltas en papel de aluminio.
- Cucharas de muestreo de acero inoxidable previamente lavadas y envueltas en papel de aluminio.
- Disolvente para metales pesados. Para recoger muestras de superficie que contengan metales pesados, se debe utilizar una solución diluida de ácido nítrico de calidad para el análisis. Para minimizar el riesgo asociado a la manipulación del ácido nítrico, se debe obtener una muestra de la menor cantidad posible del laboratorio.
- Disolvente para compuestos orgánicos. Para recoger muestras de superficie que contengan compuestos orgánicos (a base de carbono), se debe utilizar el hexano de grado analítico. Debido a su inflamabilidad, obtener una muestra de la menor cantidad posible del laboratorio.
- Disolventes para superficies pintadas o enceradas: El hexano puede degradar las superficies pintadas o enceradas al extraer los compuestos de la pintura y contaminar la muestra. Por lo tanto, puede ser necesario utilizar alcohol propílico de grado reactivo o agua desionizada como sustituto.
- Compresas absorbentes. Deben ser de algodón de calidad analítica y de un tamaño que pueda utilizarse fácilmente para el cálculo analítico. Los tamaños más comunes son de 10 cm x 10 cm o de 25 cm x 25 cm. Obtener estas compresas del laboratorio o de las empresas de suministros analíticos. **Nota:** Las compresas estériles, como las vendas que se venden en farmacia, pueden ser adecuadas, pero no deben estar hechas de materiales sintéticos para no interferir en el proceso de extracción y análisis. Se recomienda incluir siempre una compresa no contaminada en un frasco de vidrio separado como muestra de control.
- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales, sustancias orgánicas y disolventes a base de ácido nítrico o hexano (protección ocular, guantes, mono de trabajo).
- Hojas de cartón finas y limpias de al menos 30 cm x 30 cm.
- Tijeras o navaja de afeitar.
- Cinta métrica.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. La zona de muestreo puede marcarse visualmente con una cinta métrica o utilizando las tijeras o la navaja de afeitar para recortar una plantilla cuadrada en la hoja fina de cartón. El cuadrado puede ser de cualquier tamaño, pero se recomienda que sea un múltiplo del tamaño de la compresa absorbente, por ejemplo, para compresas de 10 cm x 10 cm, cortar un cuadrado de 10 cm x 10 cm o 20 cm x 20 cm.
2. Colocar la plantilla de cartón sobre la superficie a muestrear.
3. Utilizar las pinzas de acero inoxidable para sujetar la compresa absorbente.
4. Saturar la compresa con el disolvente adecuado y guardarla en un recipiente de muestras como muestra de control.
5. Saturar una segunda compresa (y las siguientes) con el disolvente adecuado.
6. Colocar la compresa en la superficie dentro de la plantilla de cartón.
7. Utilizar las pinzas de acero inoxidable para pasar la compresa por la superficie de la muestra, primero en una dirección. Dar la vuelta a la compresa y frotarla por la superficie en ángulo recto con respecto a la primera dirección.

8. En caso de que se necesite más de una compresa para eliminar todo el material visible de la zona de la muestra, colocar todas las compresas utilizadas para el mismo lugar de la muestra en el mismo recipiente de muestras.
9. Registrar el tamaño del área de muestra de cada sitio en el cuaderno de notas.

7.1.2 MUESTREO DE VIRUTASX

Las muestras de virutas se pueden recoger utilizando un cincel convencional para eliminar la superficie del material contaminado. Por lo general, se trata de un cincel de acero que puede quitar madera u hormigón. Se puede usar un cincel especialmente diseñado de cuatro caras que sirve como un punzón para marcar o eliminar un cuadrado específico de material. El tamaño del cincel suele ser de 2,5 cm x 2,5 cm u otra dimensión similar. Retirar el material solo hasta la profundidad de saturación. Este tipo de herramienta se utiliza a menudo para los materiales contaminados con BPC.

EQUIPAMIENTO

- Botellas de muestras según el tipo de contaminante, pero suelen ser frascos de vidrio de boca ancha con tapas forradas de papel de aluminio o de teflón. Consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I.**
- Cincel o cinceles descontaminados.
- Martillo, martillo eléctrico o martillo neumático descontaminados.
- Cepillo de cerdas naturales limpio y nuevo.
- Bandeja para recoger polvo que esté limpia y sea nueva.
- Lámina de polietileno limpia (al menos 1,0 m x 1,0 m).
- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales, sustancias orgánicas y disolventes a base de ácido nítrico o hexano (protección ocular, protector auditivo para los ruidos fuertes de los martillos, guantes, mono de trabajo).
- Facultativo: hojas de cartón finas y limpias de al menos 30 cm x 30 cm.
- Tijeras o navaja de afeitar.
- Cinta métrica.
- Rotulador.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Extender la lámina de polietileno limpia sobre la zona a muestrear. Recortar un área apenas mayor que el área de muestreo propuesta. Procurar que no se depositen contaminantes en la superficie superior limpia de la lámina de suelo.
2. Se puede marcar la zona de muestreo con una cinta métrica o una regla y después recortar una plantilla cuadrada en la hoja fina de cartón utilizando las tijeras o la navaja de afeitar. El cuadrado puede ser de cualquier tamaño, pero se recomienda que sea un múltiplo de 10 cm x 10 cm para facilitar los cálculos.
3. La zona debe ser astillada con el martillo y el cincel hasta una profundidad de 3 a 6 mm. Anotar la profundidad a la que se han recogido las virutas. Tomar precauciones para minimizar la dispersión de las virutas. Si es posible, recoger las virutas que caigan en la hoja limpia de polietileno del suelo.
4. Recoger las virutas, incluidas las que caigan en la lámina limpia de polietileno.
5. Desechar los materiales de muestreo contaminados de forma adecuada.



7.1.3 MUESTREO DE BARRIDO O POR ASPIRACIÓN

El muestreo de barrido o por aspiración se utiliza para recoger partículas contaminadas en superficies sólidas que tienen una textura rugosa, como el pavimento, el hormigón o la madera rugosa.

EQUIPAMIENTO

- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y sustancias orgánicas (protección ocular, protector auditivo contra los ruidos producidos por la aspiración, protección respiratoria contra el polvo y los vapores, guantes y mono de trabajo).
- Botellas de muestras según el tipo de contaminante, suelen ser frascos de vidrio de boca ancha con tapas forradas de papel de aluminio o de teflón. Consultar la SECCIÓN 2.9.2, Volumen I.
- Cepillo de cerdas naturales limpio y nuevo.
- Bandeja para recoger polvo que esté limpia y sea nueva.
- Espátula o cuchara de acero inoxidable limpia y nueva.
- Aspirador portátil (a pilas) con cámara de recogida de polvo extraíble y sistema de filtración de partículas de aire de alta eficiencia (HEPA). Un filtro HEPA normalmente elimina el 99,97 % de todas las partículas mayores de 0,3 micrómetros del aire que pasa por el filtro.
- Si no se dispone de un aspirador portátil, es necesario disponer de una fuente de alimentación eléctrica y cables.
- Cinta métrica.
- Rotulador.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Procurar no arrastrar contaminantes dentro o fuera de la zona contaminada.
2. La zona de muestreo se puede marcar visualmente con una cinta métrica o utilizando las tijeras o la navaja de afeitarse para recortar una plantilla cuadrada en la hoja fina de cartón o usar la cinta métrica y el rotulador para marcar el área. El cuadrado puede ser de cualquier tamaño, pero se recomienda que sea un múltiplo de 10 cm x 10 cm para facilitar los cálculos.

Técnica de barrido

1. La zona delimitada debe barrerse lenta y cuidadosamente para minimizar la generación de polvo o evitar que se vuelva a suspender.
2. Recoger la muestra con la bandeja de recogida de polvo y transferirla al contenedor de muestras adecuado.

Técnica por aspiración

1. Aspirar la zona delimitada para minimizar la generación de polvo. Evitar que el tubo de la aspiradora golpee la superficie y vuelva a suspender el polvo. Por este motivo, hay que utilizar un sistema de filtración HEPA.
2. Dejar secar el filtro HEPA y pesarlo antes de su uso para establecer el peso de referencia antes de utilizarlo.
3. Introducir el filtro HEPA y aspirar la zona previamente delimitada.
4. Recoger la muestra del compartimento que capta el polvo y transferirla al recipiente de muestras adecuado utilizando la espátula de acero inoxidable.
5. Limpiar el compartimento que capta el polvo con un cepillo limpio y seco y añadir el polvo en el recipiente de muestras correspondiente.
6. Cambiar el filtro HEPA según las instrucciones del fabricante.

CALCULAR LOS ÍNDICES DE DEPOSICIÓN DE POLVO

1. Guardar el filtro HEPA en un recipiente adecuado, dejarlo secar y pesarlo para obtener el peso seco del material atrapado en el filtro. Restar el

peso limpio del filtro del peso sucio del filtro para obtener la masa de polvo en el filtro.

Por ejemplo:

Peso del filtro con la materia contaminada	= 25,5 g
- Peso del filtro limpio	= 25,0 g
Masa de polvo en el filtro.	= 0,5 g

- Añadir la masa recogida en el filtro a la masa de polvo recogida en el compartimento para obtener la masa total de polvo recogida sobre la superficie marcada.

Por ejemplo:

Masa de polvo en el filtro	= 0,5 g
+ Masa de polvo en el compartimento	= 1,2 g
Masa total de polvo recogido	= 1,7 g

- Dividir la masa total recogida por la superficie total muestreada para obtener el índice de deposición de polvo.

Por ejemplo:

1,7 g de polvo / 200 cm² = 0,0085 g de polvo/ cm²

CALCULAR LOS ÍNDICES DE DEPOSICIÓN DE CONTAMINANTES

- Analizar el polvo para buscar el contaminante deseado (por ejemplo, un metal pesado como el plomo).
- Multiplicar la deposición de polvo por la concentración del contaminante y dividirla por el área total muestreada para obtener la tasa de deposición del contaminante
Por ej. (1,7 g de polvo x 25 µg Pb/g de polvo) / 200 cm² = 0,21 µg Pb/ cm²
- Deseche los materiales de muestreo contaminados de forma adecuada.

7.2 MUESTREO DE SEDIMENTOS

Los sedimentos de las capas superficiales suelen indicar una contaminación reciente. Por ello, los 2 cm superiores suelen ser la capa de mayor interés. La técnica habitual consiste en tomar muestras de la superficie con cucharas o muestreadores de núcleos para aguas poco profundas, o en caso de aguas más profundas, utilizar dragas o muestreadores de núcleos de aguas profundas.

El volumen de sedimento necesario dependerá del uso final. Cada prueba química y biológica requiere una cantidad específica de sedimento. Consultar con el laboratorio para determinar el volumen que se debe recoger y los pasos a seguir para conservar la muestra. Normalmente, las muestras se deben conservar a una temperatura de 4° C o se deben congelar.

CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS

Por lo general, las muestras son partículas finas. El proceso analítico normalmente digiere la muestra en un ácido fuerte. Las piedras y rocas grandes o los restos orgánicos como la madera pueden sesgar los resultados al añadir una gran cantidad de material que, al ser digerido por el ácido, diluye la muestra de sedimento con material del interior de la piedra o roca.

Contactar con el laboratorio para obtener información específica sobre el tamaño máximo de las partículas permitido en la muestra. También se puede recoger la muestra y pedir al laboratorio que seleccione el tamaño de partícula correcto de la muestra y base los resultados analíticos en el tamaño o tamaños de partícula seleccionados. Someter la muestra a



análisis y especificar por peso seco. Dado que la humedad de las muestras de sedimentos puede variar mucho, se recomienda que las concentraciones de contaminantes de la muestra se especifiquen en base al peso seco. El peso seco significa que hay que deshidratar la muestra antes del análisis para poder obtener una base consistente para la medición. Esto permite la comparación entre sitios y según las normas reglamentarias.

EQUIPAMIENTO

- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y sustancias orgánicas (protección ocular, protección respiratoria contra el polvo y los vapores, guantes y mono de trabajo).
- Equipo de seguridad adecuado que incluya botas con puntera de acero,



FIGURA 7.2 :
 Cuando recoja una muestra de sedimento, intente recoger material uniforme y de grano fino. Retire las piedras grandes o los restos leñosos que no puedan ser digeridos.
 (Cortesía del DOE de Canadá)

chalecos salvavidas para trabajar en una embarcación para efectuar el muestreo en aguas profundas y en la costa.

- Botellas de muestras según el tipo de contaminante, suelen ser frascos de vidrio de boca ancha con tapas forradas de papel de aluminio o de teflón. Consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I.**
- Lonas protectoras de polietileno de 1 m x 1 m como mínimo.
- Bandejas de acero inoxidable para colocar las muestras o
- Bandejas de plástico forradas con papel de aluminio o polietileno según el tipo de contaminante.
- Agua destilada o desionizada (para el muestreo de sustancias no orgánicas) en botellas de lavado.
- Acetona o hexano de grado reactivo en botellas de lavado, si el muestreo es para sustancias orgánicas.
- Pinzas de acero inoxidable.
- Escobilla de cerdas para limpiar tubos de muestreo de núcleos.

EQUIPAMIENTO PARA AGUAS POCO PROFUNDAS

- cucharas limpias de acero inoxidable envueltas en papel de aluminio y
- muestreador de núcleos limpio de acero inoxidable.

EQUIPAMIENTO PARA AGUAS PROFUNDAS

- Muestreador de núcleos limpio de acero inoxidable para aguas profundas.
- Dragas limpias de acero inoxidable. Las más comunes son las dragas

Ponar o Ekman capaces de recoger muestras a una profundidad máxima de 8 a 10 cm;

- Embarcación de apoyo con mecanismo de cabrestante que puede operar con seguridad el muestreador de núcleos o la draga. .

7.2.1 MUESTREO DE SEDIMENTOS EN AGUAS POCO PROFUNDAS - CUCHARA DE MUESTREO

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Recoger una muestra con la cuchara de acero inoxidable limpia raspando al menos los 2 cm superiores del sedimento.
2. Drenar cuidadosamente el exceso de líquido minimizando la cantidad de sedimento fino que se pierde.
3. Algunos invertebrados bentónicos se pueden recogerse en la muestra. Consultar con el laboratorio si deben eliminarse. Si hay que hacerlo, utilizar pinzas de acero inoxidable, si es posible.
4. Introducir la muestra en el recipiente de muestras adecuado. Suele haber líquido libre.
5. Sellar el recipiente que contiene la muestra, analizarla y especificar por peso seco.

7.2.2 MUESTREO DE SEDIMENTOS EN AGUAS POCO PROFUNDAS - MUESTREADOR DE CUCHARA PARTIDA

Un muestreador de cuchara partida es un tubo de acero inoxidable que se divide en dos mitades iguales. Para montar el tubo, encajar las dos mitades, colocando un adaptador en un extremo y una punta hueca de perforación en el otro. La longitud del tubo puede variar y se pueden insertar mangas de plástico en función de las necesidades de muestreo. La cuchara partida se introduce en el suelo mediante mecanismos de percusión mecánica o de presión hidráulica. La cuchara partida se puede introducir en los sedimentos de la costa mediante dispositivos como el muestreador KIST. Ver **SECCIÓN 4.4.3.2 Y FIGURA 7.3**

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Recoger una muestra introduciendo el muestreador de núcleos de acero inoxidable limpio a la profundidad adecuada para obtener al menos los 2 cm superiores de sedimento. En función de la historia conocida o supuesta del sitio, se pueden recoger muestras a más profundidad. Anotar en el cuaderno de campo la razón por la que se efectúa un muestreo a mayor profundidad.
2. Repetir el muestreo del núcleo hasta que se haya recogido una muestra suficiente.
3. Depositar el contenido del muestreador de núcleos en recipientes adecuados de vidrio o polietileno adecuados y sellarlos con tapas revestidas de teflón o papel de aluminio.
4. Si es necesario, dejar que el sedimento se asiente en el frasco de muestras y, a continuación, escurrir con cuidado el líquido sobrante



evitando la pérdida de material fino. Normalmente, suele quedar algo de líquido libre.

5. Puede que la muestra contenga algunos invertebrados bentónicos. Consultar con el laboratorio si deben eliminarse. Si hay que hacerlo, utilizar pinzas de acero inoxidable, si es posible.
6. Si la muestra no puede depositarse directamente en la botella de muestras, se deberá depositar en la bandeja de acero inoxidable y utilizar una cuchara de acero inoxidable limpia para transferir la muestra al recipiente de muestras. Recoger una muestra proporcionalmente representativa para obtener un valor medio o recoger la muestra de un estrato específico en el núcleo si existe una razón específica para el muestreo de ese estrato. Documentar el método de muestreo en el cuaderno de campo.
7. Sellar el recipiente de la muestra, almacenarla y enviarla siguiendo las instrucciones del laboratorio (normalmente a una temperatura de 4°C o congelada). Someter la muestra a análisis y especificar los resultados analíticos según el peso seco.
8. Limpiar el equipo entre los sitios de muestreo con las escobillas de cerdas para limpiar tubos y luego enjuagar completamente el muestreador y los utensilios con agua y disolvente orgánico si la muestra está destinada al análisis orgánico.

FIGURA 7.3 :

- 1) Montaje de la espumadera antes de la toma de muestras.
 - 2) Desmontar la espumadera después de la toma de muestras.
 - 3) Retirar el cañón del núcleo.
 - 4) Abrir la espumadera y recoger el núcleo de sedimento.
- (Cortesía del DOE de Canadá)

7.2.3 MUESTREO DE SEDIMENTOS EN AGUAS PROFUNDAS - MUESTREADORES DE NÚCLEOS Y DRAGAS: RIESGOS DE SEGURIDAD

Los muestreadores de núcleo y las dragas para aguas profundas suelen ser de mayor tamaño que los que se usan para aguas poco profundas por

lo que suelen necesitar un mecanismo de cabrestante para bajar y subir el muestreador y su funcionamiento se realiza desde un barco u otra plataforma flotante. Deben tomarse precauciones de seguridad adicionales para manejar la plataforma flotante, el cabrestante y los muestreadores. Existen riesgos al fondear embarcaciones en fuertes corrientes y peligros bajo el agua que pueden provocar situaciones de emergencia, como la inundación repentina o el vuelco de la embarcación. Otros riesgos relacionados con la manipulación de las cuerdas y los cables pueden causar lesiones o daños por enredo. Antes de efectuar el muestreo en aguas profundas, se debe realizar un análisis preciso de los riesgos asociados a las tareas con un operador de equipo experimentado.

7.2.4 MUESTREO DE SEDIMENTOS EN AGUAS PROFUNDAS - MUESTREADOR DE NÚCLEOS E

La recogida de muestras con un muestreador de núcleos para aguas profundas es básicamente la misma que con un muestreador de núcleos para aguas poco profundas, excepto que los volúmenes de sedimentos son generalmente mayores debido al mayor tamaño del barril de núcleos. Consultar la **SECCIÓN 7.2.2**

Figura 7.4 :
Toma de muestras con sedimentos en una bandeja de acero inoxidable o en una bandeja cubierta con papel de aluminio. Las muestras bien mezcladas deben colocarse en vidrio ámbar para los productos orgánicos, o en papel o plástico para el análisis de metales. (Cortesía del DOE de Canadá)



7.2.5 MUESTREO DE SEDIMENTOS EN AGUAS PROFUNDAS - DRAGAS

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Preparar una bandeja limpia de acero inoxidable que pueda contener el sedimento que la draga ha sacado a la superficie. Colocar las cucharas de acero inoxidable y los recipientes de las muestras sobre una lámina de plástico o de aluminio limpia. Disponer de agua destilada o desionizada para la limpieza entre muestras.
2. Instalar la draga según las instrucciones del fabricante. Tomar todas las precauciones de seguridad recomendadas, ya que la mayoría de las dragas se cargan por resorte y pueden causar lesiones graves si el mecanismo de liberación se dispara mientras los dedos están entre las cuchillas de la draga.
3. Desplegar la draga hasta que impacte contra el sedimento y soltar el mecanismo de disparo para cerrar el cabezal. Subir cuidadosamente la muestra a la superficie a una velocidad que minimice la pérdida de sedimentos finos y colocar la draga en la bandeja limpia de acero



inoxidable. Abrir la draga y liberar los sedimentos en la bandeja de acero inoxidable.

4. Utilizar la cuchara de acero inoxidable limpia para retirar una parte del sedimento del muestreador. Recoger una muestra proporcionalmente representativa para obtener un valor medio o recoger la muestra de un estrato específico en los residuos de dragado si existe una razón específica para muestrear ese estrato. Documentar el método de muestreo en el cuaderno de campo.
5. Sellar el recipiente que contiene la muestra, analizarla y especificar por peso seco.
6. Antes de recoger la siguiente muestra, limpiar la draga y la bandeja de acero inoxidable, así como las cucharas de muestreo, lavándolas con agua y secándolas con una toalla de papel para eliminar los restos; a continuación, enjuagarlas con agua y luego con agua destilada o desionizada. Si el muestreo es para sustancias orgánicas, enjuagar con acetona de grado reactivo y el enjuague final con hexano de grado reactivo. Limpiar la bandeja de esta manera si es necesario.

7.3 MUESTREO DE SUELOS

El muestreo de suelos consiste en la recogida de muestras para responder a las necesidades estadísticas del programa de muestreo y que la muestra sea representativa del estrato de interés. Cuanto más profundo se tome la muestra en el suelo, mayor será el equipo necesario para exponer y recoger una muestra representativa, y mayor es la cantidad de medidas de seguridad necesarias para proteger al muestreador del riesgo.

El volumen de la muestra de suelo necesario depende del uso final. Cada prueba química y biológica requiere una cantidad específica de sedimento. Consultar con el laboratorio para determinar el volumen necesario y los pasos a seguir en la recogida de la muestra. Normalmente, las muestras se deben conservar a una temperatura de 4° C o se deben congelar. Consultar la **SECCIÓN 2.9.2**

7.3.1 CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Las muestras de suelo están compuestas generalmente de partículas finas. Normalmente, el proceso analítico digiere la muestra en un ácido fuerte. Las piedras y rocas grandes o los restos orgánicos como la madera pueden sesgar los resultados al añadir una gran cantidad de material que, al ser digerido por el ácido, diluirá la muestra de sedimento con material del interior de la piedra o roca. Contactar con el laboratorio para obtener información sobre el tamaño máximo de las partículas permitido en la muestra. También, se puede recoger la muestra, pedir al laboratorio que seleccione el tamaño de partícula correcto de la muestra y base los resultados analíticos en el tamaño o tamaños de partícula seleccionados. Someter la muestra a análisis y especificar por peso seco. Dado que el contenido de humedad en las muestras de sedimentos o de suelo pueden variar mucho, se recomienda que las concentraciones de contaminantes de la muestra se especifiquen en base al peso seco. Esto permite la comparación entre sitios y según las normas reglamentarias.

7.3.2 ESTRATEGIAS PARA EL MUESTREO DEL SUELO

Los horizontes del suelo suelen estar mucho menos mezclados que las columnas de agua. Por lo tanto, existen tres formas principales de abordar la toma de muestras, según el juicio personal, de modo sesgado y de forma aleatoria.

7.3.2.1 Muestreo del suelo - juicio personal y modo sesgado

El muestreo según juicio personal o sesgado implica la recogida de suelo de zonas (en la superficie o en la columna vertical del suelo) en las que se sospecha que puede haber contaminación basándose en la inspección visual, el vapor u otros métodos de prueba. En el caso del muestreo sesgado, se recogen muestras de suelos obviamente contaminados, manchados o de lugares predeterminados. Esto suele ser el primer enfoque para determinar el alcance potencial de la situación, al que seguirán métodos más rigurosos para elegir un punto de muestreo. Cuando el funcionario encargado de la aplicación de la normativa tiene autoridad para emitir órdenes, el muestreo sesgado suele proporcionar pruebas suficientes para que el funcionario exija al organismo responsable que lleve a cabo un programa de muestreo más exhaustivo para definir completamente la zona contaminada.

Cuando se sospecha de la presencia de hidrocarburos o sustancias orgánicas volátiles, se puede realizar un cribado previo de las muestras, colocándolas en tarros de cristal de boca ancha y sellando las tapas con papel de aluminio. Dejar reposar la muestra hasta una hora. Con un detector de fotoionización, introducir la boquilla del detector a través del papel de aluminio y tomar una muestra del espacio de aire suprayacente para determinar la presencia de vapores de hidrocarburos o de sustancias orgánicas. Los resultados positivos pueden ser entonces enviados al laboratorio para ser analizados.

7.3.2.2 Muestreo sistemático del suelo

Para recoger muestras sistemáticas, el método más sencillo es dividir la zona a muestrear en una cuadrícula. Las dimensiones de la cuadrícula pueden variar en función de la zona a cubrir, del historial del suceso y del presupuesto para el muestreo. Ver **SECCIÓN 2.4.3.2**

1. Puede ser necesario establecer inicialmente una cuadrícula grande compuesta por cuadrados grandes (por ejemplo, de 1,0 m² a 10,0 m²) para realizar el primer análisis y luego centrarse en aquellos cuadrados que tengan resultados positivos dividiéndolos en cuadrados más pequeños.
2. Tomar al menos una muestra de cada intersección de la cuadrícula.
3. Decidir qué muestras van a ser analizadas en función de factores específicos del lugar, del riesgo de falsos positivos o falsos negativos, de las limitaciones de tiempo y del presupuesto.



Figura 7.5 :
Inserción de la punta de un detector de fotoionización en el papel de aluminio para tomar una muestra de aire en el espacio de cabeza y determinar la presencia de vapores de hidrocarburos o sustancias orgánicas.
(Cortesía de EPA de Estados Unidos).



- Basándose en los resultados del muestreo, concentrar el muestreo adicional en las zonas con resultados positivos, dividir las en cuadrículas más pequeñas y volver a realizar el muestreo.

Por ejemplo: se sospecha que el suelo de un área de 5 m x 5 m contiene sustancias contaminadas.

Ver **FIGURA 2.4**

- Tomar 30 muestras, una de cada intersección.
- No mezclar las muestras individuales, enviarlas todas para que sean analizadas.

Ventajas: Mayor precisión, menor riesgo de sesgo, menor riesgo de resultado falso negativo.

Desventajas: Mayor coste de muestreo y análisis, mayor tiempo de análisis debido al elevado número de muestras.

7.3.2.3 Muestreo sistemático del suelo - muestras compuestas

Para reducir los costes de los análisis, se pueden analizar varias muestras a la vez. Las muestras compuestas reducen la precisión de la muestra inicial, pero hace posible que se pueda efectuar un análisis más rápido y económico. Una composición adecuada permitirá que el muestreador pueda volver a analizar muestras individuales si estas han sido conservadas.

Por ejemplo: se sospecha que el suelo de un área de 5 m x 5 m contiene sustancias contaminadas. Ver **FIGURA 2.4**

- Dividir el área en una cuadrícula de 1m x 1m para obtener 30 intersecciones.
- Etiquetar las filas de la siguiente manera: A, B, C, D, E y F.
- Recoger una muestra: en este caso, 100 ml de suelo en cada intersección para obtener 30 muestras individuales.

7.3.2.4 Muestreo sistemático del suelo: mezcla compuesta de todas las muestras

Tomar las 30 muestras, mezclarlas y enviar una submuestra para su análisis.

Ventajas: proceso sencillo para mezclar las 30 muestras. Menos posibilidades de sesgar una muestra individual. Menor tiempo de análisis debido al menor número de muestras y menor coste analítico.

Desventajas: menor precisión de los resultados con una gran probabilidad de un falso negativo. En caso de resultado positivo, se deberá realizar un nuevo muestreo.

7.3.2.5 Muestreo sistemático del suelo: mezcla compuesta de muestras seleccionadas

Coger una muestra de cada fila, mezclarlas y enviar seis muestras para su análisis.

Ventajas: proceso sencillo para mezclar las seis muestras. Precisión ligeramente superior, menor riesgo de obtener falsos negativos.

Desventajas: mayor tiempo para analizar un mayor número de muestras, precisión relativamente baja de los resultados con una gran probabilidad de falso negativo. En caso de resultado positivo, se deberá realizar un nuevo muestreo.

7.3.2.6 Muestreo sistemático del suelo: mezcla compuesta y conservación parcial de las muestras

- Mezclar bien la muestra para que sea homogénea.
- Tomar las muestras de cada fila, extraer 1/6 (aproximadamente 15 ml) de cada muestra y mezclar para obtener una sola muestra por fila.
- Conservar las muestras originales y enviar seis muestras compuestas para su análisis.

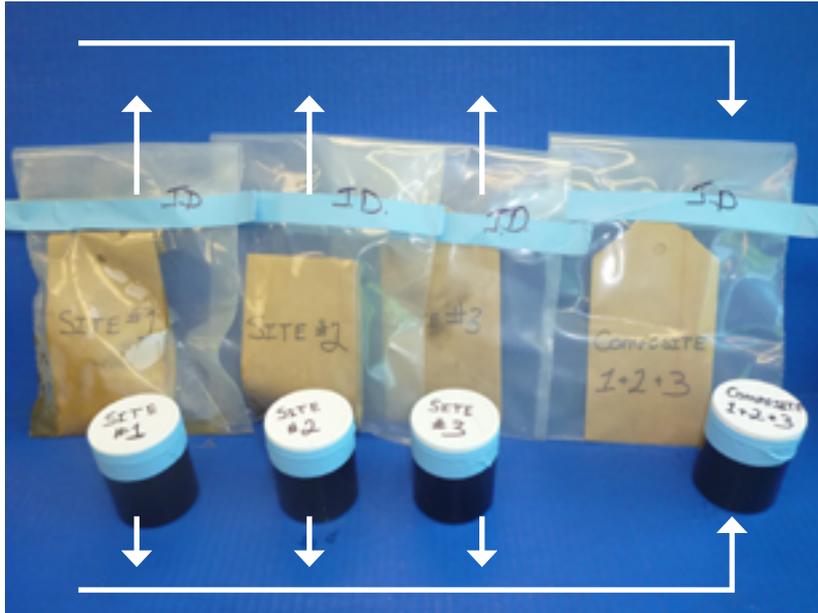


Figura 7.6 :
Porciones iguales de muestras de suelo individuales colocadas en una muestra de suelo compuesta y mezclada. Las muestras individuales deben conservarse para su posterior análisis si el análisis de la muestra compuesta es positivo para la presencia del contaminante.
(Cortesía del DOE de Canadá)

Ventajas: precisión ligeramente superior, menor riesgo de falso negativo. Se pueden volver a analizar las muestras conservadas individualmente en caso de que se obtenga un resultado positivo en la muestra compuesta.

Desventajas: mayor tiempo para analizar un mayor número de muestras, precisión relativamente baja de los resultados con una gran probabilidad de falso negativo. En caso de resultado positivo, se deberá realizar un nuevo muestreo.

7.3.2.7 Muestreo aleatorio

1. Elegir un número limitado de sitios de muestreo en la cuadrícula (por ejemplo, de seis a diez en función del tiempo y presupuesto) utilizando una tabla de números aleatorios.
2. Tomar las muestras para cada intersección elegida al azar y enviarlas para análisis.

Ventajas: precisión ligeramente superior, menor riesgo de falso negativo. Se pueden volver a analizar las muestras conservadas individualmente en caso de que se obtenga un resultado positivo en la muestra compuesta.

Desventajas.: precisión relativamente baja de los resultados con una gran probabilidad de falso negativo. Requiere un trabajo adicional para mezclar las muestras individuales.

7.3.3 MUESTREO ALEATORIO

El muestreo superficial del suelo utiliza un equipo muy similar al del muestreo de sedimentos y normalmente implica la recogida de muestras a una profundidad de entre 0 y 100 cm, dependiendo de los parámetros del suelo y de la naturaleza de la investigación. Se pueden utilizar numerosas herramientas: llana, cuchara, barrena de balde, dispositivo de perforación del suelo, barrena eléctrica, muestreador de cuchara partida o muestreador de tubo Shelby. Para la recogida de muestras a menor profundidad, puede ser necesaria una barrena de balde limpia o una barrena eléctrica para excavar hasta la profundidad de recogida. Para la recogida de muestras a profundidades superiores a 1 m, puede ser necesario el uso de un equipo de perforación y un muestreador de cuchara partida.

**EQUIPAMIENTO**

- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y sustancias orgánicas y protección ocular, protección respiratoria contra el polvo y los vapores, guantes y mono de trabajo;
- equipo de seguridad adecuado que incluya chalecos salvavidas para trabajar cerca de la orilla;
- botellas de muestras según el tipo de contaminante, suelen ser frascos de vidrio de boca ancha con tapas forradas de papel de aluminio o de teflón (consultar la SECCIÓN 2.9.2, Volumen I.);
- lonas protectoras de polietileno - mínimo 1 m x 1 m;
- bandejas de acero inoxidable para colocar las muestras o
- bandejas de plástico forradas con papel de aluminio o polietileno según el tipo de contaminante;
- agua destilada o desionizada (para el muestreo de sustancias no orgánicas) en botellas de lavado;
- acetona o hexano de grado reactivo en botellas de lavado, si el muestreo es para sustancias orgánicas;
- pinzas de acero inoxidable;
- x escobilla de cerdas para limpiar tubos de muestreo de núcleos;
- bomba de agua, lavadora a presión o suministro de agua para limpiar herramientas de excavación grandes.

Suelos con una profundidad de 0,0 a 1,0 m

- Cucharas limpias de acero inoxidable envueltas en papel de aluminio;
- muestreador de núcleos limpio de acero inoxidable;
- palas limpias de acero inoxidable;
- barrenas eléctricas manuales pequeñas.

Suelos con una profundidad de 1,0 m o superior a 1,0 m

- Material para apuntalar los lados de una excavación. **Nota:** La legislación local en materia de salud y seguridad especificará las condiciones en las que se requiere tomar precauciones como el apuntalamiento de las paredes de una excavación para poder entrar con seguridad. Por lo general, esto es necesario para agujeros de más de 1,0 m.
- Excavadora eléctrica capaz de alcanzar la profundidad requerida.
- Equipo de perforación eléctrica que pueda alcanzar la profundidad requerida.
- Plataforma de perforación sónica o de percusión que pueda alcanzar la profundidad requerida.
- Cortador de núcleos de alambre.

7.3.4 MUESTREO SUPERFICIAL DE SUELOS CON CUCHARA ▨

Una cuchara de muestreo de acero inoxidable puede utilizarse para recoger una muestra de suelo hasta unos pocos centímetros de profundidad de la capa más superficial del suelo, para recoger secciones de una muestra de cuchara partida o para raspar de los lados o del fondo de un pozo excavado, pilas de desechos de perforación, o núcleos de suelo obtenido mediante la perforación sónica o de percusión.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Utilizar la cuchara para raspar los primeros centímetros de tierra que se encuentran en la superficie. Intentar mantener la forma física y la composición química de la muestra en la medida de lo posible.
2. Recoger el volumen de suelo necesario y retirar los guijarros y las piedras de un tamaño predeterminado, así como cualquier resto de madera u orgánico, utilizando unas pinzas limpias de acero inoxidable o solicitar al laboratorio que lo haga.

3. Cuando se sepa o se sospeche que existen contaminantes orgánicos, transferir la muestra a un recipiente lo más rápidamente posible, sin mezclar, para evitar la pérdida de fracciones volátiles.

7.3.5 MUESTREO DE SUELO HASTA 1,0 METRO DE PROFUNDIDAD CON UNA PALA O BARRENA MANUAL

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. La herramienta (pala o barrena manual) utilizada para cavar el agujero no debe estar contaminada y debe limpiarse con agua o con la lavadora a presión entre los sitios de muestreo.
2. Colocar una lámina de plástico para depositar la tierra contaminada de la excavación.
3. Con una cuchara limpia, si es posible, raspar los lados de la excavación para exponer la tierra fresca y recoger una muestra.
4. Recoger el volumen de suelo necesario y retirar los guijarros y las piedras de un tamaño predeterminado, así como cualquier resto de madera u orgánico, utilizando unas pinzas limpias de acero inoxidable o solicitar al laboratorio que lo haga.
5. Cuando se sepa o se sospeche que existen contaminantes orgánicos, transferir la muestra a un recipiente lo más rápidamente posible, sin mezclar, para evitar la pérdida de fracciones volátiles.

7.3.6 MUESTREO DE SUELOS MÁS PROFUNDOS POR EXCAVACIÓN O PERFORACIÓN

La excavación y la perforación deben tener en cuenta los riesgos para la salud y la seguridad que pueden suponer el colapso de las paredes laterales, los humos y los vapores. Se deben tomar medidas para apuntalar los lados a fin de evitar que se produzca un derrumbe. El uso de muestreadores con vara extensible u otro material también puede utilizarse para recoger una muestra de forma segura.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. La excavadora o el equipo de perforación utilizado para cavar el pozo no debe estar contaminado y debe limpiarse con agua o con la lavadora a presión entre los sitios de muestreo.
2. Colocar una lámina de plástico para depositar la tierra contaminada de la excavación.
3. Hasta que no se hayan tomado las precauciones adecuadas para mantener las pendientes estables, no se debe entrar en un agujero excavado para tomar una muestra. Puede ser necesario pedir a la persona que realiza la excavación que raspe la superficie de la tierra y coloque la tierra en la lámina de plástico o que recoja una muestra directamente del cubo de la excavadora.

Figura 7.7 :
Considerar los riesgos de seguridad al tomar muestras en excavaciones y pozos de prueba.
(Cortesía del DOE de Canadá)



1. Excavación de la tubería rota.
2. Lugar de la pausa.
3. Tomar una muestra con fines legales. Tenga en cuenta el uso del arnés de seguridad. El lugar debe ser seguro y se debe comprobar la existencia de posibles humos.



4. Cuando sea seguro entrar en la excavación, utilizar una cuchara limpia para raspar los lados de la excavación para exponer la tierra fresca y recoger una o varias muestras.
5. La recogida de muestras con un equipo de perforación no se realiza entrando en el agujero excavado. A medida que la perforación alcanza profundidades críticas o en caso de que los residuos extraídos muestren presencia de contaminación, se debe detener la perforación, asegurarla y, cuando sea seguro, tomar muestras del suelo extraído. También se pueden colocar los restos de la perforación en la lámina de plástico y recoger una muestra con una cuchara de muestreo limpia.
6. Recoger el volumen de suelo necesario y retirar los guijarros y las piedras de un tamaño predeterminado, así como cualquier resto de madera u orgánico, utilizando unas pinzas limpias de acero inoxidable o solicitar al laboratorio que lo haga.
7. Cuando se sepa o se sospeche que existen contaminantes orgánicos, transferir la muestra a un recipiente lo más rápidamente posible, sin mezclar, para evitar la pérdida de fracciones volátiles.

7.3.7 MUESTREO DE SUELOS MÁS PROFUNDOS MEDIANTE PERFORACIÓN SÓNICA O DE PERCUSIÓN

Se puede recoger un núcleo sólido de suelo utilizando un equipo de perforación sónica o de percusión. Estos dos tipos de perforación utilizan un tubo hueco que se introduce en el suelo para después extraerlo.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. El equipo de perforación sónica o de percusión y los tubos partidos utilizados para cavar el agujero no deben estar contaminados y deben limpiarse con agua o con la lavadora a presión antes de efectuar la toma de muestras y entre los sitios de muestreo.
2. Una vez que el tubo partido está lleno de tierra se extrae del agujero, se puede abrir el tubo y colocar un núcleo sólido de tierra sobre la lámina de plástico. El núcleo del suelo puede dividirse utilizando una herramienta de corte hecha de alambre para cortar el centro del núcleo en dirección longitudinal.
3. El núcleo de suelo dividido puede ser analizado y muestreado según el tipo de contaminación. A menudo se puede constatar la presencia de capas de contaminación, en línea recta o diagonal, en el núcleo del suelo causadas por vías preferenciales en las que las condiciones del suelo o el tamaño de las partículas ha permitido que la contaminación se desplace a través de una capa concreta.
4. Debido a que la cuchara partida empuja hacia abajo a través del suelo, la contaminación de un nivel puede extenderse a lo largo del exterior del núcleo del suelo hasta otro nivel. Para evitar la contaminación cruzada de las capas del suelo, utilizar una cuchara limpia de acero inoxidable para raspar el centro del núcleo a fin de tomar la muestra y evitar recoger la tierra de los lados.
5. Recoger el volumen de suelo necesario y retirar los guijarros y las piedras de un tamaño predeterminado, así como cualquier resto orgánico o de madera, utilizando unas pinzas limpias de acero inoxidable o solicitar al laboratorio que lo haga.
6. Cuando se sepa o se sospeche que existen contaminantes orgánicos, transferir la muestra a un recipiente lo más rápidamente posible, sin mezclar, para evitar la pérdida de fracciones volátiles.

7.4 MUESTREO DE MATERIAL GRANULAR

Los materiales granulares, como los detergentes y los productos químicos granulados o en polvo, pueden almacenarse en bolsas, contenedores a granel y camiones o vagones cisterna. Los detergentes suelen someterse a pruebas de pentóxido de fósforo (P_2O_5) o fósforo elemental (P) y otros productos químicos sólidos puesto que pueden estar contaminados con sustancias reguladas o prohibidas. Se pueden obtener muestras de cajas precintadas directamente de los fabricantes, de los formuladores o de los distribuidores.

EQUIPAMIENTO

- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y sustancias orgánicas y protección ocular, protección respiratoria contra el polvo y los vapores, guantes y mono de trabajo;
- botellas de muestras según el tipo de contaminante, suelen ser frascos de vidrio de boca ancha con tapas forradas de papel de aluminio o de teflón (consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I.**);
- lonas protectoras de polietileno de 1 m x 1 m como mínimo;
- bandejas de acero inoxidable para colocar las muestras o
- bandejas de plástico forradas con papel de aluminio o polietileno según el tipo de contaminante;
- muestreador de granos de acero inoxidable o de latón;
- conjunto de cucharas o cucharillas de acero inoxidable;
- cinta para volver a cerrar agujeros en materiales embolsados.

7.4.1 7.4.1 MUESTREO DE MATERIALES GRANULARES EMBOLSADOS

Para recoger una muestra de materiales granulares embolsados, abrir la bolsa, tomar la muestra desde la parte superior con una cuchara de acero inoxidable, una pala pequeña o utilizando el muestreador de granos de acero inoxidable o latón. Ver **SECCIÓN 4.7**

1. Colocar la bolsa en una posición tal que, si se corta o perfora, el contenido no se derrame.
2. El muestreador de bolsas de acero inoxidable está formado por un tubo hueco con una ranura abierta justo antes del punto de penetración. El tubo se introduce en la bolsa con la ranura abierta hacia arriba.
3. El recipiente de la muestra se mantiene en la extremidad abierta del tubo para que la muestra entre por la ranura abierta, las partículas se deslizan por el tubo al recipiente de muestra.
4. Una vez que se ha recogido la muestra, sacar el muestreador de granos y cerrar el agujero con la cinta para evitar los derrames.

7.4.2 MUESTREO DE MATERIALES GRANULARES EN CAJA O CONTENEDORES

Para recoger muestras de materiales granulares en cajas o contenedores, enviar la caja entera al laboratorio si es lo bastante pequeña o tomar una submuestra si se trata de un contenedor grande. El tamaño de la submuestra de un recipiente grande debe ser representativo, por consiguiente, el contenido del recipiente tiene que estar bien mezclado.

- Si el contenido del recipiente está bien mezclado, tomar una submuestra abriendo el recipiente y extraer una muestra con una



cuchara o una pala pequeña de acero inoxidable y colocar el volumen necesario en un recipiente para muestras.

- Si el contenido del recipiente no está bien mezclado, y en caso de que sea seguro hacerlo, puede ser necesario transferir el contenido a otro recipiente o bandeja de acero inoxidable y mezclarlo con cucharas de acero inoxidable. Por motivos de seguridad, el proceso de mezcla debe tener en cuenta la generación de polvo y humo.





8

MUESTREO DE GASES Y DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA (POLVO)

Muestreo de gases y deposición atmosférica (polvo)

Los protocolos para la recogida de muestras de aire suelen ser complejos y técnicos. Por consiguiente, este tipo de muestreo normalmente lo realizan especialistas cualificados y experimentados.

El muestreo del aire puede llevarse a cabo por varias razones:

Seguridad: El aire puede ser tóxico o explosivo y causar lesiones, la muerte o graves daños materiales.

Impacto medioambiental: Los contaminantes del aire pueden causar daños ambientales. Los altos niveles de ozono pueden causar daños en los cultivos, corroer las propiedades, y tener efectos nefastos en los sistemas respiratorios. La lluvia de partículas tóxicas puede envenenar los suelos o los cultivos y contaminar a los animales de granja, estropeando la carne y los productos lácteos y generando riesgos para la salud de los animales y las personas.

8.1 PRINCIPIOS GENERALES DEL MUESTREO DEL AIRE

Las condiciones meteorológicas tienen un efecto importante en el muestreo del aire, por lo que resulta mucho más aleatorio que las otras formas de muestreo. El viento cambia constantemente de dirección, por eso los sitios de muestreo al aire libre deben elegirse estratégicamente a fin de minimizar el efecto de los obstáculos, los edificios, los árboles u otros elementos del paisaje. Las precipitaciones pueden actuar como un agente de eliminación que limpia los gases y las partículas del aire. Por lo tanto, los sitios y periodos de muestreo deben tener en cuenta estos factores.

8.1.1 PRINCIPIOS GENERALES DEL MUESTREO DEL AIRE

El muestreo del aire se divide generalmente en dos categorías: muestreo de partículas o muestreo de gases. Para el muestreo de partículas se puede usar el método de deposición de polvo o un método de filtración. El método de deposición de polvo suele implicar el uso de un recipiente o una almohadilla. El método de filtración suele consistir en una bomba o un ventilador que hace pasar el aire a través de filtros de partículas, que pueden ser de papel o de fibra de vidrio, y recoge las partículas suspendidas en el aire. El volumen de aire filtrado debe medirse para determinar la concentración.

El muestreo instantáneo o compuesto de gases puede realizarse mediante la recogida de un volumen de gas para su posterior análisis o la absorción de gases en superficies reactivas para su análisis colorimétrico instantáneo. La recogida de una muestra de aire de la zona de interés durante un corto periodo de tiempo se puede efectuar mediante muestreadores manuales con pequeñas bombas y tubos de muestreo adsorbente. Los tubos de muestreo adsorbente recogen los contaminantes haciendo pasar el aire a través de materiales sorbentes específicos que atrapan el contaminante de interés. Los tubos adsorbentes portátiles suelen contener sólidos en polvo que cambian de color en presencia de ciertos gases.



Se pueden recoger muestras de grandes emisiones de gas con muestreadores que utilizan sorbentes (líquidos o sólidos) y que varían en función del contaminante. El volumen de aire aspirado a través del material sorbente debe medirse para determinar la concentración de contaminante y registrar el resultado. Asimismo, se pueden tomar muestras de grandes emisiones de gas mediante un compartimento de evacuación (por ejemplo, un recipiente de muestreo de aire) que, al abrirse, se llena con el aire que se va a analizar. El recipiente se cierra herméticamente. Otra técnica consiste en utilizar un sistema de bomba para tomar la muestra a presión. El muestreo de gases suele efectuarse en puntos de emisión, como las chimeneas, o en puntos de recepción, como los respiraderos de entrada de aire o las zonas ambientales dentro o fuera de edificios u de otras estructuras.

FIGURA 8.1 :
Se necesitan técnicas de muestreo para cuantificar los riesgos ambientales y sanitarios de la contaminación atmosférica crónica (Cortesía de ILT de los Países Bajos.)

8.2 INSTRUMENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AIRE

Los instrumentos pueden variar según el análisis que se desea realizar, la capacidad de medición, la portabilidad y el coste.

8.2.1 MUESTREADORES DE POLVO

Las emisiones de polvo pueden producirse por un acontecimiento catastrófico puntual (como una explosión o un incendio) o por operaciones industriales continuas, el tráfico o la utilización de combustibles, la generación de energía y los complejos de refinado. Los muestreadores de polvo se utilizan para recoger polvo durante periodos de tiempo variables en función del evento y del contaminante para el que están diseñados.

8.2.2 MUESTREADOR DE POLVO CON DEPÓSITO VERTICAL ABIERTO

Un muestreador con depósito vertical abierto se suele montar en un soporte de dos metros de altura en una zona alejada del efecto de edificios, árboles u otras estructuras que puedan interrumpir el flujo de aire.



FIGURA 8.2 :
La cubierta del muestreador de polvo se quita y se vuelve a colocar
(Cortesía del DOE de Canadá)

- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y sustancias orgánicas y protección ocular, protección respiratoria contra el polvo y los vapores, guantes y mono de trabajo.
- Según el diseño del muestreador, algunos pueden tener sus propios depósitos que se deberán retirar del soporte del muestreador, cerrar con la tapa adecuada y enviar al laboratorio.
- Botellas de muestras según el tipo de contaminante, suelen ser frascos de vidrio de boca ancha con tapas forradas de papel de aluminio o de teflón. Para el polvo común o los metales pesados, normalmente se utilizan contenedores de plástico con tapas de plástico. Ver **FIGURA 8.2.**
- Para los compuestos orgánicos, utilizar un recipiente de cristal de boca ancha, consultar **TABLA 2.9.2.2, VOLUMEN I.**
- Soporte para el muestreador.
- Recipientes para la recogida de muestras.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Limpiar, sellar y pesar los depósitos antes de que sean transportado y montados en el soporte.
2. Localizar una zona que tenga el mínimo de perturbaciones aéreas, como edificios, puentes u otras estructuras. Es preferible una azotea o un campo abierto.
3. Instalar el soporte del muestreador de forma segura y colocar el depósito de muestras en el soporte.
4. El depósito de muestras debe estar orientado verticalmente hacia arriba para que el muestreo sea "no direccional» y no se sesgue la información en cuanto al origen de la contaminación.
5. Instalar los depósitos en un poste, normalmente a 2 metros del suelo, y dejarlos en su sitio de 10 a 30 días.
6. Indicar la fecha y la hora de la instalación y de la desinstalación.
7. Se puede tomar una muestra del depósito in situ o se puede sellar en el momento de la desinstalación y transportarla al laboratorio para que extraiga y analice el contenido.



8.2.3 MUESTREADOR DE POLVO CON DEPÓSITO DIRECCIONAL (APERTURA VERTICAL)

Los muestreadores de polvo direccional sirven para determinar si existe un componente direccional específico en la fuente de contaminación. Por lo tanto, pueden estar orientados específicamente hacia una fuente conocida o sospechosa.

EQUIPAMIENTO

- Un soporte vertical para depósito con cuatro depósitos o más que tienen una ranura en un lado y tapas arriba y abajo.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Los depósitos pueden limpiarse y pesarse antes de montarlos en el soporte.
2. Localizar una zona con el mínimo de perturbaciones aéreas posibles, como edificios, puentes u otras estructuras. Es preferible una azotea o un campo abierto. Si se sospecha de una fuente específica, seleccionar una zona que pueda verse especialmente afectada.
3. Instalar el soporte del muestreador de forma segura y colocar el depósito de muestras en el soporte.
4. Las ranuras pueden estar orientadas hacia los cuatro puntos cardinales o una ranura puede estar dirigida hacia la supuesta fuente de contaminación. Anotar la orientación elegida.
5. Los depósitos se instalan en un poste, normalmente a 2 metros del suelo, y se dejan en su sitio de 10 a 30 días.
6. Indicar la fecha y la hora de la instalación y de la desinstalación.
7. Se puede tomar una muestra del depósito in situ o se puede sellar en el momento de la desinstalación y transportarla al laboratorio para que extraiga el contenido y se analice.

8.2.4 MUESTREADOR DE POLVO CON CUBIERTA DE ALMOHADILLA ADHESIVA (TIPO FRISBEE)

Cuando la almohadilla adhesiva se instala hacia arriba, se considera de tipo semidireccional. La caída de polvo desde una dirección principal tenderá a acumularse en el lado de la almohadilla más cercano a la fuente.

EQUIPAMIENTO

- Instalar los soportes y
- almohadillas adhesivas

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Las almohadillas se pueden instalar en posición horizontal mirando hacia arriba, o
2. también se pueden instalar en posición vertical orientadas hacia los cuatro puntos cardinales o una puede estar dirigida hacia la supuesta fuente de contaminación.
3. Anotar la instalación elegida.
4. Las almohadillas se instalan en un poste, normalmente a 2 metros del suelo, y se dejan en su sitio de 10 a 30 días.
5. Indicar la fecha y la hora de la instalación y de la desinstalación.
6. Estos tipos de almohadillas pueden fotografiarse o escanearse por ordenador para después utilizar programas informáticos que permiten distinguir y cuantificar el polvo. El programa informático puede distinguir entre el polvo y los insectos.

8.2.5 MUESTREADOR DE AIRE DE GRAN VOLUMEN

Estos muestreadores requieren conocimientos específicos y solo deben ser manejados por personas técnicamente calificadas. Los muestreadores de aire de gran volumen suelen utilizar un ventilador de admisión instalado debajo de un filtro. Los ventiladores generalmente tienen un mecanismo de medición de volumen que proporciona una estimación del volumen total de aire que pasa a través del filtro. Esto es fundamental porque a medida que las partículas se depositan en el filtro, lo obstruyen y ralentizan el flujo de aire.

Normalmente, el muestreador tiene un filtro de 17,8 cm x 23,9 cm o de 406 cm², a través del cual se aspira el aire a una velocidad de 1,1 m³/min a 1,5 m³/min. El filtro recoge partículas con un diámetro aerodinámico de 25 µm a 50 µm, según la velocidad y dirección del viento. El tamaño de la apertura del filtro y el volumen de aire filtrado en un tiempo determinado afectan al rango de tamaño de las partículas recogidas. Por lo tanto, los muestreadores deben tener entradas de aire de muestreo uniformes que permitan un flujo de aire entre 20 cm³/s y 35 cm³/s, idealmente 25 cm³/s +/- 2 cm³/s. Los filtros pueden ser de fibra de vidrio o de celulosa. Los filtros de fibra de vidrio recogen al menos el 99 % de las partículas de 0,30 µm o mayores; estos filtros tienen una baja resistencia al flujo de aire y poca afinidad con el agua. Las muestras recogidas en los filtros de fibra de vidrio sirven para una gran variedad de análisis: contaminantes orgánicos, contaminantes inorgánicos, trazas de metales y varias sustancias no metálicas. Son excelentes para controlar la radiactividad bruta. Los filtros de calidad de espectrofotómetro tienen un bajo contenido en metal y son adecuados para el análisis de metales.

8.2.5.1 Filtros de fibra de vidrio- usos y problemas

No se pueden muestrear materiales que ya están presentes en los filtros en grandes cantidades. Para evitar este problema, se debe analizar una muestra aleatoria estadísticamente significativa de filtros nuevos para determinar si la concentración del filtro de muestra es lo suficientemente alta como para interferir en un análisis específico.

- Los filtros de fibra de vidrio son resistentes a la humedad, pero pueden absorber suficiente agua como para distorsionar los valores finales de peso.
- Para controlar la humedad, deben secarse y pesarse antes de su uso.
- Se deben extremar las precauciones para evitar la pérdida de fibras durante la manipulación.
- Las propias fibras de vidrio son alcalinas y reaccionarán con los gases ácidos del aire de la muestra, dando resultados artificialmente altos. Este efecto suele producirse al principio del periodo de muestreo y depende de la composición del filtro y de los niveles de gas ácido. El error introducido es probablemente pequeño, pero puede ser un problema cuando se encuentran cantidades relativamente pequeñas de partículas.

8.2.5.2 Filtros de celulosa - usos y problemas

Los filtros de celulosa se utilizan con menos frecuencia que los de fibra de vidrio y tienen un bajo contenido en metales, por lo que son adecuados para los análisis de metales. Algunos de los problemas que presentan son los siguientes.

- Pueden obstruirse rápidamente. Hay que asegurarse de que el sistema de filtro o ventilación tiene un mecanismo que registra la caída del flujo de aire a medida que el filtro se vuelve menos permeable y que se sustituye antes de que la falta de circulación del aire se convierta en un problema.
- Pueden absorber agua y se deben desecar antes y después de su uso.
- Pueden producir residuos de nitrato y sulfato durante el proceso de



digestión y análisis que podrían interferir en la cuantificación analítica de estos materiales. Estos problemas pueden solucionarse utilizando un filtro de muestra de control que se analiza sin exposición y los artefactos pueden restarse de los valores obtenidos en los filtros expuestos.

- Las partículas volátiles se pueden perder durante el muestreo, el envío y el almacenamiento antes de que se pese el filtro. Estas pérdidas se deben minimizar pesando el filtro previamente y almacenándolo en un recipiente desecado y cerrado. Tras la exposición, los filtros se deben retirar del soporte, colocar en un recipiente desecado y sellado, y pesar lo inmediatamente antes de que las fibras vuelvan a absorber la humedad del aire en el laboratorio.

8.2.5.3 Otros problemas relacionados con el muestreo de aire de gran volumen

- Los filtros (sobre todo los de vidrio) pueden perder fibras durante la manipulación. Se deben manipular con pinzas entre el pesaje previo y el posterior a la toma de muestras para evitar que se pierdan accidentalmente las fibras del filtro, ya que, de lo contrario, los pesos proporcionarán resultados artificialmente bajos.
- El viento puede depositar partículas en el filtro después del periodo de muestreo. Por lo tanto, el filtro debe ser colocado dentro del recipiente de desecación tan pronto como sea posible después de ser retirado del portafiltro.
- Un registro incorrecto, un fallo de alimentación o un mal funcionamiento del ventilador del filtro pueden hacer que el periodo de muestreo sea inexacto. Por lo tanto, el muestreador debe tener un registrador en estado operativo o ser revisado de forma regular.
- La salida del aire de evacuación del muestreador debe dirigirse en dirección contraria a la entrada (al menos a 40 cm de distancia), para garantizar que la evacuación no vuelve a circular a través del muestreador y que este aire ya filtrado no proporciona resultados artificialmente bajos.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Montar el muestreador de gran volumen como recomienda el fabricante. Cuando se manipulan filtros, hay que asegurarse de que:
 - están etiquetados para que puedan ser identificados;
 - han sido revisados visualmente para detectar la presencia de agujeros, roturas u otras imperfecciones;
 - no están plegados ni arrugados;
 - han sido acondicionados en un entorno controlado durante al menos 24 horas antes de su uso (normalmente, entre 15 ° y 30 °C con una variación máxima de + 3°C; humedad relativa < 50%, sin gases ácidos o básicos);
 - han sido previamente pesados como filtro seco desecado con precisión de un miligramo antes de su instalación.
2. Poner el muestreador lejos de edificios, árboles o estructuras que pueden perturbar considerablemente el flujo de aire. Por lo general, se suelen colocar en las azoteas de los edificios.
3. Instalar el filtro y encender el ventilador.
4. Registrar la fecha y la hora de la instalación, de la puesta en marcha, del apagado y de la retirada del filtro.
5. Retirar y almacenar el filtro en un recipiente sellado adecuado para que sea transportado al laboratorio.
6. Desecar el filtro y anotar el peso en seco.
7. Se puede seguir tratando el filtro por extracción para el análisis orgánico o por digestión para el análisis de metales.

8.2.6 MUESTREADORES PORTÁTILES DE GASES QUÍMICOS REACTIVOS

Los muestreadores de gases portátiles pueden analizar hasta 500 compuestos diferentes y se pueden adquirir en los proveedores. Los muestreadores suelen estar formados por una bomba manual con un adaptador para un detector.

El detector es un tubo de vidrio con un absorbente químico en polvo que reacciona con el gas para producir un cambio de color. Las extremidades del tubo de vidrio están abiertas y el tubo está unido a la bomba. El aire se bombea a una velocidad y un periodo de tiempo determinados. Si el gas está presente, este reacciona con el absorbente y produce un cambio de color proporcional a la concentración. Estos tipos de muestreadores son útiles en situaciones de emergencia o para determinar si la entrada en el sitio puede provocar una exposición de gases peligrosos. Son menos adecuados para situaciones de control continuo, ya que los tubos detectores solo pueden utilizarse una vez. Existen variaciones entre los tubos de diferentes fabricantes. Las sustancias químicas similares al analito de interés pueden interferir en la reacción en el tubo. Los tubos también se ven afectados por la alta humedad y tienen una vida útil limitada.

EQUIPAMIENTO

- Muestreador portátil para el gas adecuado y
- tubos detectores adecuados para el muestreador portátil de gas.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Leer las instrucciones de utilización del fabricante.
2. Utilizar el absorbente adecuado para el gas que se sospecha.
3. Separar los tubos e insertar el detector en el soporte.
4. Encender la bomba y obtener una lectura.

8.2.7 MUESTREADORES DE FOTOIONIZACIÓN PORTÁTILES PARA GAS

Los detectores de fotoionización portátiles pueden utilizarse para numerosos compuestos orgánicos. Por lo general, están formados por una bomba manual conectada a un detector que tiene un puerto de entrada de gas.

8.2.7.1 Gas específico conocido

Los detectores de fotoionización pueden calibrarse para un gas específico mediante el uso de estándares de calibración, lo cual es útil si se conoce o se sospecha la presencia de un solo gas. Los detectores son no específicos, ya que pueden detectar una mezcla de compuestos y, por lo tanto, la lectura puede incluir también otros gases y la precisión de la medición puede variar en un 25 % más o menos. Por lo tanto, se deben seguir las instrucciones del fabricante específicas para la calibración y el uso de cada instrumento. Los compuestos que pueden detectarse son los componentes comunes de la gasolina, agentes de limpieza industrial, agentes de limpieza en seco y disolventes.



8.2.7.2 Mezcla de gases desconocida

Cuando se desconoce la cantidad y el tipo de vapores orgánicos, se deben utilizar instrumentos como los detectores de fotoionización portátiles o los detectores portátiles de ionización de llama, en modo de lectura total o cromatografía, para detectar los vapores orgánicos. Hasta que se puedan identificar los componentes específicos, la lectura indica el total de sustancias en suspensión a las que reacciona el instrumento. Cuando se han identificado los componentes específicos y los instrumentos están calibrados correctamente para medirlos, se pueden obtener lecturas en ppm con cierto grado de confianza.

8.2.7.3 Mezcla de gases combustible

Si el detector portátil de fotoionización o el detector portátil de ionización de llama muestran lecturas muy altas, esto también puede indicar el posible desplazamiento de oxígeno o la presencia de vapores combustibles.

8.2.7.4 Mezcla de gases que puede contener vapores inorgánicos

El detector portátil de ionización de llama no puede medir los vapores o gases inorgánicos, mientras que la capacidad de detección del medidor portátil de fotoionización para estos vapores es limitada. Estos instrumentos tienen también otras limitaciones. Los usuarios deben consultar los manuales de funcionamiento para obtener información sobre lo que los medidores pueden detectar.

8.2.7.5 Análisis de los gases del suelo

Estos detectores también pueden utilizarse para analizar los vapores de gas de las muestras de suelo contaminado, especialmente de las zonas de vertidos de hidrocarburos.

Existen varios métodos para obtener una muestra de gas del suelo. .

EQUIPAMIENTO

- Medidor portátil de fotoionización adecuado;
- recipientes adecuados para la toma de muestras (consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I**);
- muestreador de suelo adecuado (**VER SECCIÓN 7.3**) y
- papel de aluminio.

FIGURA 8.3:
Muestreadores portátiles de gas por fotoionización.
(Cortesía de EPA de Estados Unidos y del DOE de Canadá)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

El protocolo depende de la situación física. Sin embargo, para todos los escenarios normales:

- Leer las instrucciones de utilización del fabricante.
- Usar el gas de calibración adecuado.

Derrame de combustible o disolvente en la superficie del suelo

1. Recoger una muestra de tierra y colocarla en un recipiente de boca ancha de 125 a 250 ml dejando un espacio libre de 2 cm.
2. Cubrir el recipiente con la hoja de aluminio para sellar el espacio libre.
3. Dejar que el vapor llene el espacio libre durante un tiempo dado (por ejemplo, 15 minutos).
4. Introducir el tubo detector a través de la hoja de aluminio en el espacio libre.
5. Poner en marcha la bomba y analizar el gas del espacio libre.
6. Anotar la fecha, la hora y los resultados obtenidos.

Derrame de combustible o disolvente en el subsuelo

1. Conectar una sonda de vapor de suelo de acero inoxidable al detector de fotoionización portátil.
2. Insertar la sonda de vapor en el suelo hasta la supuesta profundidad del derrame.
3. Poner en marcha la bomba y analizar el gas del vapor del suelo.
4. Anotar la fecha, la hora y los resultados obtenidos. Si los líquidos se han filtrado bajo estructuras como edificios o zonas pavimentadas, puede ser necesario tener que perforar el hormigón o el pavimento para acceder a los suelos contaminados subyacentes.

8.2.8 MEDIDORES DE OXÍGENO

Los medidores de oxígeno se utilizan para controlar los niveles de oxígeno en el aire, normalmente alrededor del 20 % por volumen. En general, si este nivel cae por debajo del 19,5%, será necesario un equipo respiratorio. Las concentraciones de alrededor 25 % presentan un riesgo de combustión. Si el medidor informa de un descenso en los niveles de oxígeno, esto puede indicar un consumo de oxígeno (por combustión o reacción) o un aumento en los niveles de algún otro gas. Los medidores de oxígeno también se ven afectados por las variaciones de temperatura y los altos niveles de dióxido de carbono, que pueden acortar la vida útil del sensor de oxígeno. Las señales de transmisión de radio VHF y UHF pueden interferir en el instrumento y falsear las lecturas. Los productos químicos oxidantes fuertes, como el ozono o el cloro, también pueden interferir en los medidores de oxígeno.

8.2.9 DETECTORES DE GASES COMBUSTIBLES

Los detectores de gases combustibles miden la concentración de un gas o vapor inflamable en el aire. En el límite inferior de explosividad (LIE) de un gas o vapor combustible, o por debajo de él, la concentración es demasiado baja para generar combustión. Por encima del límite superior de explosividad (LSE), la mezcla es demasiado rica para generar combustión.

En las concentraciones entre estos dos valores, el vapor se inflamará si bolsas de contención de gas (son bolsas expandibles que se llenan a presión con la muestra de gas).

8.2.10 MUESTREO DE LAS EMISIONES DE LAS CHIMENEAS

El muestreo de las emisiones de las chimeneas es un proceso especializado que requiere equipos y conocimientos técnicos que suelen ser proporcionados por consultores. En la mayoría de los países, los inspectores gubernamentales



no suelen realizar el muestreo, sino que asisten a la recogida de muestras que efectúan otras personas cualificadas. La siguiente descripción detalla el proceso general de muestreo de chimeneas para ayudar al oficial de inspección a entender el proceso de muestreo.

8.2.11 PROCESO GENERAL PARA EL MUESTREO DE GAS DE CHIMENEA

El proceso general de muestreo de gases de chimenea consiste en extraer el gas directamente de la chimenea de evacuación y hacerlo pasar por compartimentos que eliminan selectivamente gases específicos o bombearlo en bolsas o botes sellados para su análisis en el laboratorio. Algunos muestreadores pueden estar equipados con funciones analíticas que proporcionarán los resultados a un dispositivo de registro portátil o fijo. La circulación del aire en las tuberías está sujeto a turbulencias, por lo que el lugar de muestreo debe estar lo más libre de posibles turbulencias. Dado que el flujo de aire es lento en los bordes de la tubería debido a la fricción y más rápido a medida que se desplaza hacia el centro, la técnica de muestreo debe adaptarse a ello. El muestreador suele tener una bomba de velocidad variable para adaptar la velocidad de extracción de gas al caudal interno de la chimenea de evacuación. Los gases dentro de las chimeneas de evacuación suelen estar calientes y pueden condensarse si se extraen con un muestreador más frío. Por ello, los muestreadores suelen estar equipados de una cinta térmica que mantiene los gases calientes mientras son extraídos.

EQUIPAMIENTO

- Equipo de protección adecuado para manipular muestras contaminadas con metales y sustancias orgánicas y protección ocular, protección respiratoria contra el polvo y los vapores, guantes y mono de trabajo.
- Muestreador para gas de chimeneas con:
 - sonda adecuada para la toma de muestras de acero inoxidable;
 - dispositivo para el control de la temperatura o la detección del calor en la sonda de muestreo de acero inoxidable para evitar la condensación prematura de los gases en la sonda;
 - bomba de aspiración de caudal variable para poder adaptar la velocidad de extracción de gases a la velocidad de los gases en la chimenea de evacuación;
 - botes de disolvente para la extracción de gases y vapores (estos botes pueden contener líquidos que disuelven selectivamente los gases de interés); o
 - botes absorbentes de gases y vapores (estos botes pueden contener sólidos que fijan selectivamente los gases de interés); o
 - botes de contención de gas (son contenedores sólidos que se llenan a presión con la muestra de gas); o
 - bolsas de contención de gas (son bolsas expandibles que se llenan a presión con la muestra de gas).

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Los codos, las juntas en T u otros cambios en el diámetro de la tubería provocarán perturbaciones en el flujo de aire, por lo que se debe seleccionar un lugar de muestreo que esté lo más alejado posible de las perturbaciones en la tubería.
2. Los conductos redondos tendrán que ser muestreados como mínimo en dos secciones transversales perpendiculares.
3. Los conductos rectangulares tendrán que ser muestreados como mínimo en dos secciones transversales paralelas.

4. Introducir la sonda de muestreo de gases en la chimenea de evacuación.
5. Ajustar el seguimiento de la temperatura en la sonda para que se extraiga el gas a la misma temperatura para que no se condense en el tubo de muestreo.
6. Ajustar el caudal de extracción a la velocidad isocinética para que la extracción del gas se produzca exactamente a la misma velocidad que la posición actual de la sonda.
7. Recoger la muestra en el recipiente apropiado para el tipo de gas que se está analizando.

Nota: El muestreo de contaminantes inorgánicos (por ejemplo, azufre, ozono, monóxido o dióxido de carbono y óxidos nitrosos [NO_x]) en el aire ambiente se efectúa generalmente con analizadores continuos totalmente automatizados, no portátiles, con registro electrónico de datos. Estos analizadores utilizan los métodos de referencia designados por la EPA de EE. UU. y deben calibrarse periódicamente según las condiciones de campo mediante materiales de tipo span certificado por el National Bureau of Standards (a menos que la normativa local especifique otra fuente de gases o materiales de calibración). El muestreo de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), bifenilos policlorados (BPC), dioxinas y otras sustancias tóxicas se puede realizar con absorbentes o cartuchos de espuma de poliuretano; los análisis se efectúan en laboratorios especializados.



BACKGROUND
SITE
UPSTREAM
2013-04-17
J.D.

SITE
#1
TOTAL
METAL

SITE
#1
DISSOLVED
METAL

FIELD
BLANK
2013-04-17

SITE #1 JD

SITE
2013-





9

MUESTREO DE BIOTA

Muestreo de biota

Los tipos de muestreo de biota más comunes que utilizan los inspectores medioambientales son:

- los coliformes fecales en el agua que indican contaminación por desechos humanos o animales, o la fauna (peces y aves) contaminada por vertidos químicos o de petróleo;
- los invertebrados bentónicos como indicadores de la salud acuática o dañados por vertidos químicos y de petróleo;
- los crustáceos (agua salada), almejas de agua dulce, macrófitos, fitoplancton y zooplancton y bacterias para detectar vertidos de aguas residuales.

Las muestras biológicas son más difíciles de recoger que cualquier otro tipo de muestras, ya que muchos de los organismos recogidos son móviles y las muestras se pueden contaminar fácilmente.

La recolección de biota requiere conocimientos especializados que pueden encontrarse en otros lugares del país, como en un departamento de biología, en la universidad, en consultores, en INTERPOL o en otros organismos.

En algunas jurisdicciones pueden ser necesarios permisos especiales para recolectar biota debido a las restricciones impuestas en la recogida de especies en peligro de extinción, en el transporte de especies a través de las fronteras o por vía aérea, o en el uso de técnicas que de otro modo podrían ser ilegales para la recolección de biota.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Esta sección no aborda la recogida de virus y bacterias altamente patógenas que requiere precauciones especiales y debe realizarse por personal altamente capacitado.

9.1 NIVELES DE BIOSEGURIDAD

Antes de proceder a realizar cualquier tipo de muestreo en microorganismos, asegurar del nivel de bioseguridad de la instalación para poder determinar el nivel del equipo de protección personal (EPI) necesario. Existen cuatro niveles de riesgo de bioseguridad, siendo el nivel 4 el que corresponde a las instalaciones que manipulan los agentes patógenos más peligrosos.

Advertencia: para las descripciones generales del equipo de protección, consultar la **SECCIÓN 2.6.5 (VOLUMEN I)**. Sin embargo, en el caso de riesgos biológicos graves, hay que consultar con la jurisdicción local para conocer el procedimiento jurídico exigido para tratar los riesgos biológicos.

9.2 TÉCNICA ASÉPTICA

El muestreo bacteriano suele ser realizado por funcionarios de salud provinciales o federales con la debida formación en técnicas asépticas (estériles). Es fundamental que antes de proceder a la toma de muestras bacterianas, se disponga de formación en técnicas asépticas. La técnica aséptica es necesaria no solo para garantizar su seguridad cuando manipula microorganismos, sino también para evitar la contaminación de la muestra



con organismos ambientales. La contaminación puede provenir del aire y de las superficies de la zona donde se toman las muestras, así como de las manos o de las mucosas. No se debe tocar nunca la muestra o el interior de los recipientes sin guantes, ni se debe estornudar o toser en la muestra. El uso de las técnicas asépticas significa que se deben manipular todos los materiales de manera que no se produzca contaminación por material biológico en las superficies de los equipos y recipientes de muestras como resultado de haberlos tocado con guantes o ropa contaminados, o de haber propagado los contaminantes en el aire o el agua (como la pulverización de aerosoles, o la salpicadura o el rociado de líquidos contaminados). Todas las superficies (especialmente los utensilios de muestreo y los recipientes o refrigeradores de muestras) deben estar limpias y sin contaminantes.

EQUIPAMIENTO

Verificar el equipo antes de efectuar la toma de muestras para cerciorarse de que está limpio y estéril con el fin de evitar la contaminación.

- Equipo de protección personal adecuado en función de los requisitos del nivel de contención (ver **SECCIÓN 2.6, VOLUMEN I**).
- Recipientes adecuados para la toma de muestras (ver **SECCIÓN 2.9.3.4, VOLUMEN I**). Los recipientes de las muestras deben haber sido previamente esterilizados en autoclave y, por lo tanto, deben ser estériles.
- Artículos reutilizables como pinzas de acero inoxidable, fórceps, bisturí, cucharas de muestreo, pala o espátula, punzones de biopsia y contenedores estériles.
- Los artículos reutilizables deben ser esterilizados previamente en autoclave y colocados en sus correspondientes contenedores asépticos.
- Artículos desechables como placas de Petri, kits de torundas bacterianas, pipetas de vidrio o plástico, perillas de goma al vacío. Comprobar que el embalaje de los artículos desechables y estériles está intacto.
- Adquirir o preparar un recipiente para el almacenamiento seguro de los artículos desechables contaminados después de su uso.
- Adquirir o preparar un recipiente para el almacenamiento seguro de los artículos reutilizables contaminados después de su uso.
- Desinfectante de amplio espectro, como Virkon, Wescodyne o alcohol isopropílico.
- Toallitas desechables como toallitas de celulosa (por ejemplo, toallitas KIMwipes)
- Cinta adhesiva adecuada para volver a sellar los envases de productos que se han abierto durante el muestreo.
- Torundas de algodón esterilizado o kits de torundas.

9.3 MUESTREO BACTERIOLÓGICO

El muestreo bacteriológico puede realizarse en líquidos, sólidos (superficies o núcleos), agua estancada o corriente y en fuentes de suministro de agua.

9.3.1 MUESTREO BACTERIOLÓGICO EN LÍQUIDOS

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Minimizar la generación de polvo o residuos en el aire para no contaminar la muestra o a usted mismo.

2. Si se dispone de un envase sellado y etiquetado de la muestra fácilmente transportable, se debe almacenar a una temperatura de 4°C en un recipiente de envío debidamente sellado y etiquetado, y después llevarlo al laboratorio intacto.
3. El líquido debe mezclarse bien para que la muestra sea una representación exacta del contenido del líquido.
4. Si se toman muestras de un recipiente grande (barril o tanque), no se debe permitir que el material de muestreo toque el fondo, los lados o la apertura del recipiente para evitar la contaminación.
5. Con una pipeta estéril desechable, tomar la muestra por debajo de la superficie del líquido porque es probable que la superficie esté contaminada por el aire.
6. Transferir la muestra al recipiente de muestras. No se deben tocar las paredes o el fondo del recipiente de muestras.
7. En el caso de equipos reutilizables, limpiar el exceso de líquido del equipo de muestreo reutilizable para evitar la contaminación de la muestra. Comprobar que el equipo reutilizable se deposita de nuevo en el recipiente de almacenamiento adecuado.
8. Cerrar, sellar y limpiar el exterior del recipiente de la muestra con un desinfectante de amplio espectro, como Virkon o Wescodyne, o con alcohol isopropílico.
9. Desechar el equipo de muestreo y las toallitas contaminadas en el contenedor de almacenamiento adecuado.
10. El envase de la muestra sellado y etiquetado se debe almacenar a una temperatura de 4°C en un recipiente de envío debidamente sellado y etiquetado para después llevarlo al laboratorio intacto.
11. Si procede, volver a sellar el contenedor del producto (barril o tanque).

9.3.2 MUESTREO BACTERIOLÓGICO EN SUPERFICIES

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Minimizar la generación de polvo o residuos en el aire para no contaminar la muestra o a usted mismo.
2. Llevar una máscara facial y evitar respirar en la superficie. Llevar guantes. Ver **SECCIÓN 2.6, VOLUMEN I.**
3. Extraer la torunda de algodón estéril del recipiente o del kit de torundas.
4. Pasar la torunda por la superficie y colocarla inmediatamente en el recipiente del kit de torundas.
5. Desechar el equipo de muestreo y las toallitas contaminadas en el contenedor de almacenamiento adecuado.
6. El envase de la muestra sellado y etiquetado se debe almacenar a una temperatura de 4°C en un recipiente de envío debidamente sellado y etiquetado para después llevarlo al laboratorio intacto.

9.3.3 MUESTREO BACTERIOLÓGICO EN SÓLIDOS

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Minimizar la generación de polvo o residuos en el aire para no contaminar la muestra o a usted mismo.
2. Si se dispone de un envase sellado y etiquetado de la muestra fácilmente transportable, almacenarlo a una temperatura de 4°C en un recipiente de envío debidamente sellado y etiquetado para después llevarlo al laboratorio intacto.
3. Si se debe tomar la muestra de un recipiente o bolsa grande, hacerlo, si es posible, de un recipiente sin abrir. Utilizar el material de muestreo adecuado para abrir el contenedor de forma estéril.



4. Si se toman muestras de un recipiente grande, no se debe permitir que el material de muestreo toque el fondo, los lados o la apertura del recipiente para evitar la contaminación.
5. Con una cuchara, cucharón o espátula estéril, tomar la muestra por debajo de la superficie del líquido, es probable que la superficie esté contaminada por el aire.
6. Transferir la muestra al recipiente de muestras. No se deben tocar las paredes o el fondo del recipiente de muestras.
7. Cerrar, sellar y limpiar el exterior del recipiente de la muestra con un desinfectante de amplio espectro, como Virkon o Wescodyne, o con alcohol isopropílico.
8. Deseche el equipo de muestreo y las toallitas contaminadas en el contenedor de almacenamiento adecuado.
9. El envase de la muestra sellado y etiquetado se debe almacenar a una temperatura de 4 °C en un recipiente de envío debidamente sellado y etiquetado, y después llevarlo al laboratorio intacto.
10. Volver a sellar el contenedor del producto.

9.3.4 MUESTREO BACTERIOLÓGICO EN AGUA ESTANCADA O CORRIENTE

Para recoger la muestra, se puede sostener directamente el recipiente de muestras estéril en la mano, o utilizar un dispositivo de muestreo, como un alargador u otros dispositivos enumerados en la **SECCIÓN 6.0**. Generalmente, la toma de muestras de agua corriente o estancada sirve para determinar el vertido de residuos de animales o de aguas residuales humanas. El muestreo de bacterias coliformes se suele realizar con botellas de vidrio estériles de 250 ml. Ver **TABLA 2.9.3.4, VOLUMEN I**. Las botellas pueden sujetarse con guantes estériles o insertarse en pértigas de muestreo con pinzas o en soportes.

EQUIPAMIENTO

Comprobar el equipo antes de la toma de muestras para asegurarse de que está limpio y estéril con el fin de evitar la contaminación.

- Equipo de protección personal adecuado en función de los requisitos del nivel de contención.
- Recipientes adecuados para la toma de muestras (ver **TABLA 2.9.3.4**)
Los recipientes de las muestras deben haber sido previamente esterilizados en autoclave y, por lo tanto, deben ser estériles.



Pértiga de muestreo con portabotellas, fabricada con tubo de fontanería de PVC.

Dirección de Muestreo

Dirección del flujo

FIGURA 9.1 :
Muestreo bacteriológico de un líquido de la orilla del río para analizar, por ejemplo, la presencia de coliformes.
(Cortesía del DOE de Canadá)

- Equipo de muestreo adecuado, como pértigas de muestreo, muestreadores de aguas profundas, etc.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Retirar la tapa sin tocar la superficie interior de la tapa ni la boca de la botella.
2. Si el muestreo se efectúa a mano, sumergir y mantener el recipiente estéril en la corriente lejos del muestreador a una profundidad de 15 a 30 cm. Si no hay corriente, se debe crear una corriente artificial moviendo la botella horizontalmente lejos del muestreador.
3. Al sacar la botella del agua, inclinar el recipiente hacia arriba para dejar unos 3 a 5 cm de aire por encima del nivel del agua para que se pueda realizar una mezcla adecuada en el laboratorio.
4. La muestra sellada se debe almacenar a una temperatura de 4 °C en un recipiente de envío debidamente sellado y etiquetado, y después llevarlo al laboratorio.

9.3.5 MUESTREO BACTERIOLÓGICO DE GRIFOS Y VÁLVULAS

El agua del grifo puede contener cloro libre que debe ser neutralizado tras la recogida de la muestra.

EQUIPAMIENTO

Comprobar el equipo antes de la toma de muestras para asegurarse de que está limpio y estéril con el fin de evitar la contaminación.

- Equipo de protección individual adecuado en función de los requisitos del nivel de contención,
- Recipientes adecuados para la toma de muestras (ver **TABLA 2.9.3.4, VOLUMEN I**). Los recipientes de las muestras deben haber sido ser previamente esterilizados en autoclave y, por lo tanto, deben ser estériles.
- Mezcla adecuada de tiosulfato de sodio.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

Tras la toma de muestras, el análisis bacteriano se debe efectuar tan pronto como sea posible, preferiblemente entre 1 y 6 horas después de la toma de muestras. Consultar al laboratorio los tiempos de conservación de las muestras y organizar el transporte de las mismas para respetar dichos plazos.

1. Antes de la toma de muestras, lavar la línea de agua durante unos 2 o 3 minutos.
2. Utilizar un kit de prueba de cloro libre para determinar la presencia de cloro libre. Si hay cloro libre, es poco probable que la muestra tenga bacterias vivas.
3. Retirar la tapa sin tocar la superficie interior de la tapa ni la boca de la botella.
4. No se debe enjuagar la botella de muestra con agua del grifo.
5. Sostener la botella de muestra bajo el grifo y llenarla.
6. Si el cloro libre está presente y todavía se necesita recoger una muestra:
 - Verter una pequeña cantidad de la muestra y dejar espacio para añadir tiosulfato de sodio.
 - Añadir tiosulfato de sodio (normalmente unas gotas). Volver a analizar la muestra con un kit de prueba de cloro libre para confirmar que no hay cloro libre.
7. No se debe toser ni respirar dentro de la botella, se debe cerrar lo antes posible.



9.4 MUESTREO DE ESPECIES SILVESTRES

Las especies silvestres (peces, aves, mamíferos terrestres y marinos) suelen ser objeto de muestreo como resultado de un accidente o envenenamiento resultante de actividades humanas, como el envenenamiento, el agotamiento del oxígeno o el aumento de la temperatura a causa de los vertidos de residuos municipales o industriales, la escorrentía de nutrientes o los pesticidas en la agricultura, la gestión del nivel del agua (como las presas hidroeléctricas) y los vertidos químicos o de otro tipo. La muerte de especies silvestres se puede deber a causas naturales como cambios de temperatura, tormentas, hielo y nieve, descomposición de materiales naturales que agotan el oxígeno, cambios de salinidad, mortalidad por desove, parásitos y epidemias bacterianas o víricas.

En caso de muerte de especies silvestres, puede ser necesaria una investigación sobre el terreno para determinar la causa (natural o provocada por el hombre) y para decidir si es necesario emprender acciones legales.

- la observación visual,
- la recogida de muestras de peces (incluidos los crustáceos) de agua y de otra biota,
- las medidas físicas del entorno.

FIGURA 9.2 :
Animales muertos recogidos por la contaminación y catalogados (Cortesía de EPA de Estados Unidos en Ohio)



1. Documentar las zonas donde se encontraron los animales muertos con coordenadas GP y mapas.
2. Hacer un inventario cuidadoso de los peces y animales muertos en cada zona para estimar el impacto de la contaminación en términos de número de animales muertos y el impacto económico que podría ayudar a calcular las sanciones financieras, así como civiles y/o penales.

Para preparar una investigación de campo, hay que estudiar los mapas de la zona y determinar el área de mortalidad de las especies silvestres y el acceso a la misma. Si es necesario vigilar una masa de agua o una zona en particular, se debe disponer de mapas actuales y del equipo en reserva. Identificar los vertederos de residuos. Ponerse en contacto con los laboratorios asociados para conocer el número y los tipos de muestras que se deben efectuar, los tipos de análisis requeridos, el método de envío de las muestras y la fecha en que deben comunicarse los resultados.

9.4.1 INVESTIGAR LA MORTANDAD DE PECES Y CRUSTÁCEOS POR CONTAMINACIÓN

La mortandad de peces requiere que se efectúe una toma de muestras de los peces y de la calidad del agua en las zonas afectadas y en las que no lo están. Es imprescindible llegar al lugar en que se ha producido dicha mortandad lo antes posible para maximizar la recogida y conservación adecuada de pruebas. Para la contaminación por aceite o petróleo, consultar **SECCIÓN 6.3**



FIGURA 9.3 :
Conservación de muestras de
pescado para el análisis de
metales o sustancias orgánicas,
o para comprobar la estructura de
los tejidos.
(Cortesía del DOE de Canadá)

EQUIPAMIENTO

- Equipo de protección personal adecuado en función de los requisitos para el supuesto tóxico (ver **SECCIÓN 2.6.5, VOLUMEN I.**)
- Recipientes adecuados para las muestras de agua de calidad (consultar **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I.**)
- Recipientes de muestra apropiados para recoger muestras de los peces que estén adaptados al tamaño de los mismos.
Los recipientes pueden ser:
 - frascos de vidrio de boca ancha de 1,0 L o más,
 - rollos de papel de aluminio para envolver el pez,
 - bolsas de plástico para meter el pez.
- Termómetro.
- Prueba para medir el oxígeno disuelto (kit o medidor).
- Medidor de conductividad.
- Peachímetro (pHmetro) o papel indicador de pH.
- Kit de análisis o medidor de cloro.
- Kit de prueba de amoníaco.
- Redes de mango largo con un tamaño de malla para capturar peces.
- Hielo (si no se dispone de fijadores).
- Fijador de formalina. La formalina es una mezcla compuesta de un 70% de agua y un 30% de formaldehído. Es un fijador tóxico que preserva la estructura celular en muestras biológicas, por lo que debe manipularse con cuidado siguiendo las directrices locales de seguridad laboral.
- Solución de 90 % de alcohol n-propílico. El alcohol n-propílico es un alcohol que se utiliza para conservar la muestra de tejido a largo plazo.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Incluir en el equipo de investigación al menos a una persona con experiencia en la investigación de la mortandad de peces. Los observadores locales pueden ser guías útiles de la zona.
2. Intentar estimar y registrar, con la mayor precisión posible, el número total de animales o peces muertos y moribundos.
3. Recoger muestras de agua de zonas contaminadas y no contaminadas. Si es posible, empezar por las zonas no contaminadas y avanzar hacia la fuente de contaminación. Se debe dar prioridad a la recogida de muestras



en aquellos lugares donde se cree que las pruebas desaparecerán más rápidamente.

4. Recoger las muestras de peces, como se describe a continuación, tanto de las zonas contaminadas como de las no contaminadas. Las muestras de especies de peces pequeños (peces forrajeros) deben agruparse para obtener muestras de un tamaño adecuado. Si es posible, empezar por las zonas no contaminadas y avanzar hacia la fuente de contaminación.
5. Medir y registrar la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto. Realizar pruebas adicionales (cloruro, amoníaco) en función de las supuestas causas de la muerte de los peces.
6. Anotar el aspecto del agua, el caudal y las condiciones meteorológicas.
7. Hacer fotografías en color para registrar las condiciones del sitio y las muestras.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS PATOLÓGICOS

- Procurar no dañar los ejemplares.
- Las muestras de peces para el análisis de tejidos patológicos no deben congelarse para que los cristales de hielo no destruyan la estructura celular. Si no se dispone de fijadores, envolver el pescado en plástico, colocarlo sobre bolsas de hielo (o botellas de agua congelada) y transportarlo al patólogo lo antes posible.
- Los peces deben colocarse en un frasco de vidrio y se debe añadir fijador de formalina para preservar la estructura celular de la muestra para el análisis patológico. La muestra debe estar en remojo en el fijador durante al menos 24 horas y luego debe escurrirse en un recipiente de residuos seguro.
- Después de escurrir el fijador de formalina de la muestra de peces que será sometida al análisis patológico, añadir el alcohol n-propílico al 90% para conservar la muestra de peces para su análisis. La muestra debe estar sumergida en el alcohol y debe ser sometida al análisis patológico del tejido.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS ORGÁNICO Y DE PESTICIDAS

- No se deben añadir fijadores o conservantes al recipiente de la muestra.
- Para el análisis de sustancias orgánicas, las muestras de peces deben envolverse en papel de aluminio y sellarse en bolsas de plástico con cierre, extrayendo la mayor cantidad de aire posible.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE METALES

- No se deben añadir fijadores o conservantes al recipiente de la muestra.
- Para el análisis de metales, las muestras de peces deben envolverse en papel de aluminio y sellarse en bolsas de plástico con cierre, extrayendo la mayor cantidad de aire posible.

9.4.2 INVESTIGAR LA MORTANDAD DE AVES Y ESPECIES SILVESTRES POR CONTAMINACIÓN

En cuanto a la mortandad de aves y otras especies silvestres, será necesario recoger muestras de animales y, posiblemente, de la calidad del agua, del suelo y de la vegetación de las zonas afectadas y de las que no lo están. Es imprescindible llegar al lugar en el que se ha producido la muerte de las especies silvestres lo antes posible para maximizar la recogida y conservación adecuada de pruebas. Para la contaminación por aceite o petróleo, consultar **SECCIÓN 6.3**.

EQUIPAMIENTO

Si se sospecha que la calidad del agua es la fuente de toxicidad, consultar **SECCIÓN 2.9.2., VOLUMEN I.**

- Equipo de protección personal adecuado en función de los requisitos para el supuesto tóxico (ver **TABLA 2.6, VOLUMEN I.**)
- Recipientes adecuados para recoger las muestras de calidad del suelo (consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I.**)
- Recipientes de muestra apropiados para recoger muestras de especies silvestres que puedan contener las partes fundamentales del animal o el animal entero. Los recipientes pueden ser:
 - frascos de vidrio de boca ancha de 1,0 l o más en los que pueda caber el animal entero (o ciertas partes),
 - rollos de papel de aluminio para envolver la especie silvestre,
 - bolsas de plástico para meter el animal,
- Redes de mango largo con un tamaño de malla que sirva para capturar la especie silvestre en cuestión.
- Hielo (si no se dispone de fijadores).
- Fijador de formalina. La formalina es una mezcla compuesta de un 70% de agua y un 30% de formaldehído. Es un fijador tóxico que preserva la estructura celular en muestras biológicas, por lo que debe manipularse con cuidado siguiendo las directrices locales de seguridad laboral.
- Solución de 90 % de alcohol n-propílico. El alcohol n-propílico es un alcohol que se utiliza para conservar la muestra de tejido a largo plazo.
- La **SECCIÓN 9.6** presenta el material necesario para desinfectar los equipos ya que las precauciones que se recomiendan son similares a las se aconsejan para las inspecciones de granjas.

Nota: es posible que también haya que recoger muestras del suelo y de los productos. Consultar también **SECCIÓN 7**

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Incluir en el equipo de investigación al menos a una persona con experiencia en la investigación de mortandad de especies silvestres. Los observadores locales o los funcionarios encargados de la conservación de la vida silvestre pueden ser guías útiles de la zona.
2. Intentar estimar y registrar, con la mayor precisión posible, el número total de animales muertos y moribundos.
3. Algunos animales pueden ser demasiado grandes para poder ser transportados al laboratorio. Consultar con el laboratorio local de análisis y patología qué partes del animal son necesarias para el análisis. Las partes que se suelen analizar son la boca, la lengua, el contenido del estómago, el hígado y el tejido adiposo. En caso de que haya que cortar ciertas partes del animal, obtener ayuda de alguien que esté capacitado en técnicas de identificación y extracción de tejidos.
4. Recoger y almacenar el animal entero en un contenedor o recoger las partes recomendadas por el laboratorio o el patólogo, como se indica a continuación.
5. Registrar las observaciones del sitio y las condiciones meteorológicas.
6. Hacer fotografías en color para registrar las condiciones del sitio y las muestras.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS PATOLÓGICOS

Procurar no dañar los ejemplares.

- Las muestras de animales o de sus partes para el análisis de tejidos patológicos no deben congelarse para que los cristales de hielo destruyan la estructura celular. Si no se dispone de fijadores, envolver el animal o las partes del mismo en plástico, colocarlo sobre bolsas de hielo (o botellas de agua congelada) y transportarlo al patólogo lo antes posible.



- Si se dispone de fijadores, los animales o las partes del mismo deben colocarse en un frasco de vidrio y se debe añadir fijador de formalina para preservar la estructura celular de la muestra para el análisis patológico. La muestra debe estar en remojo en el fijador durante al menos 24 horas y luego debe escurrirse en un recipiente de residuos seguro.
- Después de escurrir el fijador de formalina de la muestra de animal que será sometida al análisis patológico, añadir el alcohol n-propílico al 90% para conservar la muestra de animal o tejido para su análisis. La muestra debe estar sumergida en el alcohol y debe ser sometida al análisis patológico del tejido.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS ORGÁNICO Y DE PESTICIDAS

- No se deben añadir fijadores o conservantes al recipiente de la muestra.
- Para el análisis de sustancias orgánicas o de pesticidas, las muestras de animales o las partes del mismo se deben envolver en papel de aluminio y sellar en bolsas de plástico con cierre extrayendo la mayor cantidad de aire posible
- Las muestras deben mantenerse a una temperatura de 4 °C o congeladas y deben ser transportadas al laboratorio lo antes posible para su análisis.

MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE METALES

- No se deben añadir fijadores o conservantes al recipiente de la muestra.
- Para el análisis de metales, las muestras de animales o las partes del animal se deben envolver en papel de aluminio y sellar en bolsas de plástico con cierre, extrayendo la mayor cantidad de aire posible.
- Las muestras deben mantenerse a una temperatura de 4 °C o congeladas y deben ser transportadas al laboratorio lo antes posible para su análisis.

9.5 MUESTREO DE LA VEGETACIÓN

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Las muestras de vegetación se deben recoger por separado utilizando tijeras u otras herramientas para cortar la muestra y colocarla en un frasco.
2. Recoger muestras de vegetación de las zonas contaminadas y de las que no lo están. Si es posible, empezar por las zonas no contaminadas y avanzar hacia la fuente de contaminación. Se debe dar prioridad a la recogida de muestras en aquellos lugares donde se cree que las pruebas desaparecerán más rápidamente.
3. Las muestras de vegetación se deben almacenar a una temperatura de 4 °C, si el análisis de la estructura celular es importante.
4. En caso de que se deba efectuar un análisis de sustancias orgánicas o de metales pesados, las muestras de vegetación se deberán congelar.
5. Puede ser que sea necesario descontaminar el equipo de muestreo. Ver también **SECCIÓN 9.2**).



9.6 MUESTREO EN GRANJAS

Cuando se llevan a cabo inspecciones de granjas, se deben seguir los procedimientos de bioseguridad adoptados por los veterinarios. Esto permite evitar la transferencia de bacterias o virus nocivos de las manos, la ropa y los vehículos de una granja a otra, reducir el riesgo de causar infecciones al ganado y evitar la pérdida innecesaria de los animales de la granja. No respetar estos procedimientos, podría dar lugar a infecciones generalizadas en las granjas y a tener que asumir una responsabilidad financiera.

EQUIPAMIENTO PARA EL MUESTREO SOLICITADO

- Consultar la sección del manual que corresponde a este tipo de equipo.

EQUIPO PARA LA DESINFECCIÓN DEL PERSONAL Y DE LOS VEHÍCULOS DE CAMPO

- Botas de goma que se pueden limpiar y luego reutilizar,
- bolsas de basura desechables de gran calibre,
- monos lavables, reutilizables o desechables,
- redes para el cabello,
- guantes de goma desechables o lavables,

FIGURA 9.4 :
Toma de muestras en una explotación y esterilización de botas y vehículos tras una inspección de la explotación. (Cortesía del DOE de Canadá)



- jabón antibacteriano sin agua,
- solución desinfectante (por ejemplo, Virkon),
- agua para otras soluciones, en caso necesario,
- recipiente con tapa para contener la solución desinfectante que sea lo suficientemente grande para poder entrar en él,
- cepillo de fregar con mango largo,
- toallas de papel,
- toallitas antibacterianas,
- pulverizador manual a presión.

A continuación, se exponen las principales etapas para reducir el riesgo de propagación de la contaminación cuando se visita una granja:

- Aparcar el vehículo lejos de la zona del establo, en una zona sin estiércol, a ser posible.
- Ponerse un mono de trabajo limpio en caso de tener que acercarse al establo, corral o a campos con desechos de animales para realizar la inspección.
- A continuación, ponerse las botas desinfectadas (por dentro y por fuera).
- Aunque es poco probable que las personas que recogen las muestras tengan que entrar en el granero, se debe estar preparado para tener que ducharse y llevar un casco o una red para el pelo, en caso de que sea necesario.
- Evitar el contacto innecesario con el ganado, estiércol y pienso.
- Evitar entrar en los graneros que se acaban de vaciar.
- No tocar a los animales de compañía de la granja puesto que están regularmente en contacto con el ganado, el establo y el corral.
- Efectuar las inspecciones y el muestreo necesarios.

Cuando las inspecciones y la recogida de muestras necesarias se hayan completado, se debe iniciar el protocolo de desinfección.

1. Llenar la tina de lavado con agua y añadir desinfectante.
2. Cepillar las botas con desinfectante y luego aclarar con agua limpia.
3. Quitarse el mono y guardarlo en una bolsa de plástico para su eliminación (si es desechable) o para su lavado si es reutilizable.
4. Si el vehículo o los neumáticos se han contaminado con desechos de animales, lavarlos primero con agua y jabón.
5. Llenar el pulverizador manual a presión con desinfectante y rociar la circunferencia de los neumáticos para esterilizarlos y evitar así que se propaguen contaminantes, bacterias y virus a otras granjas.

9.7 USO DE LAS PLANTAS PARA DELIMITAR LA CONTAMINACIÓN (ANÁLISIS FITOQUÍMICO)

Las plantas y los árboles pueden absorber los contaminantes disueltos en las aguas subterráneas y transportarlos por sus tallos.

Esto permite recopilar información sobre las aguas subterráneas subyacentes y la química del suelo mediante el muestreo de núcleos de árboles para determinar la presencia de contaminantes. El contenido químico del núcleo de los árboles puede ser un indicador útil de la contaminación del subsuelo sin alterar el entorno ni exponerse a los contaminantes del suelo o las aguas subterráneas subyacentes. Los métodos analíticos modernos sirven para detectar los contaminantes de las aguas subterráneas, como los compuestos orgánicos volátiles clorados (COVC), los explosivos y algunos metales pesados en niveles bajos. El análisis químico del tejido de los tallos de los árboles y plantas proporciona información preliminar (para la elaboración de mapas, etc.) sobre los contaminantes del subsuelo y se conoce como análisis fitoquímico.

EQUIPAMIENTO PARA EL MUESTREO SOLICITADO

- Recipiente para la muestra apropiado para el tipo de análisis, generalmente un frasco de vidrio de boca ancha (consultar la **SECCIÓN 2.9.2**)
- muestreador para madera;
- martillo.

A continuación, se indican las principales etapas para tomar una muestra para el análisis fitoquímico:



1. La contaminación dispersada por las aguas subterráneas puede ser absorbida por las plantas y acabar en los anillos anuales.
2. Haga un agujero en el tronco para obtener una sección transversal de los anillos anuales.
3. Medir los anillos anuales para estimar el momento en que la contaminación tuvo efecto en la planta y tomar una muestra de los anillos críticos para comprobar el tipo de contaminante implicado.

1. Determinar cuál va a ser la estrategia de muestreo, recoger muestras de plantas a lo largo de una trayectoria conocida del contaminante o establecer sitios de muestreo en círculos concéntricos alrededor de una fuente sospechosa.
2. Utilizar el muestreador para madera para hacer un pequeño agujero de 0,5 cm de diámetro en el árbol y extraer un núcleo de madera de 10 cm de longitud.
3. Introducir la muestra de núcleo en el recipiente de muestras adecuado.
4. Recoger suficientes muestras para poder establecer la ruta de contaminación.
5. Enviar la muestra para su digestión o extracción (dependiendo del componente químico que se investigue) al laboratorio correspondiente utilizando el método analítico apropiado.
6. Puede ser necesario recoger muestras de seguimiento del suelo o de las aguas subterráneas para confirmar una trayectoria de contaminación inferida.

FIGURA 9.5 :

El cribado vegetal mediante la recogida de anillos de crecimiento de las plantas puede ser un método rentable para la inspección inicial de la contaminación del suelo y las aguas subterráneas. (Cortesía de HPC Envirotec)



9.7.1 ANÁLISIS DE LOS TEJIDOS VEGETALES PARA DETECTAR COMPUESTOS QUÍMICOS (DENDROQUÍMICA)

El método analítico utilizado para analizar la muestra de madera (dendroquímica) dependerá del contaminante en cuestión. La dendroquímica ha utilizado con éxito varias técnicas analíticas, como la fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (EDXRF), la emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE), la espectroscopia de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y la espectrometría de emisión atómica (AES). Se prefieren los métodos EDXRF por su capacidad de analizar simultáneamente unos 30 indicadores geoquímicos.

Estos métodos pueden detectar indicadores geoquímicos como metales pesados, cloro, flúor y bromo.

9.7.2 USO DE PLANTAS PARA DATAR LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN (DENDROCRONOLOGÍA)

Los anillos de crecimiento anual de los árboles pueden conservar los cambios químicos ambientales que se producen en el suelo y las aguas subterráneas. El año en que el producto químico es absorbido por las raíces de la planta está directamente relacionado con la concentración del producto químico en el anillo del árbol. La relación entre el anillo del árbol y la fecha debe tener en cuenta los cambios en el medio ambiente y comprender la biología de los árboles, su fisiología y las infecciones de estos.

La datación del efecto de la contaminación y de la contaminación criminal es importante para los tribunales en caso de enjuiciamiento. El análisis fitoquímico y la investigación dendroquímica permiten entender mejor los eventos, actuales y pasados, de liberación de sustancias químicas en el medio ambiente, esto se conoce como investigación vegetal con fines jurídicos.

A continuación, se indican las principales etapas para datar un evento de polución:

1. Recoger una submuestra de la longitud del núcleo de madera relacionada con la fecha de interés cortando la muestra en secciones según el número de anillos del árbol que corresponden a los años de crecimiento antes, durante y después de un incidente.
2. Analizar cada submuestra para detectar la presencia del componente químico en cuestión a fin de obtener el perfil químico del tejido vegetal en ese anillo.
3. Representar el cambio de la concentración de componentes químicos en función de la edad del anillo del árbol (o de la sección de anillos del árbol) para estimar la fecha en que la contaminación llegó a ese punto.

La investigación puede indicar que existe un cambio químico en los anillos anuales. Esta información puede combinarse con los datos de las aguas subterráneas, el suelo y el vapor del suelo, el conocimiento de las fuentes de contaminantes (tipos y ubicaciones, etc.) y de las especies de árboles para determinar el momento en el que se ha producido un episodio de contaminación.



10

MUESTREO DE RESIDUOS PELIGROSOS



Muestreo de residuos peligrosos

No existen métodos normalizados ni aceptados globalmente para la recogida de materiales peligrosos. Los sitios contaminados y los residuos peligrosos, por naturaleza y definición, son susceptibles de contener contaminantes distribuidos al azar en concentraciones desconocidas y en estados potencialmente reactivos que pueden ser perjudiciales para la salud, pueden causar lesiones graves o incluso la muerte. El propósito de la siguiente sección es proporcionar una visión general de la investigación de un sitio de residuos peligrosos y debe leerse junto con la sección escenario **RESIDUOS PELIGROSOS (VOLUMEN I)**.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Para tomar cada una de las muestras, se necesitará un análisis de riesgos asociado a la tarea y un plan de seguridad bien diseñado para la entrada y salida del lugar que cumpla con la normativa local (ver **SECCIÓN 2.6, VOLUMEN I**). Este manual no pretende proporcionar información detallada sobre la manera de elaborar un plan de entrada a un sitio de residuos peligrosos y no se debe recurrir a él con dicho fin. INTERPOL considera que la recogida de muestras de residuos peligrosos requiere de una formación y un equipo especializados. El personal que no haya recibido formación en la recogida de residuos peligrosos no debe realizar dichas actividades.

La siguiente información se presenta para que el investigador medioambiental conozca los criterios generales y los peligros que puede encontrar en una investigación relacionada con residuos peligrosos.

FIGURA 10.1 :
Pasos esenciales para tratar un emplazamiento con residuos peligrosos
(Cortesía de EPA de Estados Unidos y del DOE de Canadá)



1. Asegure el lugar para evitar la exposición y proteger las pruebas.
2. Poner en marcha el protocolo de salud y seguridad, registrar pruebas y tomar muestras de las obras.
3. Utilizar procedimientos para garantizar la esterilidad, recoger muestras de pruebas y tomar fotografías.
4. Empaquete la muestra de pruebas y asegure su continuidad para evitar manipulaciones.
5. Garantizar la salud y la seguridad descontaminando y limpiando adecuadamente el lugar.
6. Presentar muestras para análisis, redactar declaraciones de testigos, obtener informes periciales.



10.1 FUENTES DE RESIDUOS PELIGROSOS

A diferencia de las muestras ambientales ordinarias, las muestras de residuos suelen contener niveles altos o extremadamente altos de contaminantes. Suelen recogerse de bidones, cisternas, vagones cisterna, derrames y en las inmediaciones de un suceso. Las muestras de residuos suelen considerarse muestras peligrosas. Resulta fundamental distinguir entre las muestras ambientales y las de residuos peligrosos a efectos de la elección del equipo de muestreo, las precauciones de seguridad personal, el cumplimiento de los requisitos de transporte y la notificación al laboratorio.

10.2 INFORMAR DE LAS CUESTIONES Y ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN A LOS EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN DEL SITIO DE RESIDUOS PELIGROSOS

El objetivo principal de los equipos de primera intervención en el sitio de residuos peligrosos consiste en asegurar el sitio, evitar nuevos vertidos y limpiar el sitio. Esto podría destruir pruebas esenciales para la investigación judicial. Es fundamental que el investigador jurídico en materia de medio ambiente se ponga en contacto con los equipos de primera intervención en el sitio de los residuos peligrosos para garantizar que las pruebas que son esenciales para la investigación se conservan en la medida de lo posible. Por lo tanto, en cooperación con los equipos de primera intervención en el sitio de los residuos, es necesario decidir el objetivo del inventario y el muestreo antes de perturbar el lugar del accidente o del delito. Un inventario completo ayudará a establecer el orden de magnitud del riesgo o daño medioambiental potencial o real que puede tener una incidencia en los recursos jurídicos y las sanciones según la legislación local. Si es posible, y en interés de la seguridad pública y del medio ambiente, deben aplicarse los siguientes pasos fundamentales antes de que el equipo de primera intervención en materia de residuos peligrosos entre en el lugar:

1. Proteger el sitio para evitar la entrada y salida no autorizadas.
2. Establecer el protocolo de salud y bioseguridad a la entrada y salida (ver **SECCIÓN 2.6, VOLUMEN I.**).
3. Establecer una zona para la manipulación de muestras y pruebas.
4. Registrar de forma permanente
 - el tipo de contenedor,
 - la capacidad (estimada o real),
 - las marcas, etiquetas y el origen,
 - el estado.
5. Tomar fotografías que servirán de registro permanente.
6. Conservar las muestras y las pruebas documentales necesarias.
7. Notificar al laboratorio el tipo y la cantidad de muestras que va a recibir.
8. Iniciar el confinamiento y la limpieza del lugar.

10.3 INFORMAR AL LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE RESIDUOS PELIGROSOS

Las muestras de residuos peligrosos pueden conllevar graves peligros para el personal del laboratorio. Por esta razón, se deben identificar y documentar claramente todas las muestras peligrosas antes de ser enviadas al laboratorio para que los analistas puedan tomar las precauciones necesarias para evitar daños personales y la contaminación del laboratorio.

El laboratorio tomará precauciones específicas para la recepción, manipulación, almacenamiento y el análisis de las muestras de residuos peligrosos. Las concentraciones muy elevadas de contaminantes pueden dañar o contaminar los equipos de análisis del laboratorio. Los analistas necesitan saber de antemano que las muestras son residuos peligrosos y, si es posible, las concentraciones aproximadas para poder manipularlas adecuadamente, por lo general, haciendo diluciones para poder analizarlas con seguridad. Las diluciones se tendrán en cuenta al calcular las concentraciones finales.

10.4 MUESTREO DE RESIDUOS PELIGROSOS- CREACIÓN DE UN INVENTARIO

A efectos legales, puede que no sea necesario tomar muestras de todos los contenedores de residuos peligrosos de un sitio. El plan de muestreo debe identificar el número mínimo de muestras y los tipos de muestra que se deben recoger para iniciar las correspondientes diligencias judiciales.

A efectos de la evaluación medioambiental y la limpieza de un sitio con residuos peligrosos, es necesario inventariar y posiblemente recoger una muestra de cada contenedor. Este trabajo suele asignarse a un contratista especializado en la evaluación y limpieza de residuos peligrosos que, a menudo, se lleva a cabo simultáneamente con la investigación judicial del sitio o una vez que esta ha concluido..

10.5 MUESTREO DE RESIDUOS PELIGROSOS- ELEGIR LA TÉCNICA DE MUESTREO

La técnica utilizada para recoger una muestra de residuos peligrosos debe tener en cuenta:

- el Tipo de contenedor,
- el estado físico del contenedor,
- el tipo de producto que contiene,
- el riesgo para la bioseguridad.

Cada contenedor de residuos peligrosos que va a servir como prueba debe ser muestreado individualmente. Los procedimientos de muestreo más comunes se presentan en las siguientes secciones. Más información está



disponible en el documento de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos: Samplers and Sampling Procedures for Hazardous Waste Streams, EPA-600/2-80-018, enero de 1980: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30000APW.txt>

Según el lugar y la posición de los contenedores de residuos peligrosos, puede ser necesario poner los contenedores en posición vertical, desplazarlos antes del muestreo o colocarlos en estructuras de contención. Hay que tomar precauciones extremas para que no se produzcan roturas o filtraciones, tanto para garantizar su propia seguridad como para evitar derrames. En función del objetivo del muestreo, las muestras individuales o compuestas pueden realizarse sobre el terreno o en el laboratorio sobre la base de peso/peso o volumen/volumen antes de efectuar el análisis.

10.5.1 EQUIPAMIENTO PARA EL MUESTREO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Generalmente, el material necesario para el muestreo de residuos peligrosos es el siguiente:

- Equipo de protección para manipular las sustancias químicas sospechosas o identificadas en el plan de salud y seguridad. Ver **SECCIÓN 2.6, VOLUMEN I**. Consultar también la base de datos de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) del Gobierno de Estados Unidos: <http://www.cdc.gov/niosh/data/>
- Equipo de seguridad que incluya chalecos salvavidas para trabajar en una embarcación para el muestreo en aguas profundas y en la costa.
- Equipo para establecer una zona de descontaminación (ver RESIDUOS PELIGROSOS 1, Volumen I.).
- Equipo para establecer un sitio de mando y control.
- Equipo para recoger muestras específicas. Consultar también el documento de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos: Samplers and Sampling Procedures for Hazardous Waste Streams, EPA-600/2-80-018.
- Llave para abrir el barril sin generar chispas.
- Linterna de emergencia que no produzca chispas.
- Bomba peristáltica con tubo de muestra adecuado.
- Lonas protectoras de polietileno - mínimo 1 m x 1 m.
- Bandejas de acero inoxidable (aluminio o plástico) para colocar las muestras o
- Bandejas de plástico forradas con papel de aluminio o polietileno según el tipo de contaminante.
- Agua destilada o desionizada en botellas de lavado para el muestreo de sustancias no orgánicas.
- Acetona o hexano de grado reactivo en botellas de lavado, si el muestreo es para sustancias orgánicas.
- Desinfectantes y jabones para la descontaminación.
- Equipamiento especial para abrir los contenedores de residuos peligrosos.
- Pintura de esmalte (naranja) en aerosol para marcar los contenedores.

10.6 CONTENEDORES PARA EL MUESTREO DE RESIDUOS PELIGROSOS

La apertura de contenedores de residuos peligrosos presenta numerosos riesgos de seguridad que pueden provocar lesiones graves o incluso la muerte. A continuación, se exponen ejemplos de las técnicas utilizadas normalmente para abrir contenedores de diversos tipos y tamaños.

10.6.1 MUESTREO DE BARRILES DE RESIDUOS LÍQUIDOS PELIGROSOS

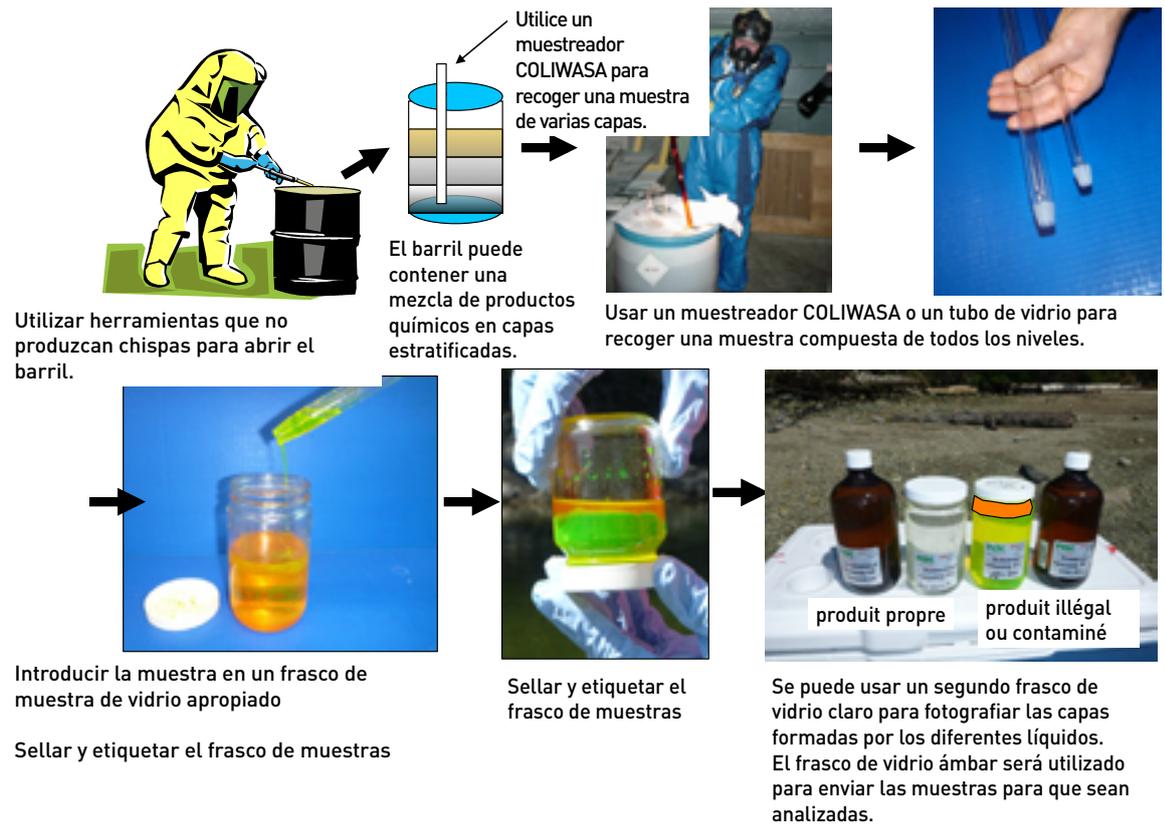
Los líquidos peligrosos pueden encontrarse en contenedores con cualquier forma que suelen estar corroídos, presurizados y que presentan riesgo de liberación repentina de presión, ignición o explosión. Personal con experiencia en el muestreo de residuos peligrosos debe evaluar estos riesgos y establecer medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir los riesgos hasta niveles aceptables.

EQUIPAMIENTO

Para manipular líquidos peligrosos en contenedores, pueden ser necesarias una o más de las siguientes herramientas que no producen chispas, así como el material asociado:

- abridor de barriles a distancia,
- abridor de barriles que no produzca chispas,
- dispositivo para penetrar los contenedores,
- frasco de boca amplia o ancha,
- bandeja de aluminio, acero inoxidable o plástico para contener los goteos del muestreador,
- muestreador de tipo COLIWASA (de vidrio o plástico según el tipo de material muestreado),
- toallas de papel absorbente para limpiar utensilios y derrames.

FIGURA 10.2 :
Muestreo de bidones de residuos peligrosos líquidos que pueden contener capas de contaminación.
(Cortesía del DOE de Canadá)



ROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Colocar el recipiente de muestras de boca ancha en la bandeja de contención.
2. Seleccionar el dispositivo adecuado para abrir el contenedor de forma segura.
3. Introducir el dispositivo de muestreo para recoger una muestra de arriba a abajo del barril.

10.6.2 MUESTREO DE TANQUES DE RESIDUOS LÍQUIDOS A GRANEL CON UNA BOTELLA PARA MUESTRAS COMPUESTAS O CON UN MUESTREADOR COLIWASA

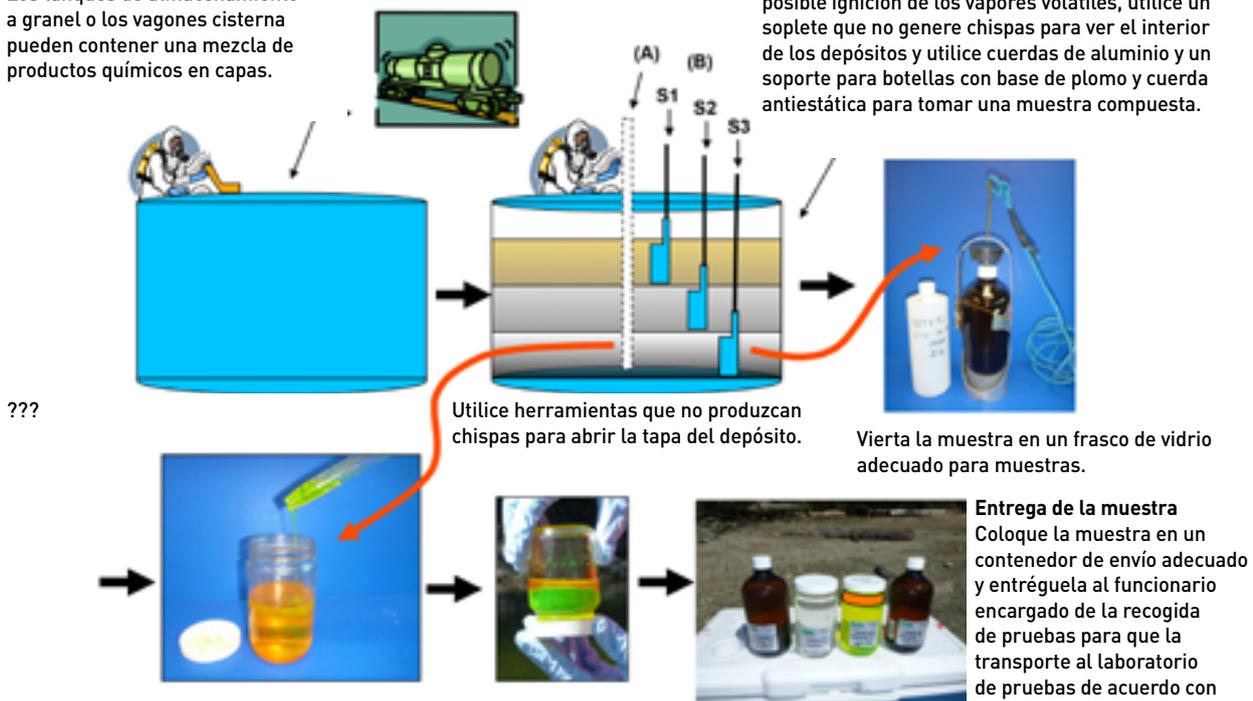
Los tanques de almacenamiento a granel o los vagones suelen estar corroídos, presurizados y presentan riesgo de liberación repentina de presión, ignición o explosión. Personal con experiencia en el muestreo de residuos peligrosos debe evaluar estos riesgos y establecer medidas de mitigación para eliminar o reducir los riesgos hasta niveles aceptables.

EQUIPAMIENTO

Para manipular líquidos peligrosos en contenedores, pueden ser necesarias una o más de las siguientes herramientas que no producen chispas y el material asociado:

- herramientas o llaves que no produzcan chispas para abrir las tapas de los tanques a granel o de los vagones;
- soporte para contenedores de muestras que no produzcan chispas y cuerdas o
- muestreador COLIWASA que no produzca chispas con una longitud suficiente para alcanzar el fondo del tanque o
- bomba peristáltica que no produzca chispas y tubos;
- frasco de boca amplia o ancha;
- bandeja de aluminio, acero inoxidable o plástico para contener los goteos del muestreador;
- toallas de papel absorbente para limpiar utensilios y derrames.

Los tanques de almacenamiento a granel o los vagones cisterna pueden contener una mezcla de productos químicos en capas.



Sellar y etiquetar el frasco de muestras. Se puede usar un segundo frasco de vidrio claro para fotografiar las capas formadas por los diferentes líquidos. El frasco de vidrio ámbar será utilizado para enviar las muestras para que sean analizadas.

FIGURA 10.3 :
Muestreo de tanques de almacenamiento de residuos líquidos a granel que pueden contener capas de contaminación. (Cortesía del DOE de Canadá)

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Colocar el recipiente de muestras de boca ancha en la bandeja de contención.
2. Seleccionar el dispositivo adecuado para abrir el tanque de forma segura.
3. Introducir el dispositivo de muestreo para recoger una muestra de arriba a abajo del tanque.

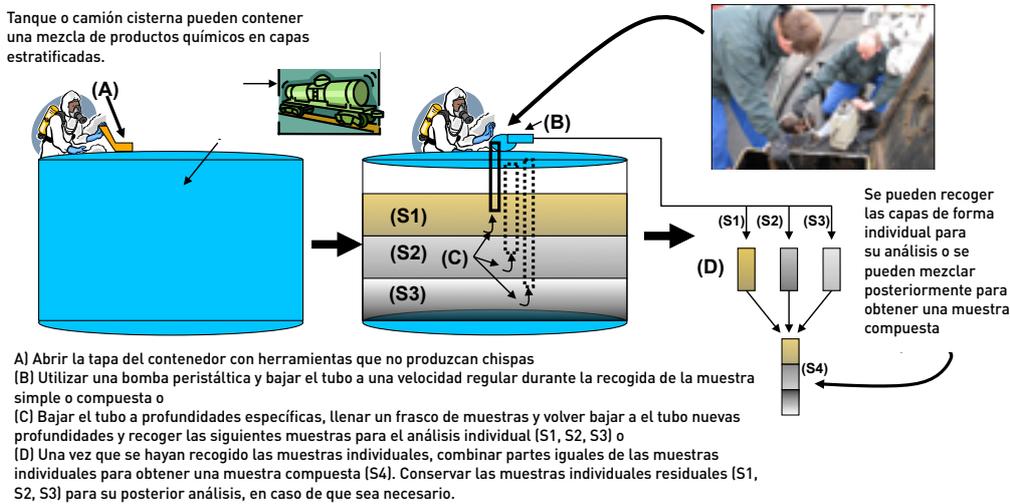
FIGURA 10.4 :
Cortesía de la ILT (Inspección de Medio Ambiente y Transporte) de Países Bajos

10.6.3 MUESTREO DE TANQUES DE RESIDUOS LÍQUIDOS A GRANEL CON BOMBAS

Las bombas peristálticas utilizan el vacío para transportar las muestras. Este vacío puede provocar cierta desgasificación y pérdida de compuestos orgánicos volátiles (COV) de la muestra. Si no se requieren datos cuantitativos precisos de los COV y los gases disueltos, se pueden utilizar bombas peristálticas.

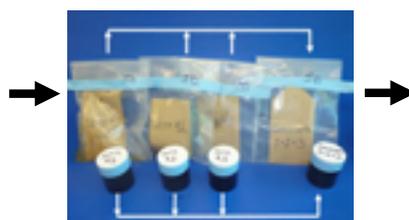
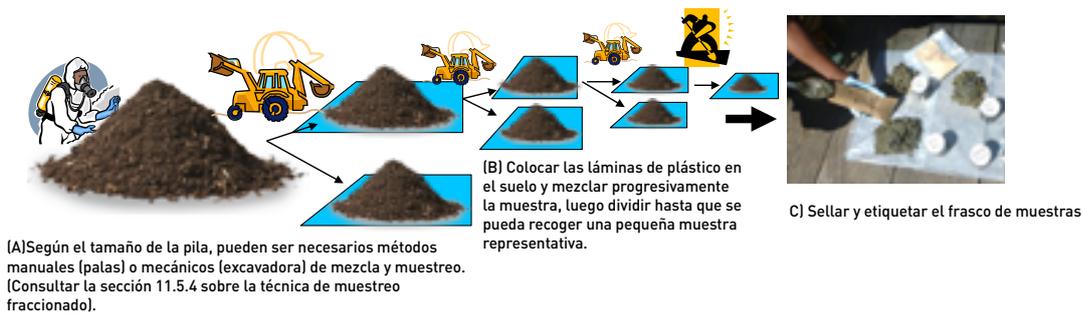
NOTA: Debido a los riesgos de explosión, hay que cerciorarse de que no hay peligro de que las fuentes de alimentación (baterías), los cables eléctricos o las bombas produzcan chispas eléctricas en presencia de productos orgánicos volátiles. Es decir, hay que situar la bomba o batería lo más lejos posible de las muestras o de las bocas de aireación. Comprobar que los contenedores tienen una conexión eléctrica a tierra adecuada para evitar la acumulación de carga estática y la formación de arcos eléctricos que podrían causar una explosión o un incendio.

Tanque o camión cisterna pueden contener una mezcla de productos químicos en capas estratificadas.



10.6.4 MUESTREO DE PILAS DE RESIDUOS SÓLIDOS A GRANEL MEDIANTE MUESTRAS DIVIDIDAS

FIGURA 10.5 :
(Cortesía de EPA de Estados Unidos etdel DOE de Canadá)



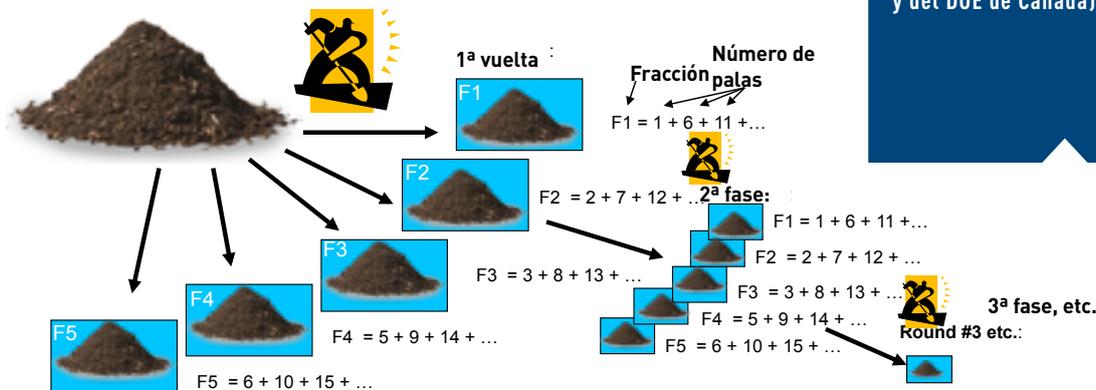
(C) Recoger muestras en recipientes limpios. Según la naturaleza del producto, elegir un recipiente de plástico o de vidrio y envolverlo en una bolsa sellada para garantizar la seguridad de los investigadores y de los empleados del laboratorio. (Ver sección 13).



(D) Entregar la muestra
 Depositar la muestra en un contenedor de transporte adecuado y entregarla al funcionario encargado de la recogida de pruebas para que sea transportada al laboratorio de análisis de acuerdo con la normativa local de transporte de mercancías peligrosas.



10.6.5 MUESTREO DE PILAS DE RESIDUOS SÓLIDOS A GRANEL MEDIANTE MUESTREO FRACCIONADO⁽¹⁾



1ª vuelta: se puede usar el muestreo fraccionado con una pala manual para reducir una muestra a un tamaño adecuado para que pueda ser enviada a analizar. Colocar varias láminas de plástico (en este ejemplo 5 hojas). Cada pala se llena y se coloca encima de la hoja pasando progresivamente a la siguiente hoja y volviendo a la pila original. Esto crea una secuencia numerada para cada pila.

2ª vuelta: Si las pilas fraccionadas de la primera fase son demasiado grandes, se puede hacer una selección al azar de una de las pilas y repetir el proceso de fraccionamiento utilizando una pila más pequeña de la 1ª fase como fuente.

3ª vuelta: Este proceso se puede repetir hasta que se obtenga un tamaño de muestra adecuado.

1) Referencia: Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos: Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Particulate Laboratory Samples, EPA/600/R-03/027, noviembre de 2003.

10.6.6 ÉCHANTILLONNAGE DE PAQUETS EN VRAC DE DÉCHETS SOLIDES

Los materiales sólidos peligrosos como lodos, materiales granulados o polvo pueden encontrarse en contenedores con cualquier tipo de forma, a menudo corroídos, presurizados y con riesgo de liberación repentina de presión, ignición o explosión. Personal con experiencia en el muestreo de residuos peligrosos debe evaluar estos riesgos y establecer medidas de mitigación para eliminar o reducir los riesgos hasta niveles aceptables.

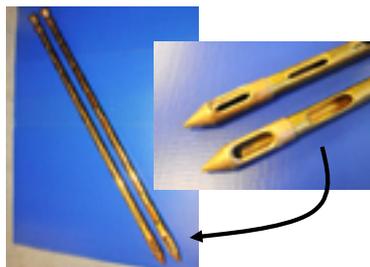
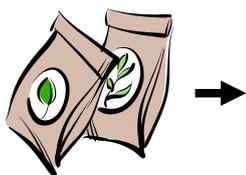
EQUIPAMIENTO

El muestreo de materiales sólidos peligrosos como lodos, materiales granulados o polvo se efectúa generalmente mediante las siguientes herramientas que no generan chispas:

- frasco de boca amplia,
- cuchara o llana
- muestreador tipo Trier (Trier pequeño),
- muestreador de granos.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Seleccionar el dispositivo adecuado para abrir el contenedor de forma segura.
2. Introducir el dispositivo para la recogida de muestras en el centro de los materiales.
3. Recoger un núcleo de material desde un punto diagonalmente opuesto al punto de entrada.
4. Recuperar la muestra y transferirla inmediatamente al recipiente de muestras.
5. Si el dispositivo de muestreo es desechable, puede dejarse en el recipiente muestreado. En caso contrario, se debe descontaminar el dispositivo completamente antes de recoger la siguiente muestra.



(A) Escoger las bolsas: cuando haya muchas de bolsas, utilizar una fórmula matemática o una tabla de números aleatorios para seleccionar la bolsa de muestra.

(B) Marcar o identificar las bolsas de las que se toman las muestras y registrar la información en las notas.

(C) una muestra del material granular. Si el material es de textura granular **(D)** utilizar muestreadores de acero inoxidable para bolsas de semillas con un tamaño de ranura apropiado al tipo de material.



(E) Recoger muestras en recipientes limpios. Según la naturaleza del producto, elegir un recipiente de plástico o de vidrio y envolverlo en una bolsa sellada para garantizar la seguridad de los investigadores expertos y de los empleados del laboratorio. (Ver sección 13).



(E) Recoger muestras en recipientes limpios.

Según la naturaleza del producto, elegir un recipiente de plástico o de vidrio y envolverlo en una bolsa sellada para garantizar la seguridad de los investigadores expertos y de los empleados del laboratorio. (Ver sección 13).

ADVERTENCIA

La eliminación de todos los residuos peligrosos debe realizarse de acuerdo con las ordenanzas municipales o la normativa provincial, estatal o federal vigentes.

10.7 FRACCIONAMIENTO DE ISÓTOPOS

Los isótopos son una variación atómica dentro de los átomos de los elementos químicos en los que el núcleo del átomo tiene el mismo número de protones, pero distintos átomos tienen diferente número de neutrones. Por ejemplo, un átomo de carbono tiene 6 protones, pero puede tener 6, 7 u 8 neutrones, lo que da lugar a tres masas diferentes de carbono (12C, 13C, 14C). Los metales también pueden tener estas variaciones; por ejemplo, el selenio (80Se, 79Se, 78Se, 77Se, 76Se y 75Se) que puede ser tóxico para los peces y los vertebrados, y el estroncio (87Sr y 86Sr) que pueden utilizarse para el seguimiento de la fuente.

Las relaciones isotópicas de estos isótopos en una muestra ambiental pueden ayudar a identificar su origen y su edad. Por ejemplo, una fuente de contaminación puede tener una relación isotópica específica de carbono (12C/13C) o una fuente de agua fluvial puede tener una relación isotópica específica de estroncio (87Sr/ 86Sr) debido a la geología de las rocas de la cuenca. Un residuo peligroso puede tener un contaminante específico con una relación isotópica única; por ejemplo, los isótopos de cloro (35Cl/37Cl) en productos químicos clorados como los BPC, los plaguicidas y los disolventes pueden rastrearse hasta la fuente.

FIGURA 10.7 :
Muestreo de paquetes de residuos sólidos a granel.
 (Cortesía de EPA de Estados Unidos y del DOE de Canadá)

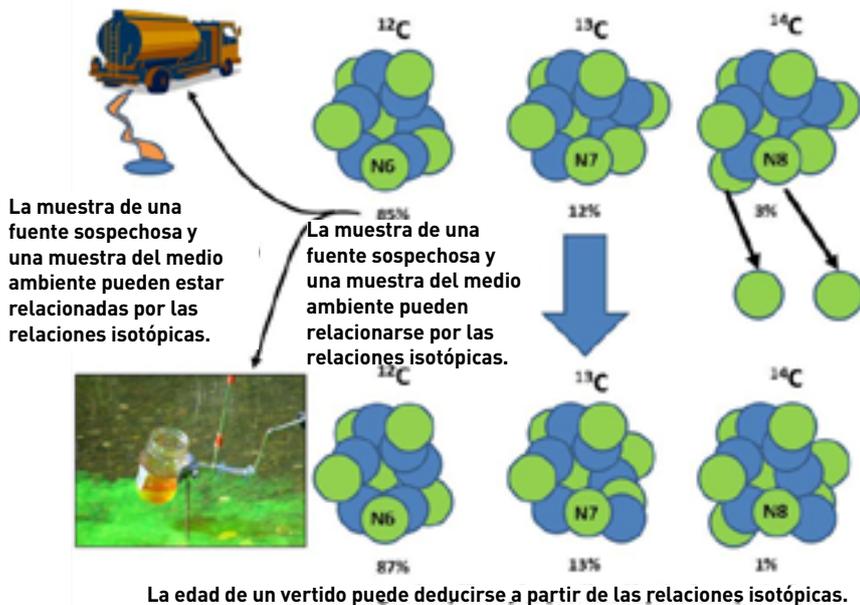


FIGURA 10.8 :

Las relaciones isotópicas pueden utilizarse para relacionar la fuente de contaminación con los receptores y estimar la edad y el momento del vertido. (Cortesía del DOE de Canadá y De Genesis Environmental Sciences Ltd.)

10.7.1 IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DE UN CONTAMINANTE EN MUESTRAS AMBIENTALES MEDIANTE ISÓTOPOS

En los casos en los que se han vertido residuos peligrosos o un efluente contaminante y que la desintegración química radiactiva no ha tenido la posibilidad de cambiar las proporciones isotópicas originales de los elementos como el carbono, el nitrógeno o los metales pesados, la muestra medioambiental puede compararse con una muestra de origen para obtener una huella química.

PROCEDIMIENTO SUGERIDO

- Recoger muestras ambientales contaminadas (suelo, sedimentos, agua, biota - peces, plantas, animales).
- Tomar muestras de la supuesta fuente de contaminación (por ejemplo, residuos en bidones, camiones, tanques, tuberías, instalaciones, barcos, etc.).
- Analizar las muestras para determinar la supuesta relación isotópica del contaminante, por ejemplo, carbono ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) principalmente en los contaminantes a base de hidrocarburos; estroncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), plomo ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$) y selenio ($^{74}\text{Se}/^{76}\text{Se}/^{77}\text{Se}/^{78}\text{Se}/^{80}\text{Se}$) procedentes de fuentes metálicas o de la minería del carbón; o isótopos de cloro ($^{35}\text{Cl}/^{37}\text{Cl}$) en el caso de sustancias orgánicas cloradas como los BPC, los pesticidas clorados y los disolventes clorados.

Si las relaciones isotópicas de las muestras de residuos en camiones, tanques, tuberías, instalaciones, barcos, etc., son idénticas a las relaciones de las muestras ambientales o de biota, es posible que se pueda establecer una responsabilidad penal.

EQUIPAMIENTO PARA EL MUESTREO DE PECES O DE TEJIDO ANIMAL

- Recipiente para la muestra apropiado para el tipo de análisis, generalmente un frasco de vidrio de boca ancha (consultar la **SECCIÓN 2.9.2, VOLUMEN I.**);
- sierra pequeña para tejidos;
- bisturí o cuchilla de afeitar;
- alicates de acero inoxidable;
- alcohol isopropílico para desinfectar;

- guantes protectores de látex;
- anestesia y jeringa para tomar muestras de peces o animales vivos.

PRINCIPALES PASOS PARA TOMAR UNA MUESTRA DE TEJIDO DE PECES O ANIMALES

1. Cuando sea posible, consultar con un biólogo o un bioquímico para saber cuál es el mejor tejido para la muestra.
2. Utilizar la anestesia para adormecer la zona de un pez o animal vivo que se vaya a muestrear (los animales muertos no necesitan anestesia).
3. Para el muestreo de los radios de las aletas de los peces, se debe medir aproximadamente 2 cm desde la articulación y con la sierra pequeña para tejidos hacer dos cortes con una separación de 1,0 cm en el radio de la aleta.
4. Utilizar el bisturí o la cuchilla de afeitar para cortar un trozo entre los dos cortes y unir la parte inferior de los dos cortes a ambos lados del radio de la aleta.
5. Utilizar las pinzas de acero inoxidable para extraer el tejido, colocarlo en el recipiente de muestras adecuado y conservarlo a una temperatura de 4 °C o congelarlo, si el transporte al laboratorio es largo.
6. Enviar la muestra al laboratorio para que sea cortada en finas láminas y preparada para la ablación por láser. Nota: según el componente químico que se esté investigando, esta técnica es muy especializada y deberá enviarse al laboratorio adecuado que utilizará el método analítico apropiado.

10.7.2 DATACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y SUS EFECTOS USANDO RELACIONES ISOTÓPICAS

El refinado o el procesamiento del petróleo, el carbón o el lignito para producir gasolina, disolventes u otros compuestos orgánicos no suele alterar las relaciones isotópicas de sus estados naturales. Por lo tanto, se puede usar la degradación causada por la modificación microbológica de las relaciones isotópicas para datar la contaminación. Las bacterias prefieren digerir las moléculas orgánicas compuestas por isótopos de carbono más ligeros, como el ^{12}C , en lugar de las que contienen isótopos pesados de ^{13}C .

La razón es que las moléculas que contienen isótopos pesados (por ejemplo, ^{13}C) son más estables que las moléculas que contienen isótopos más ligeros (por ejemplo, ^{12}C). Esto mismo se aplica a las moléculas con isótopos ^{35}Cl en lugar de ^{37}Cl y, lo mismo sucede con el oxígeno, el azufre, etc.

Si se vierte un residuo y el suelo o las aguas subterráneas se contaminan con compuestos orgánicos como petróleo, aceite de desecho, disolventes clorados o pesticidas, es posible que se pueda datar la contaminación en función de las relaciones isotópicas. Mecanismos como la biodegradación y la atenuación natural tenderán a favorecer la eliminación de los isótopos más ligeros.

Por ejemplo, la relación isotópica $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ puede ser mucho más alta cerca de la fuente o de la fecha de un vertido.

A medida que los contaminantes se alejan del lugar del vertido o que aumenta el periodo de tiempo desde que este se produjo, la acción bacteriana hará que los isótopos más pesados comiencen a formar la mayoría de los átomos; por ejemplo, los átomos de ^{13}C forman el componente principal de la mezcla de $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$. El tiempo que tarda una sustancia química en decaer hasta la mitad de su concentración se denomina vida media.

Conocer la vida media de los isótopos y de los factores ambientales, como la velocidad de las aguas subterráneas, permite estimar el momento y el



tiempo transcurrido desde que se produjo un vertido o contaminación y así establecer una relación con la actividad delictiva que lo provocó.

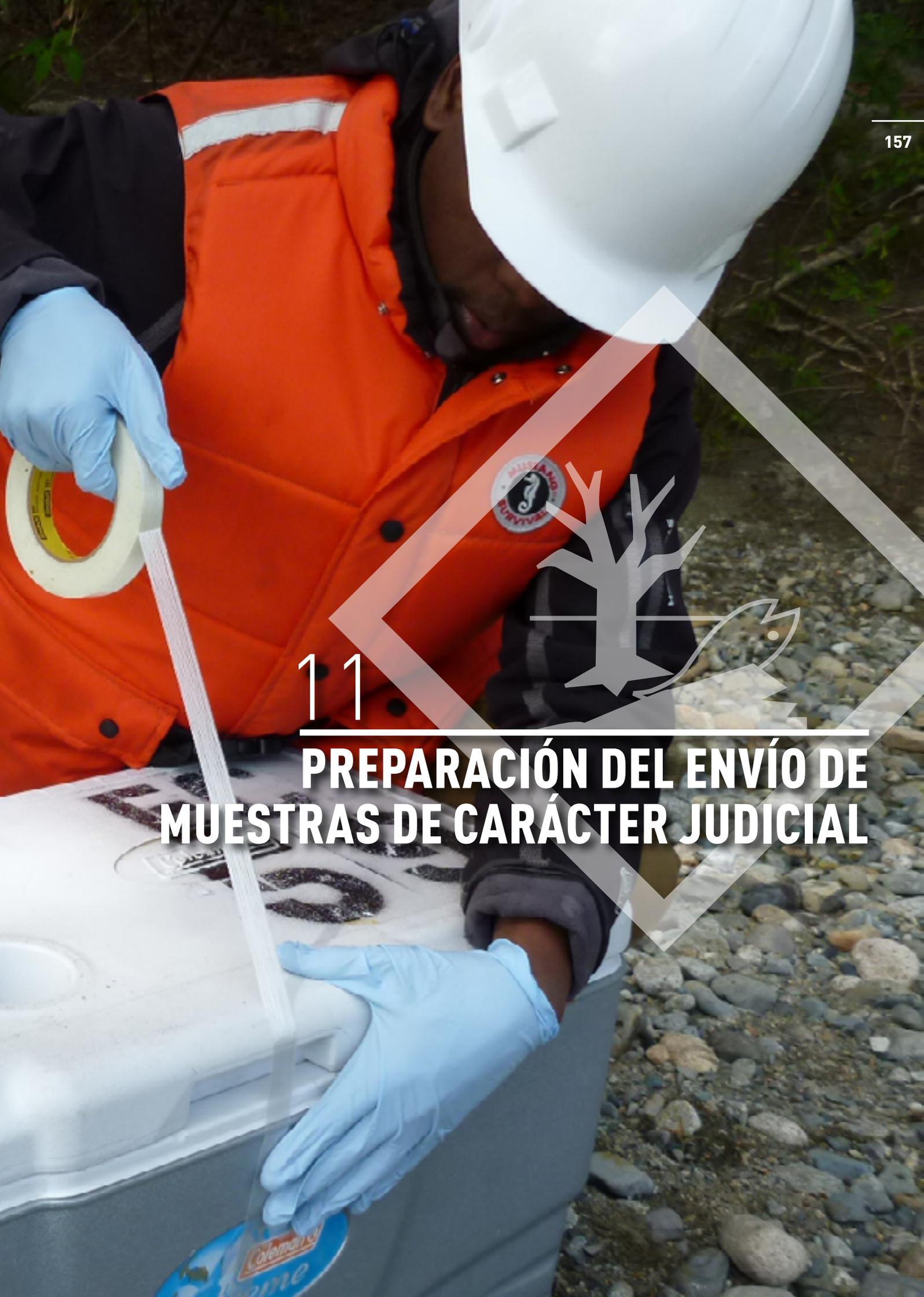
PROCEDIMIENTO SUGERIDO

1. Recoger una muestra en algunos puntos a lo largo de la supuesta ruta del contaminante, por ejemplo, dos pozos de agua subterránea separados por varios cientos de metros.
2. Enviar las muestras para el análisis de la relación isotópica.
3. Evaluar las relaciones isotópicas para determinar las especies químicas y la concentración, y evaluar si existe tanto una huella química como una diferencia significativa en las relaciones isotópicas que permiten establecer una relación con los supuestos factores responsables de la degradación.



11

PREPARACIÓN DEL ENVÍO DE MUESTRAS DE CARÁCTER JUDICIAL



Preparación del envío de muestras de carácter judicial

Los inspectores realizan un esfuerzo y un gasto considerables para obtener muestras representativas, pero todo este trabajo puede verse truncado si las muestras no llegan al laboratorio de forma segura, en buen estado y dentro del plazo establecido. Las muestras deben ser enviadas lo antes posible al laboratorio respetando el plazo de conservación establecido. Se deben evitar los retrasos en el transporte de las muestras y hay que procurar que estas se conserven a la temperatura adecuada.

11.1 APLICAR LOS PRECINTOS LEGALES A LOS RECIPIENTES DE MUESTRA

Antes de proceder al envío, todas las muestras de carácter jurídico deberán llevar los precintos legales. El procedimiento para precintar las muestras puede ser:

- envolver la tapa del contenedor herméticamente, pegar el lado con precinto, cinta de teflón o fleje, y marcar en la cinta las iniciales de los muestreadores,
- colocar la muestra en bolsas de plástico individuales con autocierre. Si es posible, no colocar más de una muestra en cada bolsa para evitar que haya confusión si una muestra gotea o las etiquetas pegadas se desprenden del recipiente de la muestra.



FIGURA 11.1 :
Antes del envío, todas las muestras exigidas por la ley deben sellarse con cinta adhesiva a prueba de manipulaciones con las iniciales escritas en ella.
(Cortesía del DOE de Canadá)



11.2 RELLENAR EL FORMULARIO DE LA CADENA DE CUSTODIA Y REGISTRAR LA INFORMACIÓN DE CONTACTO

En el caso de muestras de carácter judicial, se requiere que se documente el control físico o la continuidad desde el momento en que se toma hasta el momento en que se destruye. Para ello, se utiliza un formulario para la cadena de custodia. (Ver **SECCIONES 2.4.6.5 (VOLUMEN I) Y 12.2)**

Cada una de las personas que tomen posesión de la muestra, que tengan acceso directo a la misma y que la abra debe firmar el formulario de la cadena de custodia. (**Nota:** si las muestras están selladas en una nevera cerrada y son transportadas por un mensajero, este no tiene acceso directo a ellas y, por lo tanto, no debe firmar el formulario de la cadena de custodia). El formulario debe ser firmado por la persona que ha tomado las muestras, el agente (si un agente las tomó en custodia), el analista o cualquier otra persona que esté en posesión de las muestras y tenga acceso directo para así poder confirmar que las muestras han estado siempre seguras mientras han estado en su poder y no han podido ser manipuladas en ningún momento. Siempre es mejor limitar el número de personas a las que se les transfiere la custodia, ya que cada una de ellas podría ser llamada como testigo para declarar sobre su participación en la muestra.

Si las muestras no pueden ser entregadas personalmente por la persona que las ha recogido o por el funcionario al laboratorio, se debe sellar una copia del formulario de la cadena de custodia en un sobre y fijarlo en el exterior del contenedor de envío. Cuando las muestras lleguen al laboratorio, deberá recibirlas el analista que las vaya a manipular y firmar el formulario de la cadena de custodia. Si el envío de las muestras se realiza por mensajería, transporte aéreo o medios similares, anotar el número del albarán y la dirección del laboratorio en el cuaderno con fines judiciales.

11.3 AVISAR AL LABORATORIO

Avisar al laboratorio de que las muestras van a ser enviadas y transmitir la información del albarán. Conservar el albarán original en el expediente de investigación. De esta manera, el analista del laboratorio tiene tiempo de prepararse para recibir las muestras y custodiarlas.

11.4 PREPARACIÓN DEL CONTENEDOR DE EXPEDICIÓN

Los contenedores para el transporte deben estar embalados para proteger los recipientes que contienen las muestras de las vibraciones, los choques y las variaciones de temperatura.

- Para reducir el riesgo de contaminación debido a la rotura de un recipiente de muestras, se aconseja forrar un recipiente resistente o una nevera con una bolsa de plástico grande.
- Embolsar las muestras individualmente e introducirlas en el contenedor.
- Añadir paquetes de gel de congelación o refrigerante si la muestra



necesita mantenerse fría y llenar con material absorbente no inflamable.

- Añadir hielo puede hacer que el agua de deshielo contamine las muestras o que las etiquetas se desprendan de las muestras.
- Se puede añadir una muestra de control de temperatura o muestra CT al contenedor de envío si este contiene muestras de agua que deben conservarse a una temperatura de 4 °C. Se trata de una pequeña botella (de 100 ml a 250 ml) con agua limpia y tapa hermética. Cuando el envío llega al laboratorio, el analista puede medir la temperatura de la muestra CT con un termómetro, sin alterar las muestras judiciales, para determinar si estas se han mantenido a la temperatura adecuada.
- No sobrecargar los contenedores de transporte. Hay que recordar que, según los requisitos de transporte de mercancías peligrosas, el peso máximo permitido puede ser de 10 kg. Diez botellas de 1 litro de muestra, más los materiales de embalaje y el peso del contenedor, lo superarían.
- Para mantener las muestras líquidas en posición vertical, se pueden bloquear con botellas de muestra vacías, paquetes de gel de congelación o trozos de cartón.
- Tomar fotografías de las muestras situadas en el contenedor de envío (nevera) antes de sellarlo.
- Sellar la bolsa del revestimiento.
- Colocar la hoja de envío de la muestra del laboratorio en una bolsa antihumedad e incluirla dentro del contenedor de envío de la muestra.
- Cerrar y sellar el contenedor de envío con un candado, un precinto legal o con cinta adhesiva, firmar y fechar la cinta para que no pueda abrirse sin dañar la cinta de sellado.
- Comprobar que cada contenedor de envío está etiquetado con el destinatario, la dirección de retorno y cualquier marca y etiqueta de seguridad requerida, así como cualquier instrucción especial, como: FRÁGIL, MANTENER FRÍO, NO CONGELAR, MANTENER CONGELADO, ESTA PARTE HACIA ARRIBA.
- Los contenedores de transporte también deben estar marcados con las etiquetas apropiadas y cualquier otra información exigida según la legislación pertinente relacionada con el transporte de mercancías peligrosas y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo y la Organización de Aviación Civil Internacional (IATA/OACI).
- Las muestras de un mismo lugar deben conservarse juntas.
- Si se deben separar las muestras y colocar en más de un contenedor de envío, se deberá adjuntar en los contenedores una copia del formulario de envío de muestras correspondiente a dichas muestras.
- Introducir una copia del formulario de la cadena de custodia y una segunda copia de la hoja de envío de muestras en un sobre, sellarlo y fijarlo en el exterior del contenedor de envío.
- Tomar fotografías de las muestras en el contenedor de envío (nevera) después de sellarlo.

FIGURA 11.2 :
Muestras exigidas por la ley
embaladas en una nevera con
bolsas de hielo, separadores y
varios contenedores de muestras.
(Cortesía del DOE de Canadá)



Nota: Si las muestras se entregan en persona al laboratorio, se debe mantener la custodia de las muestras en todo momento (por ejemplo, cerrar las puertas del vehículo).

11.5 ENVÍO DE PRODUCTOS PELIGROSOS

Algunas muestras contienen productos peligrosos (por ejemplo, muestras de combustible) y pueden estar amparadas por la legislación local que permite una exención condicional si las muestras son transportadas por el inspector y se encuentran en un medio de contención adecuado. Comprobar la legislación local para determinar si las muestras se pueden acoger a dicha exención.

El envío de muestras de aceite, petróleo o de productos volátiles debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente relacionada con el transporte de mercancías peligrosas. Si el envío se realiza por vía aérea, un agente de transporte puede comprobar que el embalaje y la documentación son los adecuados.

11.6 MUESTRAS DE CONSERVANTES COMO MERCANCÍAS PELIGROSAS

Comprobar la legislación local en relación con el transporte de conservantes como mercancías peligrosas. Resulta especialmente interesante el envío de ácido nítrico (utilizado para el muestreo de metales). Deben realizarse controles similares para otros conservantes como el ácido clorhídrico, el hidróxido de sodio, el formaldehído, el hexano y el ácido crómico.

Si el envío se realiza por vía aérea, se deben respetar las más estrictas exigencias impuestas por la Asociación de Transporte Aéreo Internacional y la Organización de Aviación Civil Internacional (IATA/OACI). Las compañías aéreas pueden rechazar un envío si no está debidamente documentado, incluso en caso de exención por cantidades limitadas. Es posible que se tenga que llamar con antelación para concertar una cita con un empleado formado en el transporte de mercancías peligrosas de la compañía aérea, ya que no siempre hay uno disponible en los aeropuertos pequeños.

11.7 CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES DE ENVÍO (MUESTRAS PARA BIOENSAYOS Y PRUEBAS DE TOXICIDAD)

Para determinar la toxicidad, las muestras pueden ser de suelo, sólidas, semisólidas y líquidas. No se debe permitir que las muestras de agua se congelen. La congelación puede hacer que los envases se agrieten y alterar la integridad de la muestra. Las personas que efectúan la recogida de muestras también deben conocer la legislación aplicable relacionada con el transporte de mercancías peligrosas y los requisitos de la IATA para el envío de conservantes, la mayoría de ellos clasificados como productos peligrosos.

11.7.1 MUESTRAS PARA PRUEBAS DE TOXICIDAD: SUELO O SÓLIDOS

Las muestras para pruebas de toxicidad deben colocarse en cubos de plástico de 25 l (5 galones) con revestimientos interiores gruesos de plástico de polietileno. Una vez tomada la muestra, el revestimiento del cubo se sellará con cinta adhesiva o con un precinto numerado que pueda cerrar el revestimiento para evitar fugas. A continuación, se cierran las tapas de los cubos y se sellan con cinta adhesiva. Las instrucciones analíticas del laboratorio y una hoja de cadena de custodia deben incluirse en un sobre sellado y adjuntarse de forma segura en el cubo.

11.7.2 MUESTRAS PARA PRUEBAS DE TOXICIDAD: LÍQUIDOS

Las muestras líquidas para ensayos biológicos, debido a su tamaño, pueden enviarse sin un embalaje especial si están en contenedores sólidos de polietileno de 20 a 40 l. Las tapas de los contenedores deben estar selladas con cinta adhesiva y marcadas con las iniciales. Las instrucciones analíticas del laboratorio y una hoja de cadena de custodia deben incluirse en un sobre sellado y adjuntarse de forma segura en el contenedor.



11.8 MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA Y DE AGUAS RESIDUALES

Debido a la diversidad y complejidad de los métodos que existen y los cambios en la tecnología, este manual no puede detallar todos los métodos existentes para el análisis de muestras.

Cuando se envían las muestras, los documentos de envío deben especificar el tipo de análisis que se debe efectuar en las muestras para que el laboratorio y el analista que las reciben comprendan lo que deben hacer con ellas. El tipo de método analítico vendrá dictado por el escenario y la información que se necesita.

Los métodos de referencia utilizados ampliamente en las investigaciones forense de delitos medioambientales pueden encontrarse en los siguientes sitios de referencia:

Métodos normalizados para el análisis de agua y de aguas residuales

<http://standardmethods.org/>

La Organización Internacional de Normalización (ISO) tiene un repertorio en línea con métodos disponibles a la venta:

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54346

FROM
 TO
 Environment Canada
 2645 Dollarton HWY
 North Vancouver, BC V7H 1B
 (604) 664-4099

NOTE
 DATE: 09 May 2013
 PIECES: 2 of/de 2



Limited Quantity/ Quantité limitée



Ethanol
 UN 1986

**LIMITED
 QUANTITY**

S-11796, ULINE, 1-800-295-5510

1

WEIGHT/POIDS
31.00 lb.



97

DATE
Signature



12
ANEXOS

12.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acuoso: disuelto en agua.

Agentes oxidantes: sustancia química que elimina los electrones de las moléculas circundantes.

Analito: sustancia química de interés para el análisis.

Bioensayo (o ensayo biológico): técnica utilizada para determinar la toxicidad de una muestra exponiendo a organismos de prueba (a menudo peces o invertebrados) a la misma y midiendo sus efectos en la supervivencia y desarrollo.

Cadena de custodia: documentación sobre la recogida, el traslado y el análisis de una muestra necesaria para garantizar la integridad de la muestra como prueba.

Compuestos orgánicos volátiles (COV): compuestos a base de carbono que se evaporan a temperatura ambiente y que pueden afectar a la calidad del aire. Las fuentes habituales de COV son las pinturas, los barnices, los productos de limpieza, los materiales de construcción y los combustibles.

Conductividad: mide la capacidad del agua para transmitir una corriente eléctrica. Indica la concentración de sustancias químicas inorgánicas disueltas.

Control de calidad: sistema de directrices, procedimientos y prácticas que se han concebido para regular y controlar la calidad de productos y servicios, con objeto de asegurar que cumplen con los criterios y normas de rendimiento preestablecidos.

Disolventes orgánicos: sustancias químicas a base de carbono que se utilizan habitualmente como limpiadores industriales. Muchos disolventes orgánicos se consideran cancerígenos.

Investigación vegetal con fines jurídicos: análisis de los componentes químicos de las plantas para determinar la presencia pasada o actual de un contaminante.

Isoconcentraciones: límites en los que la concentración de un contaminante es la misma, especialmente utilizados cuando se cartografía la migración de un contaminante en aguas subterráneas o suelos.

Isótopos: variantes del mismo elemento químico. Los átomos tienen el mismo número de protones en el núcleo, pero diferente número de neutrones.

Lixiviado: agua que se mezcla con un contaminante cuando el agua ha disuelto parcial o totalmente el contaminante desde su origen. Por ejemplo, el agua que se filtra a través de un vertedero de residuos domésticos lixiviará los metales pesados del vertedero y descargará una mezcla de agua y metales pesados en una mezcla llamada lixiviado.

Matriz: los componentes de una muestra distintos del analito, es decir, la sustancia que contiene el analito.



Muestras cargadas con analitos: muestras de campo a las cuales se añade una cantidad conocida de analito en el momento de su recogida. Sirve para identificar los efectos de las condiciones en el campo, el transporte y la matriz de la muestra.

Muestra compuesta: técnica por la que se recogen múltiples muestras en el mismo lugar y en momentos diferentes, para luego combinarlas y tratarlas como una sola muestra.

Muestra de carácter judicial: muestreo realizado para que los resultados de su análisis puedan utilizarse en un tribunal. Se deben seguir ciertos procedimientos para garantizar la cadena de custodia de las muestras y demostrar que no han sido manipuladas.

Muestra de control: muestra de suelo, agua, aire u otro medio que se cree que no está afectada por el vertido medioambiental nocivo y que representa una «muestra limpia»

Muestra del entorno receptor: muestra de suelo, agua, aire u otro medio que se cree que está contaminada por un vertido nocivo en el medioambiente.

Muestra en origen: una muestra del material que se ha vertido al medio ambiente. A ser posible, recogida directamente de la fuente antes de que se mezcle con el suelo, el agua o el aire locales.

Muestra instantánea: muestra recogida en un momento y en un sitio único.

Muestras testigo: un método de control de calidad para determinar la contaminación de referencia. Las muestras testigo para desplazamientos (o transporte) determinan las fuentes de contaminación en el transporte y en el laboratorio. Las muestras testigo sobre el terreno determinan la contaminación ambiental a partir del muestreo y del laboratorio. Las muestras testigo de los equipos prueban cuan bien se ha descontaminado el material de muestreo entre los diferentes muestreos. Las muestras testigo del material comprueban si los materiales de construcción utilizados en el experimento (es decir, bombas y tuberías) son susceptibles de contaminar las muestras de agua.

Nivel o límite de detección: la menor concentración de analito para la que existe una probabilidad declarada (normalmente el 95 % o el 99 %) de detección.

Objetivos de calidad de los datos: el tipo, la cantidad y la calidad de los datos necesarios para tomar decisiones justificables o realizar estimaciones creíbles.

Oxígeno disuelto: medida de la cantidad de oxígeno en estado gaseoso en el agua.

pH: medida de la concentración de iones de hidrógeno en una muestra que refleja si la muestra es ácida o básica. Un pH de 7 es neutro, un pH superior a 7 es alcalino y un pH inferior a 7 es ácido.

Policlorobifenilos: sustancias químicas artificiales a base de carbono que tienen diversas aplicaciones industriales (como refrigerantes, lubricantes, plastificantes, etc.). Muchos son tóxicos. Son inodoros, con un color que va de transparente a amarillo, y con una consistencia de líquidos aceitosos a sólidos cerosos.

Sensibilidad: capacidad de un método o instrumento para discriminar entre las respuestas de medición de una variable de interés.

Sitio de control: un lugar con características físicas y clima similares a la zona afectada que se utiliza para determinar los niveles de analito que existen de forma natural antes de la contaminación.

Tiempo de almacenamiento: tiempo que transcurre desde que se recoge la muestra hasta que esta es analizada o fijada.

Turbidez: medida de la claridad del agua que refleja la cantidad de material sólido suspendido en la columna de agua.

Zona afectada: área física afectada por un episodio de contaminación.



CONTINUACIÓN DEL INFORME DE CONTINUIDAD

MOVIMIENTO DE ARTÍCULOS O MUESTRAS

CONTINUITY REPORT CONTINUED

MOVEMENT OF ITEMS OR SAMPLES

Item # or
Sample #

_____ _____ _____ _____ _____ _____	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs
_____ _____ _____ _____ _____ _____	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs
_____ _____ _____ _____ _____ _____	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs
_____ _____ _____ _____ _____ _____	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs
_____ _____ _____ _____ _____ _____	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs	T r a n s f e r r →	From : _____ sig. : _____ Recip: _____ sig. : _____ @Locn: _____ Date : _____ Time : _____ hrs

The Item(s) was / were returned sealed.	<input type="checkbox"/> All	<input type="checkbox"/> Some (# _____)	<input type="checkbox"/> None
The Item(s) was / were returned permanently scribed.	<input type="checkbox"/> All	<input type="checkbox"/> Some (# _____)	<input type="checkbox"/> None
The Item(s) was / were returned permanently initialed.	<input type="checkbox"/> All	<input type="checkbox"/> Some (# _____)	<input type="checkbox"/> None
The Item(s) was / were returned permanently dated.	<input type="checkbox"/> All	<input type="checkbox"/> Some (# _____)	<input type="checkbox"/> None
The Item(s) #(s): _____ was / were destroyed upon instruction from: _____			
_____	Date: _____	By: _____	Initials: _____

12.3 REFERENCIAS

Aley, Thomas. **The Water Tracer's Cookbook and Related Groundwater Tracing Information**, Protem, Missouri, Ozark Underground Laboratory, 1991.

American Public Health **Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th edition, Washington, D.C., 1999.

American Society for Testing and Materials. **Standard Practices for Sampling of Waterborne Oils**, D4489-95. West Conshohocken, PA., 2001.

CRC Press. **CRC Handbook of Chemistry and Physics**, 85th Edition, Cleveland, Ohio, CRC Press, 2004.

Balouet, J. C., Burken, J. G., Karg, F., Vroblesky, D., Smith, K. T., Grudd, H., Rindby, A., Beaujard, F., Chalot, M. (2012): Dendrochemistry of Multiple Releases of Chlorinated solvents at a Former Industrial Site. *Environmental Science & Technology*, 2012,

Environment Canada, Biological Test Method: **Acute Lethality Test Using Daphnia spp.** Report EPS 1/RM/11, July 1990.

Environment Canada. **Biological Test Method: Acute Lethality Test Using Rainbow Trout.** Report EPS 1/RM/9, July 1990.

Environment Canada. **Biological Test Method: Fertilization Assay Using Echinoids (Sea Urchins and Sand Dollars).** Report EPS 1/RM/27 (1992), 1997.

Environment Canada. Biological Test Method: **Growth Inhibition Test Using the Fresh Water Alga Selenastrum Capricornutum.** Report EPS 1/RM/25 (1992), 1997.

Environment Canada. **Biological Test Method: Reference Method for Determining Acute Lethality of Effluents to Daphnia magna.** Reference Method EPS 1/RM/14 (1992), 2000.

Environment Canada. Biological Test Method: **Reference Method for Determining Acute Lethality of Effluents to Rainbow Trout.** Reference Method EPS 1/RM/13 (1992), 2000.

Environment Canada. **Biological Test Method: Reference Method for Determining Acute Lethality of Sediment to Marine or Estuarine Amphipods.** Reference Method EPS 1/RM/35, 1998.

Environment Canada. **Biological Test Method: Reference Method for Determining the Toxicity of Sediment Using Luminescent Bacteria in a Solid- Phase Test.** Report EPS 1/RM/42, 2002.

Environment Canada. **Evaluation of Background Contaminants Data in Groundwater for the National Contaminated Sites Remediation Program.** Ottawa, Raven Beck Environmental Ltd, 1992.

Environment Canada. **Guidance Document on Collection and Preparation of Sediments for Physicochemical Characterization and Biological Testing.** Report EPS, 1/RM/29, 1994.



Environment Canada. **Guidance Document on Control of Toxicity Test Precision Using Reference Toxicants**, Environmental Protection Publications. Reference Method EPS 1/RM/12 (1990), August 1993.

Environment Canada. **Guidance Document for Flow Measurement of Metal Mining Effluents**. EPS 2/MM/4, April 2001. .

Environment Canada. **Legal Sampling Training and Reference CD-ROM**, Pacific Environmental Science Centre, 1998.

Ni, J., Heber, A., **Sampling and Measurement of Ammonia Concentration at Animal Facilities – A Review**, Society for Engineering in Agriculture, food and biological Systems, Sacramento California, August 1, 2001.
Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, Table F11

Schweingruber, F. H. **Tree Rings and Environment: Dendroecology**; Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research and Paul Haupt Verlag.: Bern, Switzerland, 1996.

12.4 AGRADECIMIENTOS

PAÍS	ENTIDAD
Algeria	Police Scientifique et Technique (Policía Científica y Técnica)
Alemania	Bundeskriminalamt (Oficina Federal de Policía Criminal)
Alemania	LKA Berlin (Crime Investigation Department) Departamento de Investigación Policial (LKA) de Berlín
Argentina	Policía Federal de la República Argentina
Australia	Australian Maritime Safety Authority (Autoridad Australiana de Seguridad Marítima)
Australia	Department of Environment, Water, Heritage and the Arts (Departamento del Medio Ambiente, el Agua, el Patrimonio y las Artes)
Austria	Federal Ministry of the Interior (Ministerio Federal del Interior)
Bélgica	Federal Judicial Police (Policía Judicial Federal)
Bélgica	Parquet General Brussels (Fiscalía General de Bruselas)
Benín	Service de l'Identité Judiciaire (Servicio de identificación forense)
Botsuana	Directorate of Public Prosecutions (Dirección de la Fiscalía Pública)
Botsuana	Waste Management & Pollution Control (Gestión de Residuos y Control de la Contaminación)
Brasil	Federal Police (Policía Federal)
Brasil	Instituto Geral de Perícias, Depto. de Criminalística (Instituto General de Pericias, Departamento de Criminalística)
Canadá	Environment Canada (Medio ambiente de Canadá)
Canadá	Royal Canadian Mounted Police (Real Policía Montada de Canadá)
Canadá	Department of Justice (Departamento de Justicia)
Catar	Ministry of Interior (Ministerio del Interior)
Chile	Policía de Investigaciones de Chile
Comoras	BP 10
Croacia	Ministry of Environmental Protection (Ministerio de Protección medioambiental)
Emiratos Árabes Unidos	RAS Alkhana Police
Emiratos Árabes Unidos	Sharjah Police (Policía Sharjah)



Estados Unidos de América	Coast Guard (Guardia costera)
Estados Unidos de América	Agencia de Protección del Medio Ambiente
Estados Unidos de América	Fish and Wildlife Service (Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos)
Estados Unidos de América	National Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Nacional del Océano y la Atmósfera)
Finlandia	National Bureau of Investigation, Forensic Laboratory (Oficina Nacional de Investigación, Laboratorio Forense)
Francia	Central Environmental & Public Health Crime Department (Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente)
Francia	France Central Environmental & Public Health Crime Department France (Laboratorio Forense de la Gendarmería de Francia (IRCGN))
Francia	Laboratoire Central de la Préfecture de Police (Laboratorio Central de la Prefectura de Policía)
India	Central Bureau of Investigation (Oficina Central de Investigación)
Indonesia	Indonesia National Police - Makassar Branch (Policía Nacional de Indonesia - Delegación de de Makassar)
Israel	Israel Police Headquarters (Sede de la Policía de Israel)
Israel	Ministry of Environment (Ministerio del Medio Ambiente)
Italia	Carabinieri Environment Protection (Comando de Carabinieri para la Protección del Medio Ambiente)
Italia	OCN de INTERPOL Roma
Italia	Corpo Forestale dello Stato (Guardia Forestal)
Italia	Servizio per la Cooperazione Internazionale di Polizia (Servicio para la Cooperación Internacional de Policía)
Japón	National Research Institute of Police Science (Instituto Nacional de Investigación en Ciencias Policiales)
Jordania	Ministry of Environment (Ministerio del Medio Ambiente)
Jordania	Public Security Directorate (Dirección de Seguridad Pública)
Kenia	National Environment Management Authority (Autoridad Nacional de Medio Ambiente)
Kuwait	Criminal Evidences General Department (Departamento General de Pruebas Judiciales)
Liberia	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección del Medio Ambiente)
Mauritania	Direction Générale de la Sûreté Nationale (Dirección General de la Seguridad Nacional)

México	Dirección General de Asuntos Policiales Internacionales e INTERPOL (Dirección General de Asuntos Policiales Internacionales e INTERPOL)
México	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
Nigeria	Forensic Unit, Nigeria Police (Unidad forense de la policía de Nigeria)
Nigeria	National Environmental Standards and Regulations Enforcement Agency (NESREA) (Agencia Nacional para el Cumplimiento de las Normas y Reglamentos Medioambientales [NESREA])
Noruega	National Authority for Investigation and Prosecution of Economic and Environmental Crime in Norway (Instituto Nacional de Investigación y Represión de la Delincuencia Económica y Medioambiental de Noruega)
OIG	Banco Mundial
Países Bajos	Ministry of Infrastructure and the Environment (Ministerio de Infraestructura y Medio Ambiente)
Países Bajos	National institute for Public Health and the Environment (Instituto Nacional para la Salud Pública y el Medio Ambiente)
Países Bajos	National Police Agency of The Netherlands (NPN) Cuerpo Nacional de Policía de los Países Bajos)
Países Bajos	National Public Prosecutor's Office (Fiscalía Nacional)
Países Bajos	Netherlands Forensic Institute (Instituto Forense de los Países Bajos)
Países Bajos	Seaport Police Rotterdam (Policía Portuaria de Rotterdam)
Países Bajos	Inspectorate
Portugal	Criminal Police (Policía Criminal)
Reino Unido	North Wales Police (Policía del Norte de Gales)
Reino Unido	Rural Payments and Inspections Directorate of the Scottish Government (Dirección de Pagos e Inspección Rural del Gobierno de Escocia)
República de Corea	National Institute of Scientific Investigation (Instituto Nacional de Investigación Científica)
Ruanda	Kigali Forensic Laboratory (Laboratorio forense de Kingali)
Sudáfrica	South African Police Service (Cuerpo de Policía de Sudáfrica)
Suecia	National Laboratory of Forensic Science (Laboratorio Nacional de Ciencia Forense)
Suecia	National Police Board (Dirección Nacional de Policía)
Tailandia	Hazardous Waste Management Division, Pollution Control Department (Departamento de Control de la Contaminación, División para la Gestión de Residuos Peligrosos)



Tailandia	Royal Thai Police (Real Policía de Tailandia)
Togo	General Direction of Customs (Dirección General de Aduanas)
Turquía	Ministry of Environment and Forestry, Department of Environmental Inspection (Ministerio Forestal y de Medio Ambiente, Departamento de Inspección Ambiental)
Vietnam	INTERPOL Vietnam
Zimbabue	Environmental Management Agency (Agencia de Gestión Ambiental)

UNIVERSIDADES Y ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES

Rudjer Boskovic Institute (Croacia)

TRACE the Wildlife Forensics Network - Royal Zoological Society of Scotland

Universita degli Studi di Trieste (Italia)

University of Oklahoma (EE. UU.)

EMPRESAS

André Godoi Environmental Intelligence (Brasil)

DPRA

Environment International Exponent®, Inc

De Genesis Environmental Sciences Ltd., Canadá HPC Envirotec

Jean Louis Seveque, PhD (Francia)

Pine Environmental Services LLC, Canadá Terraquatron Environmental Consulting Thermo Fisher Scientific, (EE.UU.)

Triassic Technology, Inc. (Francia)

Triton Environmental Consultants Ltd (Canadá)

URS



INTERPOL
200 quai Charles de Gaulle
69006 Lyon
France
Tel. +33 4 72 44 70 00
Fax +33 4 72 44 71 63
www.interpol.int