

**REPUBLICA DEL PERU  
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

**GUIA PARA EL MUESTREO  
Y ANÁLISIS DE SUELO**

**CAPITULO ADICIONAL A AGREGARSE A:**

**XV RESTAURACION DE SUELOS EN  
INSTALACIONES DE REFINACION Y  
PRODUCCION PETROLERA**

**Sub – Sector Hidrocarburos**

**Dirección General de  
Asuntos Ambientales**

**Octubre – 2000**

## INDICE

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>PLAN DE MUESTREO DEL SUELO</b>	<b>2</b>
2.1.	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	2
2.2.	ENFOQUES PARA EL MUESTREO	3
2.3.	DECISIÓN SOBRE EL NÚMERO DE MUESTRA A TOMAR	3
2.4.	SELECCIÓN DE SITIO DE CONTROL	4
2.5.	REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD	5
2.6.	DOCUMENTACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE MUESTREO	5
<b>3.0</b>	<b>MUESTREO DE CAMPO</b>	<b>7</b>
3.1.	REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE SOBRE EL SITIO	7
3.2.	RECONOCIMIENTO DEL SITIO	7
3.3.	MUESTREO REPRESENTATIVO DEL SUELO	7
3.4.	SELECCIÓN DE LAS UBICACIONES PARA EL MUESTREO	8
3.5.	SELECCIÓN DEL EQUIPO DE MUESTREO	8
3.6.	PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS	10
<b>4.0</b>	<b>MÉTODOS RECOMENDADOS PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS</b>	<b>11</b>
<b>5.0</b>	<b>CADENA DE CUSTODIA</b>	<b>16</b>
<b>7.0</b>	<b>PROCESAMIENTO DE DATOS Y CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>17</b>
<b>8.0</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>19</b>

## 1.0 INTRODUCCION

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre un suelo específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas.

Todos los suelos son naturalmente variables: sus propiedades cambian, horizontalmente, de manera transversal al paisaje y, verticalmente, más abajo del perfil del suelo. El suelo deberá subdividirse en clases lo más homogéneas posible. Para las subdivisiones horizontales se podrá utilizar unidades de mapeo de suelos derivadas de cambios en la topografía, geología subyacente y tipo predominante de vegetación. Los horizontes del suelo son excelentes subdivisiones del cambio vertical.

Las perturbaciones ambientales, tales como la mezcla mecánica, la deposición de los contaminantes del aire, los derrames líquidos y la aplicación de desperdicios sólidos, introducen una variación adicional a los paisajes naturales. Para una más amplia subdivisión de la población del suelo en clases más pequeñas, se podrá emplear datos históricos sobre tipos de perturbación, métodos de cultivo, uso de químicos y fertilizantes y evaluación de vías de migración.

El muestreo y trabajo analítico resultante pueden parecer onerosos; sin embargo, más costosa aún puede resultar la restauración de suelos con daño ambiental o su eliminación cuando el daño excede a las concentraciones aceptables. El muestreo podría ahorrar mucho trabajo en la restauración de tierra o eliminación del suelo si se establecen fronteras y límites precisos de las áreas contaminadas.

La presente pauta describe una serie de métodos de campo y procedimientos analíticos que pueden emplearse, desde el reconocimiento inicial del sitio hasta su limpieza minuciosa y remediación. Todos los métodos y procedimientos son simples y de costo razonable.

## **2.0 PLAN DE MUESTREO DEL SUELO**

### **2.1 DEFINIENDO OBJETIVOS**

El primer paso al planear la actividad de muestreo de un sitio contaminado es definir los objetivos. Los objetivos del muestreo ambiental se dividen, de manera amplia, en metas exploratorias (de vigilancia) y de monitoreo (de evaluación). El muestreo exploratorio está diseñado para brindar información preliminar respecto al sitio o material materia de análisis. El monitoreo generalmente tiene como fin brindar información acerca de la variación de concentraciones de parámetros específicos durante un lapso determinado o dentro de un área geográfica específica. Un plan de muestreo para monitoreo normalmente será más eficaz si va precedido del muestreo exploratorio o si existe información histórica sobre el parámetro de interés en el sitio de muestreo.

### **2.2 ENFOQUES PARA EL MUESTREO**

Existen tres enfoques básicos para el muestreo: selectivo, sistemático y al azar (Tabla 1). El muestreo selectivo consiste en escoger sitios para el muestreo en base a diferencias obvias o típicas. Tales diferencias se determinan según la experiencia del muestreador y generalmente incluyen factores tales como la visibilidad del área de un derrame de químicos, los cambios en el color del suelo, las áreas de perturbación física anterior o las áreas sin vegetación o con vegetación muerta. En los estudios ambientales, el muestreo selectivo a menudo constituye la base de una investigación exploratoria.

El muestreo sistemático o de rejilla es un método mediante el cual los puntos de muestreo seleccionados se ubican a distancias uniformes entre sí, a fin de brindar total cobertura a una población específica de suelo. En los sitios con derrames de químicos líquidos o con deposición aérea de contaminantes, este método es útil para documentar probables gradientes de concentración y se emplea a menudo en los programas de monitoreo.

El muestreo al azar se basa en la teoría de probabilidades y la necesidad de un riguroso análisis estadístico. El muestreo al azar permite toda combinación posible de unidades de muestras a seleccionarse y el número de combinaciones posibles está sólo limitado por el tamaño de la muestra. El medio más común para minimizar la desviación en la selección de sitios de muestreo es asignarle un número a cada unidad de población y extraer unidades de muestras de una tabla de dígitos al azar.

Una combinación de muestreo selectivo, sistemático y al azar es a menudo el enfoque más factible; sin embargo, el esquema del muestreo debiera ser lo suficientemente flexible como para permitir ajustes durante las actividades de campo. Los problemas, como la falta de acceso a los sitios de muestreo preseleccionados, las formaciones de subsuelo no previstas o las condiciones climáticas de un sitio contaminado, podrán demandar ajustes importantes en los planes de muestreo.

### **2.3 DECIDIENDO EL NUMERO DE MUESTRAS A TOMAR**

Existen numerosos factores que influyen en el número de muestras a tomar de un sitio contaminado. Dichos factores incluyen los siguientes:

- *¿Qué número de áreas claras existen dentro del sitio?*
  - En el caso de existir varias, ¿se desea muestras de cada una?
  - En el caso de no existir ninguna, ¿cuál sería la amplitud de dispersión de los puntos de muestreo dentro de un área específica?
  
- *¿Cuántos métodos analíticos distintos se necesitan?*
  - Si más de uno, ¿se requerirá aplicar todos los métodos a todos los puntos de muestreo?
  - Típicamente, se necesita distintos métodos analíticos para diversos tipos de contaminantes orgánicos, en comparación con los que se requieren para metales o parámetros generales.
  
- *¿Cuántas muestras de sitios de control se necesita?*

- Si se está haciendo distingo entre muestras contaminadas y no contaminadas, típicamente se requiere de una a dos de cada tipo de matriz.
- *¿Qué tipos de muestras de control de calidad se necesita?*
  - Típicamente, se debería obtener un 10% adicional del número total de muestras para control de calidad.

**Tabla 1**  
**Enfoques Básicos de Muestreo**

Enfoque	Número Relativo de Muestras	Desviación Relativa	Base para la Selección de Sitios de Muestreo
Selectivo	El más pequeño	La más amplia	Historia previa, evaluación visual y/o criterio técnico
Sistemático	Mayor	Más pequeña	Rejilla o patrón consistente
Al azar	El máximo	La menor de todas	Simple selección al azar

## 2.4 SELECCIÓN DEL SITIO DE CONTROL

Los sitios de control son importantes para entender el valor de la información de muestreo. Se deberá seleccionar lugares que tengan características comunes con las áreas contaminadas, con excepción de la fuente de contaminación. Los sitios del entorno se muestrean cercanamente a la época y al lugar de muestreo del sitio contaminado. Los sitios de control se emplean para demostrar si el sitio afectado está contaminado y/o si es verdaderamente distinto al entorno del área. Siempre es necesario algún tipo de sitio del entorno para establecer una comparación científica válida entre los sitios que se sospecha contienen contaminantes ambientales y las muestras que contengan niveles por debajo de los detectables o medibles o niveles de contaminantes aceptablemente bajos.

Existen dos tipos de sitios de control: los locales y los del área, y sus diferencias radican principalmente en la cercanía del sitio de control al sitio de muestreo ambiental. Los sitios de control locales están generalmente adyacentes a o muy cerca de los sitios donde se obtienen muestras para ensayos. Los siguientes principios aplican a la selección de y trabajo con sitios de control locales:

- Los sitios de control locales deberían estar generalmente contra el viento o río arriba del sitio de muestreo;
- En lo posible, se deberá tomar primero las muestras de sitios de control locales a fin de evitar la contaminación del sitio de muestreo; y
- Deberá reducirse el recorrido entre los sitios de control locales y las áreas de muestreo, en razón de la contaminación potencial que podrían causar las personas, equipo y/o vehículos.

En contraste con un sitio de control local, el sitio de control de área se encuentra en la misma área (por ejemplo una ciudad o país) que el sitio de muestreo, pero no adyacente al mismo. Los factores a considerarse en la selección del sitio de control de área son similares a aquéllos para los sitios de control locales. Se deberá desplegar todo esfuerzo posible para hacer los sitios idénticos, excepto si existen parámetros de interés en el sitio bajo investigación. En general, los sitios de control locales son preferibles a los sitios de control de área ya que están físicamente más cerca. Sin embargo, cuando no se pueda encontrar un sitio de control local adecuado, un sitio de control de área permitirá todavía recolectar muestras importantes del entorno.

## **2.5 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD**

De acuerdo con su naturaleza y definición, los sitios contaminados contienen concentraciones de químicos que pueden ser dañinas a las personas, incluyendo aquéllas que colectan las muestras en dichos sitios. Consecuentemente, en el desarrollo de cualquier plan de muestreo se deberá tomar siempre en cuenta la salud y la seguridad. Un debido planeamiento y una apropiada ejecución de los protocolos de seguridad ayudan a proteger a los empleados de accidentes y de una innecesaria exposición a químicos peligrosos.

Los planes de seguridad deben incluir requerimientos de cascos, botas de seguridad, lentes de seguridad, respiradores, aparatos autónomos de respiración, guantes e indumentaria contra material peligroso, de ser el caso.

## **2.6 DOCUMENTANDO LOS PROTOCOLOS DE MUESTREO**

Los protocolos de muestreo son descripciones escritas de procedimientos específicos a seguirse en la colección, empaçado, etiquetado, preservación, transporte, almacenamiento y documentación de muestras. Cuanto más específico sea un protocolo de muestreo, menor será la posibilidad de error o de interpretaciones erróneas.

El protocolo de campo debería brindar información sobre lo siguiente:

- localización de las muestras;
- recipientes – tipo, número y tamaño;
- etiquetas;
- otro equipo de campo (mapas, lapiceros, cinta, cuadernos, etc.);
- tipos de dispositivos de muestreo;
- volumen de la muestra;
- procedimientos de la cadena de custodia;
- recipientes para el almacenaje; y
- los planes de transporte hasta el laboratorio analítico.

## **3.0 MUESTREO DE CAMPO**

### **3.1 REVISANDO LA INFORMACION EXISTENTE SOBRE EL SITIO**

Se agotará todo esfuerzo para revisar, primero, la información relevante concerniente a un sitio contaminado. Una revisión de datos históricos examina las operaciones pasadas y presentes del sitio, así como las prácticas de eliminación, ofreciendo un panorama sobre la contaminación conocida y potencial del sitio y de los otros peligros existentes en el mismo. Las fuentes de información incluyen las oficinas y archivos federales, provinciales y locales (por ejemplo, informes de inspección del sitio; acciones legales; empleados actuales y anteriores de las instalaciones; partes potencialmente responsables; residentes locales; y archivos o récords de la



instalación. Previo a cualquier esfuerzo de muestreo, deberá obtenerse información sobre localización de muestras (en mapas, de ser posible), tipos de suelo, y concentraciones relevantes de contaminantes.

### **3.2 RECONOCIMIENTO DEL SITIO**

Un reconocimiento de sitio, realizado previa o paralelamente al muestreo, es invaluable para evaluar las condiciones del sitio, estudiar las áreas de contaminación potencial, evaluar los peligros potenciales asociados con el muestreo, y desarrollar un plan de muestreo. El reconocimiento debiera cubrir brechas de información remanentes del estudio histórico.

Al ingresar al sitio, utilizar equipo de protección personal adecuado; observar y fotografiar el sitio; tomar nota de las rutas de acceso al sitio; notar y mapear las áreas de proceso y/o de eliminación de desperdicios; las rutas de migración con potencial de contaminantes, tales como estanques, quebradas, canales de irrigación, agua subterránea, dispersión del viento, actividad humana, etc.; características topográficas y vegetación muerta o afectada.

### **3.3 MUESTREO REPRESENTATIVO DEL SUELO**

Un muestreo representativo del suelo garantiza que una muestra o grupo de muestras refleje de manera precisa la concentración del parámetro de preocupación en un momento dado. Los resultados analíticos de las muestras representativas también ilustran la variación en la presencia y concentración de contaminantes a lo largo de un sitio contaminado. Sin embargo, en razón de que los suelos son extremadamente complejos y variables, esto a menudo requiere de muchos métodos distintos de muestreo que se acomoden mejor a las necesidades y objetivos específicos del muestreo.

La deposición de contaminantes aerotransportados, especialmente de aquéllos recién depositados, es, con frecuencia, evidente en la capa superficial de los suelos. Sin embargo, a profundidades de hasta varios metros se podrá encontrar los

contaminantes depositados por acción de derrames líquidos o de una prolongada deposición de material soluble en agua.

### **3.4 SELECCIONANDO LAS UBICACIONES PARA EL MUESTREO**

Una vez determinado el enfoque para el muestreo, el siguiente paso consiste en seleccionar las ubicaciones para el muestreo (ver Sección 2.2). La selección de la exacta ubicación de cada punto de muestreo es crucial para la obtención de datos representativos. Por ejemplo, factores tales como la dificultad para colectar una muestra en un punto dado, la presencia de vegetación o la decoloración del suelo, podrían influir (desviar) un plan de muestreo.

Para ubicar con precisión los puntos de muestreo se puede emplear una diversidad de métodos. Un método relativamente simple que podría utilizarse para ubicar tales puntos consiste en el empleo, ya sea de una brújula y una cinta de medir, o en fijar distancias espaciadas con respecto a una marca relativamente permanente del suelo, como por ejemplo una esquina de edificación, una intersección de carretera, un cerco, una pared, etc., para referencia futura.

### **3.5 SELECCIONANDO EL EQUIPO DE MUESTREO**

Los métodos seleccionados para el muestreo de suelos emplean una de las siguientes cuatro herramientas básicas: la cuchara o cucharón de draga, el extractor de núcleos, los dispositivos de barrenos o sonda, o las zanjas. La Tabla 2 proporciona un listado de herramientas comúnmente utilizadas para colectar muestras de suelo.

**Tabla 2**  
**Equipo de Muestreo de Suelos**

<b>Equipo</b>	<b>Aplicación al Diseño de Muestreo</b>	<b>Ventajas y Desventajas</b>
Cuchara de dragado o desplantador	Suelo de superficie suave, 0-100 cm	Barato; fácil para usar y descontaminar; se debe evitar los desplantadores de superficie pintada.
Dispositivo para extraer núcleos del suelo	Suelo suave, 0-60 cm	Relativamente fácil de usar; preserva el núcleo del suelo adecuado para parámetros volátiles y para una colecta de muestra sin perturbación); capacidad de profundidad limitada; puede ser difícil para descontaminar.
Barreno manual o eléctrico	Suelo, 15 cm – 5 m	Buen rango de profundidad; generalmente se emplea en asociación con el barreno de balde para coleccionar muestras; destruye el núcleo del suelo (no apropiada para parámetros volátiles o para coleccionar muestras sin perturbación); puede requerir de dos a más operadores; puede ser difícil para descontaminar; el barreno eléctrico requiere de motor activado a gasolina (potencial de contaminación cruzada).
Zanjas	Todo tipo de suelo , 0 – lecho rocoso	Buen rango de profundidad, generalmente empleado para ganar acceso a horizontes de suelo más profundos; destruye el núcleo del suelo; puede requerir retroexcavadora o intensa mano de obra, difícil para descontaminar; costo más elevado.

Los dispositivos de muestreo de suelo deben escogerse luego de considerar la profundidad de la muestra a tomarse, las características del suelo, el contenido de humedad, la textura, etc., y la naturaleza del análisis de interés (por ejemplo, orgánico o inorgánico, volátil o no volátil). El muestreo de superficie se podrá escoger para derrames o contaminación recientes y para tasas reducidas de migración de contaminantes. Si los contaminantes han estado en contacto con el suelo por un período prolongado de tiempo, podrá ser necesario el muestreo a mayores profundidades.

Cuando se muestree suelo en la superficie o a poca profundidad (menos de 50-100 cm), se podrá usar cucharas de dragado o lampas. Al igual que con todos los dispositivos de muestreo, es necesaria una atención cuidadosa al material de

construcción. Para suelos contaminados con especies orgánicas, las cucharas de dragado y desplantadoras deberían estar hechas, generalmente, de acero inoxidable, y para suelos contaminados con especies inorgánicas, deberían estar hechas de polietileno de alta densidad. Los dispositivos de muestreo deben ser descontaminados entre muestras sucesivas para evitar la contaminación cruzada. A veces, cuando se emplea cucharas de dragado o desplantadoras, puede ser más fácil emplear dispositivos separados para cada muestra y luego hacerlos descontaminar en un laboratorio.

Un sacanúcleos de suelo u otro dispositivo de tubo de acero de pared delgada, es más apropiado para obtener muestras reproducibles en la superficie del suelo o a poca profundidad. Tales dispositivos se hunden en el suelo a la profundidad deseada y retienen una muestra sin perturbación.

Los barrenos, tanto eléctricos como manuales, son también útiles para obtener muestras de sólidos a profundidades mayores que aproximadamente 15 cm. Dichos barrenos vienen en diferente tamaño y las muestras pueden obtenerse directamente de los cortes que ellos producen. Esta técnica, sin embargo, puede introducir contaminación cruzada entre las capas de suelo, contaminación desde el material de perforación, ninguna productividad en el tamaño de la muestra o pérdida de componentes volátiles. Los cortes de suelo deben ser cuidadosamente removidos luego de la perforación para evitar contaminación cruzada entre las capas de suelo. Una técnica más conveniente consiste en alcanzar la profundidad de muestreo deseada con un barreno y luego obtener la muestra con un dispositivo para extraer núcleos del suelo.

El zanjado es un método útil; sin embargo, su costo es generalmente mayor que el de las otras técnicas. Las zanjas deben excavarse a una profundidad mayor en aproximadamente 30 cm. que la profundidad de muestreo deseada. Luego se podrá emplear una desplantadora para cavar lateralmente dentro del suelo expuesto para obtener las muestras.

### **3.6 PRESERVACION Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

Las muestras deben colocarse en bolsas plásticas, sellarse herméticamente, y refrigerarse tan pronto como sea posible. La temperatura de refrigeración deberá mantenerse a aproximadamente 4°C hasta el análisis, el mismo que deberá realizarse a la brevedad.

### **4.0 METODOS RECOMENDADOS PARA EL ANALISIS DE SUELOS**

La Tabla 3 proporciona un detalle sobre los métodos analíticos recomendados para parámetros de suelo de interés en la remediación de sitios contaminados. Dichos métodos recomendados han sido científicamente validados mediante inspección ocular, y publicados para que el usuario pueda ubicar fácilmente la información sobre técnicas estándar.

**Tabla 3**  
**Métodos Recomendados para Análisis de Suelos**

<b>Parámetro</b>	<b>Métodos Analíticos</b>	<b>Referencia US EPA</b>	<b>Fuente</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Tiempo de Conservación</b>
<b>Parámetros Generales</b>					
pH	Electrométrico	9040 <sup>a</sup>	1	P, G	14 días
Conductividad	Electrométrico	9050A	1	P, G	14 días
Relación de adsorción de sodio	Colorimétrico, cálculo	SM3113B or SM3120B	2	P, G	14 días
<b>Parámetros Inorgánicos</b>					
Antimonio	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P,G	6 meses
Arsénico	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Bario	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Berilio	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Boro (soluble en agua caliente)	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P,G	6 meses
Cadmio	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Cromo (+6)	Colorimétrico	7196	1	P,G	48 horas
Cromo (total)	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P,G	48 horas
Cobalto	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Cobre	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Cianuro (libre)	Colorimétrico	9012	1	P, G	6 meses
Cianuro (total)	Colorimétrico	9012	1	P, G	6 meses
Fluoruro (total)	Potenciométrico, electrodo selectivo de ion	340.2	3	P, G	6 meses
Plomo	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Mercurio	AA, vapor frío	7471A	1	P,G	28 días
Molibdeno	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Níquel	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Selenio	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses

**Table 3 (cont'd)**

Parámetro	Métodos Analíticos	Referencia US EPA	Fuente	Recipiente	Tiempo de Conservación
Plata	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Azufre (elemental)	Horno Leco /AA	Leco/3113B	2	P, G	6 meses
Talio	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Estaño	AA	7870	2	P, G	6 meses
Vanadio	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
Zinc	AA/ICP/ICP (AES)	3113B/3120B/6010	2,1	P, G	6 meses
<b>Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos</b>					
Benceno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
Clorobenceno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
1,2-diclorobenceno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
1,3-diclorobenceno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
1,4-diclorobenceno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
Benceno Etilado	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
Estireno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
Tolueno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
Xileno	GC, MS	8240B/8260A	1	G, T	7 días
<b>Compuestos Fenólicos</b>					
Fenoles no Clorinados	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Clorofenoles	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs)</b>					
Benzo(a)antraceno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Benzo(a)pireno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Benzo(b)fluoranteno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Benzo(k)fluoranteno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Dibenz(a,b)antraceno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Naftaleno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Fenantreno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Pireno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
<b>Hidrocarburos Clorinados</b>					
Alifáticos Clorinados	GC, MS	8240B/8260/8270B	1	G, T	7 días
Clorobencenos (tri, tetra y penta)	GC, MS	8240B/8260/8270B	1	G, T	7 días
Hexaclorobenceno	GC, MS	8240B/8260/8270B	1	G, T	7 días
Hexaclorociclohexano	GC, MS	8240B/8260/8270B	1	G, T	7 días
PCBs	GC, ECD	3550B/3630C/8082	1	G, T	7 días
PCDDs y PCDFs	GC, MS/HRGC, HRMS	8280/8290	1	G, T	7 días
<b>Diversos Parámetros Orgánicos</b>					
Alifáticos No Clorinados	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Ésteres del Acido Ftálico	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días

Parámetro	Métodos Analíticos	Referencia	Fuente	Recipiente	Tiempo de Conservación
		US EPA			
Quinoleína	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días
Tiofeno	HRGC, LRMS	8270B	1	G, T	7 días

**LEYENDA:**

AA – Espectrofotómetro de adsorción atómica      ICP – Plasma inductivamente acoplada  
 AES – Espectroscopio de emisión atómica      LS – Baja resolución  
 ECD – Detector de captura de electrones      MS – Espectrometría de masas  
 G – Vidrio      P – Polietileno  
 GC – Cromatografía de Gas      T – Tapa revestida de teflón  
 HR – Alta Resolución

**Fuente:**

1 – US EPA, 1983a  
 2 – APHA, 1998  
 3 – US EPA 1983b

**5.0 ALMACENAMIENTO A LARGO PLAZO**

Para fines de almacenamiento, las muestras de suelo generalmente se secan al horno a una temperatura entre 35° y 40° durante 24 horas. Las muestras secadas en el laboratorio de suelos con frecuencia se almacenan hasta por tres meses luego de los ensayos, por si hay la necesidad de repetir las pruebas. El almacenamiento de la línea de base o de muestras de archivo por breves semanas o muchos años es también común sin que se experimente ningún cambio aparente en los valores de los ensayos.





Día / Hora : \_\_\_\_\_

## 7.0 PROCESAMIENTO DE DATOS Y CONTROL DE CALIDAD

La garantía de calidad significa asegurar la precisión y exactitud de los datos de muestreo, mientras que el control de calidad se refiere a la aplicación rutinaria de los procedimientos para controlar los procesos de medición.

Con el fin de garantizar la calidad de los resultados se debe:

- Observar los requisitos para la recolección de las muestras, su presentación, transporte y almacenamiento;
- Seguir los procedimientos analíticos indicados: EPA y APHA
- Tomar muestras duplicadas o repetidas;
- Análisis de blanco de reactivos;
- Calibrar los equipos e instrumentos;
- Mantenimiento de gráficos de control

Los laboratorios deben llevar a cabo ejercicios de Garantía de Calidad mediante análisis de muestra de referencia estándar de una concentración conocida y específica por cada parámetro, ha de estar certificada su función, por una organización de garantía y seguridad como la EPA u otra Agencia similar, a fin de tener certeza en la precisión y exactitud de los análisis. Además debe intercalarse muestras de calidad de agua entre cada grupo de muestras.

- Los programas de monitoreo de calidad de agua pueden generar grandes cantidades de datos. Estos datos pueden ser almacenados y manipulados fácilmente colocando toda la información en un hoja de cálculo o una base de datos computarizada, siendo los programas de base de datos como EXCEL, MS ACCESS, SYBSE.

Antes de iniciar el análisis de los datos recibidos del campo y del laboratorio, todos los datos originales deben ser revisados, verificados y comparados. Esta actividad empieza revisando todos los formularios con estos datos para ubicar errores o valores faltantes. Una vez ingresados a la computadora, deberá

revisarse los datos para detectar valores atípicos. Estos son datos que están ubicados fuera del rango normal y que pueden indicar errores (datos inexactos) o anomalías (datos verdaderos que representan valores atípicos para el parámetro medido).

Una vez que todos los datos han sido ingresados en el programa deseado, y han sido verificados y aceptados, es posible producir gráficos para mostrar cambios espaciales y temporales y estadísticas para una mayor evaluación.

## **8.0 REFERENCIAS**

Ambiente de Alberta. 1989. Directiva sobre monitoreo de aire. Procedimientos de monitoreo y reporte para la industria. Servicios de Protección Ambiental. Edmonton, Alberta.

Asociación Americana de Salud Pública (APHA). 1998. Métodos estándar para el examen de agua y agua de desecho. Vigésima edición. Washington, DC.

Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente. 1993. Manual de guías sobre muestreo, análisis y manejo de datos para sitios contaminados, Volumen 1: Informe Principal y Volumen 2: Resúmenes de Métodos Analíticos. Informe CCME EPC-NCS62E. Ambiente Canada. Ottawa, Ontario.

Carter, M.R. 1993. Muestreo del Suelo y métodos de análisis. Editorial Lewis. Boca Raton, Florida.

US EPA. 1983a. Métodos de Prueba para evaluar los desperdicios sólidos. (SW-846). Oficina de Desperdicios Sólidos. Washington, DC.

US EPA. 1983b. Métodos para el análisis químico del agua y los desperdicios. EPA-600/4-79-020. Washington, DC.

US EPA. 1991. Descripción y muestreo de suelos contaminados. Informe EPA/625/12-91/002. Centro para la Información de Investigación Ambiental. Cincinnati, Ohio.