

## **1. OBJETIVO**

**1.1** Proporcionar lineamientos para diseñar y ejecutar programas de muestreo en aguas subterráneas.

Los criterios establecidos en este protocolo se aplican también a los siguientes objetivos:

**1.2** Disponer de la información necesaria para realizar adecuadamente muestreos en aguas subterráneas, especificando algunos aspectos del muestreo para la determinación de PCB.

**1.3** Determinar la conveniencia del agua subterránea como fuente de agua para consumo humano o industrial y monitorear o controlar su calidad durante el suministro

**1.4** Identificar a tiempo el riesgo de contaminación de acuíferos causada por actividades industriales, explotaciones mineras, agricultura y otras que puedan producir impacto sobre las aguas subterráneas

**1.5** Conocer y entender el transporte de contaminantes respecto a la calidad de las aguas subterráneas para calibrar y validar modelos ajustados a la evaluación de calidad de estas aguas

**1.6** Entender las alteraciones de la calidad del agua subterránea, como resultado de acciones deliberadas, tales como variaciones en los regímenes de bombeo, recarga de aguas subterráneas por efluentes, actividades de limpieza superficial originadas en rellenos para disposición final de residuos, con el fin de lograr de esta forma un manejo óptimo del recurso

**1.7** Disponer de la información necesaria para cumplir con los requerimientos de las autoridades ambientales.

## **2. ALCANCE DE LA APLICACIÓN**

Este protocolo establece los principios generales que se deben aplicar en el diseño de programas de muestreo para los propósitos del control de la calidad, la caracterización de la calidad y la identificación de las fuentes de contaminación del agua subterránea.

## **3. FUNDAMENTO TEÓRICO**

Siempre que se deba caracterizar un volumen de agua subterránea para la caracterización, suele ser imposible examinar todo el sistema, por lo tanto, es necesario tomar muestras. Las muestras recolectadas deben ser representativas del sistema por caracterizar y se deben tomar todas las precauciones para garantizar que, en cuanto sea posible, las muestras no sufran ningún cambio durante el intervalo comprendido entre el muestreo y el análisis.

Antes de diseñar cualquier programa de muestreo es muy importante establecer los objetivos, puesto que son los factores principales al determinar la posición de los sitios de muestreo, la frecuencia, la duración, los procedimientos de muestreo, el tratamiento posterior de las muestras y los requisitos analíticos.

Es necesario efectuar una visita previa para verificar los puntos de muestreo, recopilar información preliminar e información secundaria, definir los procedimientos y efectuar el muestreo preliminar y un programa de análisis antes de que se definan los objetivos finales.

**3.1** El muestreo de agua subterránea se realiza para determinar si el agua subterránea en un sitio o en sus alrededores puede estar contaminada. También puede emplearse para satisfacer objetivos adicionales como:

- 3.1.1 Establecer si está ocurriendo cualquier migración de contaminantes, derivada del sitio, y caracterizar el alcance espacial de cualquier contaminación y su forma.
- 3.1.2 Determinar la dirección y velocidad del flujo de agua subterránea y la migración de contaminantes.
- 3.1.3 Proporcionar datos para emprender una evaluación de riesgos.
- 3.1.4 Proporcionar un sistema de advertencia temprana para el impacto de contaminantes en la calidad de los recursos de agua subterránea y otros receptores potenciales en cercanías del sitio.
- 3.1.5 Supervisar el desempeño y eficacia de las medidas mitigantes o del diseño de la instalación.
- 3.1.6 Demostrar conformidad con las condiciones de la licencia ambiental o reunir evidencia para procesos reglamentarios.
- 3.1.7 Ayudar a la selección de medidas mitigantes y el diseño del proceso de corrección.

### **3.2 Factores que afectan un muestreo representativo**

Para lograr un muestreo representativo dentro de un acuífero, el método debe facilitar la extracción de muestras cuya composición refleje la composición temporal y espacial real del agua subterránea que se está estudiando. Debido a que la mayoría de los puntos de muestra en acuíferos son pozos de monitoreo y de bombeo, el sistema subterráneo natural se ve perturbado, especialmente como resultado de gradientes químicos e hidráulicos verticales inducidos.

En algunas condiciones de muestreo, se puede acumular material mineral en los pozos de monitoreo entre muestreos. Por lo tanto, el agua en la columna del pozo no será representativa del acuífero que se está estudiando. Los pozos de monitoreo deben vaciarse o “purgarse” antes del muestreo, bombeando hasta los últimos residuos, un volumen de agua equivalente a 4 o 6 veces, como mínimo la columna de agua del pozo.

En algunos casos puede ser necesario emplear dos velocidades de bombeo diferentes: un período corto a alta velocidad para limpiar el pozo, seguido de un período a menor velocidad para estabilizar la calidad del agua antes del muestreo.

La estratificación vertical en la calidad del agua subterránea puede ser natural o consecuencia de contaminación. Por ejemplo, la contaminación difusa usualmente resulta en una capa más contaminada de agua subterránea en la parte alta del acuífero saturado, mientras que los contaminantes que son más densos que el agua, tienden a acumularse sobre una capa más permeable en lo profundo, o en la base del acuífero. Los métodos de muestreo deben servir entonces para detectar variaciones tanto verticales como de área en la calidad del agua subterránea.

El método de muestreo también debe reflejar las complejidades del flujo de agua subterránea, el mecanismo de flujo del acuífero (por fracturas o poros), la dirección del flujo y los gradientes hidráulicos en el acuífero, que pueden producir flujos naturales fuertes hacia arriba o hacia abajo de la columna de agua del pozo. Tradicionalmente, se emplean dos métodos comunes de muestreo, conocidos como muestreo por bombeo y muestreo de profundidad; ambos tienen sus usos y limitaciones, los cuales se deben considerar plenamente cuando se identifica el alcance para su uso.

#### **4. ASPECTOS DE SALUD Y SEGURIDAD LABORAL**

Se deben tomar precauciones respecto al área superficial alrededor de los pozos de monitoreo, en caso de existir riesgo de colapso, en especial los pozos viejos. Los andamios y escaleras en la boca del pozo pueden ser inseguros y cuando se entra en ellas se debe usar siempre un arnés de seguridad. Al menos dos personas deben estar presentes durante una operación de muestreo: una debe permanecer en la superficie para pedir ayuda si se presenta alguna situación de peligro o si hay algún riesgo para la persona que está tomando las muestras en el pozo.

Cuando el muestreo tiene lugar en un ambiente cerrado, la atmósfera se debe evaluar en cada muestreo para detectar deficiencia de oxígeno y presencia de gases inflamables, sulfuro de hidrógeno u otros gases tóxicos. También puede ser necesario realizar estos procedimientos en espacios abiertos cuando se esté investigando contaminación severa de cualquier área en los alrededores de una instalación subterránea. Siempre se debe usar ropa protectora cuando se emprendan operaciones de muestreo subterráneo y en ninguna circunstancia se debe continuar con una actividad de muestreo de rutina si la evaluación de la seguridad indica que existen condiciones potencialmente peligrosas. Si es preciso tomar muestras en tales condiciones, se deben realizar procedimientos especiales que pueden requerir acuerdo previo con la ARP responsable de la salud y seguridad (por ejemplo, cuando se usen aparatos respiratorios o cuando se toman muestras en espacios cerrados).

Cuando se trate de instalaciones para aguas subterráneas que estén sometidas a contaminación severa, es importante examinar cuidadosamente toda la información relevante sobre las fuentes de contaminación, para definir las revisiones de seguridad a que haya lugar. En situaciones en que las investigaciones se deban realizar cerca a una fuente de contaminación, las operaciones se deben llevar a cabo en la dirección del viento, si es posible y debe estar estrictamente prohibido comer, beber y fumar dentro del área de investigación. Se debe utilizar los elementos de protección personal: gafas de seguridad, casco de seguridad, guantes de nitrilo, respirador con cartuchos para vapores

orgánicos. Es prudente someter a los investigadores a exámenes médicos inmediatamente después del trabajo operativo, y a intervalos regulares, después de realizado.

## **5. MATERIALES**

Si hay posibilidad de que la calidad biológica del agua subterránea produzca cambios en la composición fisicoquímica del agua, se debe evitar al máximo la penetración de la luz, haciendo uso de recipientes opacos. Recipientes de vidrio color ámbar son generalmente los más recomendados.

Cuando se usa el muestreo para determinar compuestos orgánicos como los bifenilos policlorados (PCB), se debe evitar la contaminación de la muestra por material orgánico empleado en la construcción del pozo o en el equipo de muestreo. Esto es especialmente importante cuando hay concentraciones significativas de compuestos orgánicos. En este caso, se aconseja utilizar equipo especial fabricado en vidrio, acero inoxidable u otro material que no permita la contaminación con compuestos orgánicos.

## **6. EQUIPOS**

### **6.1 Bombas**

Una amplia variedad de bombas, muchas de las cuales son portátiles, son aptas para utilizar en monitoreo de aguas subterráneas, estas difieren mucho en su diseño y capacidad de bombeo y se adaptan a diferentes condiciones de construcción de pozos y profundidad de muestreo. Las bombas de succión instaladas en superficie no pueden subir el agua desde una profundidad de más de 8 metros, por tanto las bombas eléctricas sumergibles son las recomendadas para la mayoría de muestreos de aguas subterráneas, sin embargo, las de tipo-bladder también pueden ser útiles en algunos casos, especialmente cuando las muestras se deben tomar de pozos de poco diámetro (<32mm), donde es imposible el uso de bombas sumergibles. Las bombas de succión no se deben emplear en situaciones en que el muestreo se realiza principalmente para examinar el contenido de gases disueltos en el agua subterránea.

### **6.2 Equipo para muestreo a profundidad**

Los equipos para muestreo a profundidad, (conocidos generalmente como muestreadores tipo-thief (thief samplers) o tipo-grab (grab samplers), son dispositivos que pueden ser bajados dentro de un pozo a una profundidad específica. Los diseños difieren principalmente en su mecanismo de cierre. Los muestreadores de tubo abierto dejan fluir el agua y se pueden sellar a una profundidad específica por medio de un mensajero mecánico o una trampa operada eléctricamente. Para algunos propósitos específicos, como el muestreo de un acuífero contaminado por un componente orgánico inmiscible (que no se puede mezclar), es preferible un muestreador de profundidad sellado. El diseño que se utilice debe ser tal, que el agua no entre en contacto con el contenedor de la muestra hasta que active el mecanismo a la profundidad requerida. En acuíferos muy profundos (por ejemplo, más de 100 m), se recomienda éste tipo de muestreadores ya que otros métodos suelen ser poco prácticos.

Las muestras de agua se pueden recoger también en un “bailer” durante la perforación, para dar datos netos sobre la variación en la calidad del agua subterránea con la profundidad. En estos casos, cuando no es posible el bombeo, un simple “bailer” que actúa como una botella pesada u otro contenedor abierto, pueden ser bajados por el pozo para tomar la muestra. El uso de un bailer se recomienda para el muestreo del acuífero y no se recomienda cuando se dispone de otros medios.

### **6.3 Equipos para muestreo “in-situ”**

Estos son dispositivos tales como copas porosas y piezómetros puntuales, que se instalan de manera permanente a una profundidad específica en un acuífero donde se toman muestras puntuales. Estos dispositivos se instalan con frecuencia a distintas profundidades en un pozo.

Las copas de cerámica porosa se pueden utilizar en zonas saturadas o no saturadas: para extraer el agua que entra a la copa porosa se aplica vacío por un tubo unido a la copa. Existen otros dispositivos que permiten la entrada de agua a través de una malla metálica en una cámara de muestra, evacuada mediante presurización de aire comprimido. Los piezómetros son tubos de poco diámetro protegidos con una pantalla en un extremo y abiertos en la superficie, permiten extraer muestras de agua subterránea con bombas de poco diámetro, o por succión, si el nivel del agua está cerca al nivel del suelo. Varios piezómetros pueden ser instalados o sellados a diferentes profundidades en un solo pozo.

### **6.4 Sistemas sellados o empaquetados**

Los sistemas sellados permiten extraer agua a profundidades específicas dentro de un pozo. El sistema puede constar de uno o más sellos que se pueden expandir por medios neumáticos o hidráulicos; una vez colocados en el pozo, la muestra de agua se obtiene de la sección sellada bombeando o por desplazamiento de gas. Hay gran variedad de sistemas disponibles, algunos de instalación permanente, otros portátiles. Los sellos no son adecuados en pozos con filtros de grava.

### **6.5 Sistemas de muestreo de agua intersticial**

Para obtener información detallada sobre la calidad del agua subterránea a diferentes profundidades, ya sea en la zona saturada o no saturada de un acuífero, se pueden extraer muestras de agua intersticial a partir de las muestras de roca extraída de la perforación. El agua intersticial se extrae por centrifugación, o bien por compresión en una prensa de alta presión.

Esta técnica de muestreo es costosa y no se recomienda para monitoreo de rutina, porque requiere perforar constantemente.

## **7. PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRA**

### **7.1 Extracción de agua subterránea absorbida**

Se requieren muestras para evaluar la conveniencia de determinada agua subterránea extraída para un uso en particular. Las muestras se pueden tomar en el punto de extracción, aunque pueden no ser representativas de la calidad general del agua en el respectivo depósito acuífero.

## **7.2 Agua en un depósito acuífero**

Cuando se efectúa muestreo para evaluar la calidad del agua contenida en un depósito acuífero, el pozo o barreno debe bombearse antes de efectuar el muestreo para así asegurarse de que se extrae agua nueva del depósito. Incluso en estas circunstancias, es posible que el agua del pozo o barreno sea estratificada y que entonces se requiera muestreo adicional para evaluar el grado de estratificación. Siempre se debe registrar la profundidad por debajo del nivel del suelo a la cual se toma la muestra.

Los pozos o barrenos cercanos a materiales susceptibles de corrosión deben bombearse siempre completamente antes del muestreo, para así tener seguridad de que se eliminen del sistema todos los productos de corrosión acumulados.

En los casos en que se requieran muestras representativas de profundidades predeterminadas del depósito acuífero, se deben utilizar tubos.

## **7.3 Selección del punto de muestreo**

Cuando se utilizan pozos ya existentes, es necesario conocer los detalles de construcción (diseño e instalación) de cuál acuífero o nivel se debe extraer la muestra. Cuando se están construyendo nuevos pozos de monitoreo, se debe decidir el diseño de éstos (por ejemplo, el área abierta y la longitud), y el método de construcción, no sólo para satisfacer requisitos de muestreo sino para evitar la contaminación y perturbación del acuífero. En lo posible se debe evitar el uso de desengrasantes, lubricantes, barros, aceites y bentonita durante la perforación, en especial cuando se trata de compuestos orgánicos. Además, es necesario tener cuidado para garantizar que los pozos terminados a niveles específicos, no estén intercomunicando diferentes acuíferos y permitir la mezcla de aguas a diferentes profundidades, lo cual se puede lograr sellando el relleno de grava en cada uno de los filtros. También se debe prestar atención a la terminación en superficie para evitar que se contamine con agua superficial.

### **7.3.1 Monitoreo de la calidad del agua subterránea para consumo humano**

Cuando se monitorea la calidad de los suministros de agua subterránea para uso potable u otros usos, todos los pozos de bombeo y monitoreo de manantiales se deben muestrear. Para agua potable, se deben consultar las exigencias sanitarias y ambientales que en esta materia tiene el país.

Cuando se seleccionan puntos de muestreo de abastecimiento de agua, se recomienda monitorear algunos pozos alejados del sitio de la extracción, para examinar el efecto de ésta sobre las características dinámicas del acuífero (por ejemplo, el flujo natural del agua subterránea, la variación en el espesor de la zona saturada).

### **7.3.2 Monitoreo de la calidad del agua subterránea para otros propósitos**

Cuando se trata de muestreo con otros propósitos, la selección de puntos de muestreo óptimos es más difícil, y está condicionada por el propósito del muestreo, además de las características particulares del acuífero que se está muestreando (por ejemplo, la naturaleza del flujo de agua subterránea (si es intergranular o por fraccionamiento), el



gradiente hidráulico y la dirección del flujo). En estos casos, es esencial buscar asesoría hidrogeológica especializada para ayudar en la selección de los mejores puntos de muestreo. El uso de pozos existentes no se debe considerar, a menos que se pueda demostrar que son aptos para el programa de muestreo. (En muchos casos, los pozos existentes pueden penetrar completamente el acuífero y estar abiertos, o con filtros en cualquier profundidad, dificultando así el examen de la calidad a profundidades específicas).

#### **7.4 Tipos de muestreo**

##### **7.4.1 Muestreo por bombeo**

Las muestras bombeadas provenientes de pozos de extracción, utilizadas para suministros potables u otros diferentes, pueden conformar una mezcla de agua que entra al pozo y la muestra puede cambiar a diferentes profundidades. Por lo tanto, este método sólo se recomienda cuando la calidad del agua subterránea es verticalmente uniforme, o donde todo lo que se requiere es una muestra vertical compuesta, de una composición promedio, como puede ser el caso de muestras extraídas de un pozo para consumo potable. En estos casos, dependiendo de la construcción (cabeza-pozo), la muestra se debe recoger lo más cerca posible de la boca del pozo, para evitar problemas de inestabilidad.

Las muestras no se deben recoger de pozos de bombeo hasta que haya pasado el tiempo suficiente para retirar la columna de agua remanente del pozo y garantizar que el agua se esté sacando directamente del acuífero. El tiempo de bombeo requerido se puede calcular aproximadamente con base en la longitud del pozo, la velocidad de bombeo y la conductividad hidráulica, pero se debe confirmar con mayor precisión mediante el monitoreo de cualquier cambio en el oxígeno disuelto, el pH, la temperatura o la conductividad eléctrica del agua bombeada. En estos casos, las muestras no se deben tomar hasta que dejen de observarse variaciones significativas ( $< \pm 10\%$  en términos de calidad (masa/unidad de volumen) o  $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en términos de temperatura). Sin embargo, se debe anotar que, además de medir la temperatura o la conductividad eléctrica, puede ser necesario medir variables de interés directo, como compuestos orgánicos complejos en casos de contaminación del agua subterránea.

El método más efectivo para tomar muestras de un acuífero en el que la calidad del agua varía con la profundidad es el muestreo de horizontes acuíferos específicos utilizando pozos de monitoreo construidos a profundidades específicas o, como alternativa, tomar muestras de secciones selladas de un mismo pozo de monitoreo. En el primer caso, se puede utilizar equipo portátil para bombear muestras de una serie de pozos de monitoreo relativamente próximos uno de otro, cada uno completado y terminado con filtros, para poder tomar muestras a diferente profundidad en el acuífero. En el segundo caso, la muestra se bombea de una sección sellada de un pozo con una bomba-tapón ensamblada, que sirve para obtener una muestra discreta de agua dentro de un intervalo específico de profundidad del acuífero. Este método de muestreo se recomienda sólo para uso en acuíferos consolidados: no es apropiado para uso en barrenos terminados con filtro y relleno de grava.

#### 7.4.1 Muestreo a profundidad

Consiste en hacer bajar un dispositivo de muestreo por el interior del pozo, dejando que se llene con agua a una profundidad conocida, y recuperando la muestra para transferirla a un recipiente apropiado, cuando sea necesario. Este método normalmente es adecuado sólo para uso en pozos de monitoreo que no se bombean (pozos de monitoreo como piezómetros), aunque las muestras de profundidad se pueden recoger de los pozos durante el bombeo, si hay acceso libre por la bomba, con un tubo instalado para este propósito. Las muestras de profundidad nunca se deben tomar de los intervalos con la tubería lisa, ya que el agua no es representativa de la profundidad a la que se activa el dispositivo de muestreo y, bajo condiciones estadísticas, su calidad puede haber sido alterada por actividad microbológica o química.

Aún dentro de la sección de filtros, el muestreo de profundidad tiene sólo valor limitado porque los flujos naturales o inducidos dentro del barreno pueden dar origen a muestras inciertas. Este tipo de muestreo es adecuado únicamente si se conoce el origen de las muestras (en términos de profundidad del agua que fluye hacia el barreno). Para conocer su origen se pueden determinar las profundidades del agua que fluye hacia el pozo y dentro de la columna de agua de éste, mediante interpretación de los registros de datos tomados en la boca del pozo, tales como, temperatura, conductividad y flujo bajo bombeo y condiciones estadísticas.

Cuando sea necesario limpiar o purgar los pozos de los cuales se van a tomar muestras de profundidad, se recomienda bombear suavemente el pozo antes del muestreo. No se recomienda el uso de bombas de succión para operaciones de limpieza, porque esto podría cambiar el equilibrio químico del agua subterránea al introducir oxígeno disuelto.

#### 7.4.2 Otros métodos de muestreo

En ocasiones en que los métodos descritos anteriormente no se pueden utilizar o son inadecuados, se recomienda tomar muestras de puntos discretos en el acuífero mediante diferentes dispositivos de muestreo en el sitio. Estos incluyen copas porosas o piezómetros puntuales de los cuales se extrae agua por vacío o desplazamiento de gas. Se pueden instalar varios instrumentos en un solo pozo de monitoreo y algunos son adecuados para uso en zonas insaturadas. Se pueden también tomar muestras de profundidades específicas para el muestreo de agua intersticial. Este método comprende extracción de agua (usualmente por centrifugación) de muestras de suelo o de roca obtenidas mediante métodos especiales de perforación. Este es el medio más efectivo para cuantificar las variaciones verticales en la calidad y también es un método muy efectivo para el muestreo de zonas insaturadas. Sin embargo, para monitoreo periódico, tiene la desventaja de requerir perforación repetida y por esto es costoso.

Otra desventaja es que puede liberar agua que normalmente no se puede retirar del acuífero en condiciones naturales: esta técnica, por lo tanto, sólo debe utilizarse cuando la recomiende un especialista en hidrogeología.

Sin embargo, se puede dar una guía generalizada cuando el objetivo es monitorear la contaminación procedente de diferentes focos o en fuentes puntuales.



#### 7.4.3 Contaminación difusa del agua subterránea

Cuando se diseñan redes de monitoreo para identificar contaminación de acuíferos proveniente de diversas fuentes, se recomienda el uso de puntos de muestreo existentes en forma de pozos de gran capacidad de producción o extracción, ya que pueden proveer muestras integradas de un gran volumen del acuífero. Sin embargo, en casos de contaminación de baja intensidad o contaminación localizada, el uso de este tipo de pozos puede reducir la contaminación a niveles por debajo del límite de detección analítica: en estos casos se recomienda el uso de pozos de menor capacidad de extracción. La parte del acuífero que es más sensible a la contaminación es la que está cerca del límite entre las zonas saturadas y las no saturadas. Por lo tanto, al menos uno de los pozos de monitoreo debe tener un filtro cerca de la superficie de la zona saturada. Los pozos perforados con otros propósitos se deben completar y proteger a diferentes intervalos de profundidad del acuífero. Los pozos de monitoreo deben estar ubicados en el área de interés. Se recomienda que los sitios que se elijan representen las diferentes condiciones hidrogeológicas y de uso de la tierra y las áreas consideradas como particularmente vulnerables a la contaminación difusa

#### 7.4.4 Contaminación en fuentes puntuales

Cuando se especifican puntos de muestreo para monitorear la contaminación en fuentes puntuales, como la que se produce en los rellenos sanitarios, es preciso considerar la ubicación del sitio de contaminación en relación con la dirección del flujo de agua subterránea. Donde sea posible, se recomienda instalar un pozo de monitoreo para monitorear la calidad del agua directamente bajo la fuente de contaminación.

Además, al menos un pozo de monitoreo con filtros debe ser construido en un intervalo estrecho de profundidad, inmediatamente encima de la tabla de agua, de forma que los contaminantes que son menos densos que el agua se puedan detectar más fácilmente. Se deben colocar puntos de muestreo adicionales a distancias progresivas hacia abajo del gradiente hidráulico de la fuente de contaminación y deben tomarse precauciones para tomar muestras en un intervalo amplio de profundidades. También se debe considerar la colocación de uno o dos pozos de monitoreo hacia arriba del gradiente hidráulico de la fuente de contaminación, para poder identificar la extensión del área de influencia de la contaminación. Estos pozos de monitoreo también pueden servir para estudios de control de calidad, porque mediante el procedimiento de muestreo, dan información sobre el alcance de la contaminación potencial, en especial donde el análisis de trazas de material, es importante.

#### 7.5 Consideraciones en el llenado de botellas

Durante el llenado de las botellas no deje de agitar la muestra, para garantizar la homogeneidad. Purgue cada botella antes de tomar la muestra.

7.5.1 Las botellas de muestras y réplicas se llenan hasta el cuello. Si se indica en la etiqueta de la botella, adicione el preservante indicado (20 gotas), en cualquier momento del llenado de la botella, inclusive al final. Tape firmemente cada botella.

7.5.2 Las botellas para adiciones se llenan inicialmente con un poco de muestra (aproximadamente la tercera parte de la capacidad).

7.5.3 Luego adicione en su totalidad el contenido del frasco identificado como adición, teniendo en cuenta que corresponda a los análisis indicados en la etiqueta. Enjuague, con muestra del balde, tres (3) veces el frasco, adicionando las aguas de enjuague a la botella.

7.5.4 Termine de llenar con muestra cada botella hasta el nivel del cuello. Si se indica en la etiqueta de la botella, adicione el preservante indicado (20 gotas), Tape firmemente cada botella.

7.5.5 Acomode las botellas dentro de la nevera separando las botellas de vidrio entre sí para evitar la rotura de las mismas. Ponga hielo suficiente para refrigerar.

## **8. LIMPIEZA DE MATERIAL**

Los recipientes usados para tomar muestras para la determinación de PCB deben ser de vidrio o de teflón y tener septas o tapas de teflón. En situaciones donde no se dispone de teflón se puede usar recubrimiento de aluminio. Sin embargo debe tenerse en cuenta que las muestras ácidas o básicas pueden reaccionar con el aluminio, causando eventualmente contaminación.

**NO SE DEBEN USAR RECIPIENTES PLASTICOS** para almacenar las muestras debido a la contaminación por ésteres de ftalatos y otros hidrocarburos dentro del plástico. Los recipientes de las muestras deben ser llenados con cuidado para evitar que alguna porción de la muestra entre en contacto con los guantes, ya que esto causa contaminación. Las muestras no deben ser colectadas en presencia de efluentes de humos o vapores. Si las muestras se ponen en contacto con equipos auto-muestreadores corra un blanco de agua libre de orgánicos al auto-muestreador y úselo como blanco de campo.

Toda la preparación de procedimientos debe validarse para asegurar que no ocurran interferencias negativas y positivas. Como mínimo, esto debe incluir el análisis de:

### **8.1 Blancos**

### **8.2 Muestras adicionadas con niveles conocidos de analitos o muestras de control de concentración conocida.**

Si no es posible hacer una disposición de recipientes desechables, es preferible reservar una serie de recipientes para un analito en particular, y de ese modo minimizar los riesgos de contaminación cruzada. Se debería tener cuidado para prevenir que un recipiente, que formalmente mantiene una muestra con una concentración alta de un analito, contamine una muestra posterior que vaya a contener del mismo analito de concentración más baja.

Puede ser necesario lavar los recipientes nuevos con agua que contenga detergente, para remover el polvo y los residuos de los materiales de empaque, seguido por enjuague completo con agua de una calidad apropiada. El uso de reactivos de limpieza y de solventes puede causar interferencias, por ejemplo, contaminación residual por detergentes que contengan fosfatos cuando se trata de analizar nutrientes. Si se usan, todos los reactivos y los solventes deberían ser de calidad apropiada.

### **8.3 Detergentes para el lavado de recipientes de vidrio**

El procedimiento debería ser el siguiente:

- 8.3.1 Lavar el recipiente y la tapa con solución diluida de detergente y de agua.
- 8.3.2 Enjuagar la tapa completamente con agua.
- 8.3.3 Enjuagar sucesivamente, dos veces, con agua de calidad apropiada.
- 8.3.4 Drenar completamente y volver a poner la tapa.

Se pueden usar las máquinas automáticas de lavado para este procedimiento.

### **8.4 Recipientes de vidrio lavados con solvente**

**ADVERTENCIA** los solventes orgánicos son peligrosos. Suministrar instrucciones para un uso adecuado y manejarlos con cuidado.

El procedimiento debe ser como sigue:

- 8.4.1 Lavar el recipiente y la tapa con una solución diluida de detergente y agua corriente.
- 8.4.2 Enjuagar completamente con agua corriente.
- 8.4.3 Enjuagar sucesivamente, dos veces, con agua de una calidad apropiada y secar.
- 8.4.4 Enjuagar con acetona de una calidad apropiada y drenar.
- 8.4.5 Enjuagar con un solvente de calidad adecuada, secar e inmediatamente poner la tapa.

El solvente debe ser compatible con el analito de interés y el método analítico que se use.

### **8.5 Secado del Material de Vidrio**

El secado y almacenamiento de la vidriería es de crítica importancia para prevenir que los efectos de la limpieza escrupulosa sean anulados. Es recomendado el secado de todo el material de vidrio no volumétrico a 100 °C.

Bajo ninguna circunstancia los materiales se deben dejar abiertos sin protección. El polvo puede re-contaminar la vidriería.

### **8.6 Procedimiento Alterno de Limpieza**

Como alternativa del lavado con solvente el material de vidrio puede ser calentado a 300 °C para vaporizar orgánicos. No use alta temperatura para el tratamiento de vidriería volumétrica, esmerilada o sintética.

## **9. TRANSPORTE, ESTABILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

Es esencial tener el cuidado de asegurar que cualquier preservativo utilizado se prepare y suministre con exactitud. La temperatura de la muestra se mide y se registra en el sitio. Los parámetros físicos (por ejemplo, pH) se deberían determinar en el sitio o lo más pronto posible.

Se debe asegurar que los contenedores de las muestras se entreguen al laboratorio como muestras de rutina. Se recomienda que los contenedores estén sellados herméticamente y protegidos de los efectos de la luz y el calor excesivo, porque las características de la muestra se pueden deteriorar rápidamente debido al intercambio de gas, a las reacciones químicas y al metabolismo de los organismos que pueden estar presentes. Se debe asegurar que las muestras que no se puedan analizar rápidamente sean estabilizadas.

Para ello se puede aplicar un enfriamiento a 4 °C; para períodos más largos, se recomienda congelar a -20 °C. En este último caso, se asegura que la muestra esté descongelada completamente antes de su uso, ya que el proceso de congelación puede tener el efecto de concentrar algunos componentes en la parte interna de la muestra, que es la última en congelarse. Las muestras se pueden preservar mediante la adición de químicos de calidad adecuada. Se debe asegurar que el método de preservación elegido no interfiera con el posterior examen o influya en los resultados. En el informe de ensayo se deben registrar todos los pasos de la preservación.

**Nota.** Las muestras para aseguramiento de la calidad empleadas para transporte, estabilización y almacenamiento se deberían someter a los mismos procesos a los que se someten las muestras de ensayo.

## **10. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS**

Los recipientes de muestras deben estar marcados en forma clara y sin la menor ambigüedad, de forma que los resultados analíticos subsecuentes se puedan interpretar apropiadamente. Todos los detalles pertinentes para el análisis de las muestras se deben anotar en una etiqueta adherida al recipiente, junto con cualquier otra información importante registrada en un informe de muestreo. Cuando se necesitan muchos recipientes para un solo muestreo, usualmente es conveniente identificarlos con un único número de referencia y registrar todos los detalles pertinentes en un informe de muestreo. Los rótulos y formularios siempre se deben llenar al momento de recoger la muestra. Los detalles que se dan sobre cualquier combinación de rótulos e informes de muestreo, dependerán de los objetivos particulares del muestreo, pero deben incluir toda la información necesaria que permita repetir el muestreo en condiciones idénticas. La información básica que se debe incluir es la siguiente:

- 10.1 Fecha y hora en que se recogió la muestra;
- 10.2 Naturaleza de los estratos en los que están el acuífero y el agua;
- 10.3 Tipo de punto de muestreo;
- 10.4 Cualquier información descriptiva pertinente;
- 10.5 método de recolección de la muestra;

- 10.6 profundidad de muestreo;
- 10.7 Apariencia de la muestra en el momento de la recolección (por ejemplo, color, claridad y olor);
- 10.8 resultados del análisis en el sitio (por ejemplo, pH);
- 10.9 Detalle de cualquier técnica de preservación empleada;
- 10.10 Detalles de cualquier filtro que se haya utilizado en el sitio (por ejemplo, tamaño de los poros del filtro);
- 10.11 Detalles de cualquier método de almacenamiento de las muestras que se haya empleado o requerido;
- 10.12 Nombre (o iniciales) de la persona que recogió la muestra.

En el Anexo A se da un ejemplo de un informe que se podría usar en situaciones en que se haya recogido toda esta información sobre el muestreo

**Anexo A. (Normativo)**

**Informe. Muestreo de aguas subterráneas**

Objetivo: -----

Ubicación: -----Profundidad: -----

Formación: -----

Fecha del muestreo: -----

Día            Mes            Año

Medida del nivel de agua: ----- Volumen: -----

Hora: Comienzo: ----- Fin: ----- del muestreo

Método de muestreo: -----

Estado de bombeo/profundidad de la estación de bombeo:-----

Nivel de agua dentro del acuífero: -----

Profundidad del muestreo: -----

Apariencia de la muestra:-----

Detalle de las técnicas de preservación empleadas:-----

Detalle del método de almacenamiento empleado/requerido:-----

Nombre/iniciales de la persona que recogió la muestra: -----

Otras observaciones:-----

**MEDICIONES EN EL CAMPO**

**TEMPERATURA**

**pH**

**CONDUCTIVIDAD**

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----



## 11. BIBLIOGRAFÍA

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto constituyen la integridad del mismo:

11.1 **NTC-ISO 5667-parte 1:1995**, Calidad del agua. Muestreo. Directrices para el diseño de programas de muestreo.

11.2 **NTC-ISO 5667-Parte 2**: Gestión ambiental. Calidad de agua. Técnicas generales de muestreo.

11.3 **NTC-ISO 5667-Parte 3: 2004**, Gestión ambiental. Calidad de agua. Muestreo

11.4 **NTC-ISO 5667-parte 11:1996**, Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Guía acerca del muestreo de agua subterránea.

11.5 **NTC-ISO 5667-parte 18:2003**, Calidad del agua. Muestreo. Guía acerca del muestreo de agua subterránea en sitios contaminados.