

## SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

### **NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-SEMARNAT-2002, PROTECCION  
AMBIENTAL.- LODOS Y BIOSOLIDOS.-ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS  
PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y  
DISPOSICION FINAL.

CASSIO LUISELLI FERNANDEZ, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, IV, V y 39 fracciones I, VIII y XXI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 8 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 5o. fracciones V y VI, 36, 37, 37 Bis, 119, 139 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 5o. fracción VI y 6o. del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental; 38 fracción II, 40 fracciones I y X; 41, 43, 44 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 31 fracción II, 33 y 34 de su Reglamento, expide la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, y

### **CONSIDERANDO**

Que en cumplimiento a lo establecido en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 18 de febrero de 2002 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, con carácter de proyecto la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-004-ECOL-2001, Protección ambiental- Lodos y biosólidos-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, con el fin de que dentro de los 60 días naturales siguientes a su publicación, los interesados presentaran sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, sito en bulevar Adolfo Ruiz Cortines número 4209, piso 5o., colonia Jardines en la Montaña, código postal 14210, Delegación Tlalpan, Distrito Federal o se enviaron al correo electrónico o al fax que para el efecto se señalaron. Durante el citado plazo, la Manifestación de Impacto Regulatorio correspondiente estuvo a disposición del público en general para su consulta en el citado domicilio, de conformidad con el artículo 47 fracción I del citado ordenamiento.

Que en el plazo de los 60 días antes señalado, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto en cuestión, los cuales fueron analizados por el citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes al mismo. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publicó las respuestas a los comentarios recibidos en el **Diario Oficial de la Federación** el día 18 de junio de 2003.

Que habiéndose cumplido con el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en sesión ordinaria de fecha 24 de septiembre de 2002, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Lodos y biosólidos-Especificaciones y límites máximos permisibles de

contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Por lo expuesto y fundado se expide la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-SEMARNAT-2002, PROTECCION  
AMBIENTAL-LODOS Y BIOSOLIDOS-ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS  
PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y  
DISPOSICION FINAL**

**INDICE**

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Muestreo y métodos de prueba
6. Evaluación de la conformidad
7. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales
8. Bibliografía
9. Observancia de esta Norma

**Anexos**

- I Opciones para la reducción de atracción de vectores
- II Método de muestreo de lodos y biosólidos
- III Método para la cuantificación de coliformes fecales en lodos y biosólidos
- IV Método para la cuantificación de *Salmonella spp.*, en lodos y biosólidos
- V Método para la cuantificación de huevos de helmintos en lodos y biosólidos
- VI Método para la cuantificación de metales pesados en biosólidos
- VII Contenido de la bitácora de control de lodos y biosólidos

**0. Introducción**

En las actividades de desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, así como en las correspondientes a la operación de las plantas potabilizadoras y de plantas de tratamiento de aguas residuales se generan volúmenes de lodos, que en caso de no darles una disposición final adecuada, contribuyen de manera importante a la contaminación de la atmósfera, de las aguas nacionales y de los suelos, afectando los ecosistemas del área donde se depositen.

Se ha considerado que los lodos por sus características propias o por las adquiridas después de un proceso de estabilización pueden ser susceptibles de aprovechamiento siempre y cuando cumplan con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana o, en su caso, se dispongan en forma definitiva como residuos no peligrosos; para atenuar sus efectos contaminantes para el medio ambiente y proteger a la población en general.

**1. Objetivo y campo de aplicación**

**1.1 Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana.

## **1.2 Campo de aplicación**

Es de observancia obligatoria para todas las personas físicas y morales que generen lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

## **2. Referencias**

Constancia de no peligrosidad de residuos, anteriormente trámite INE-04-007 modificada su homoclave el 29 de mayo de 2003, mediante el acuerdo por el que se dan a conocer todos los trámites y servicios inscritos en el Registro Federal de Trámites y Servicios que aplica la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ahora procedimiento SEMARNAT-07-007.

NMX-B-231-1990, Cribas para la clasificación de materiales granulares, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de diciembre de 1990.

## **3. Definiciones**

Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana, se establecen las siguientes definiciones:

### **3.1 Aguas residuales**

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

### **3.2 Almacenamiento**

Acción de mantener en un sitio los lodos y biosólidos, hasta su aprovechamiento o disposición final.

### **3.3 Aprovechamiento**

Es el uso de los biosólidos como mejoradores o acondicionadores de los suelos por su contenido de materia orgánica y nutrientes, o en cualquier actividad que represente un beneficio.

### **3.4 Atracción de vectores**

Es la característica de los lodos y biosólidos para atraer vectores como roedores, moscas, mosquitos u otros organismos capaces de transportar agentes infecciosos.

### **3.5 Biosólidos**

Lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización, puedan ser susceptibles de aprovechamiento.

### **3.6 Coliformes fecales**

Bacterias patógenas presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Bacilos cortos Gram negativos no esporulados, también conocidos como coliformes termotolerantes. Pueden identificarse por su tolerancia a temperaturas de 44°C-45°C. Tienen la capacidad de fermentar la lactosa a temperatura de 44.5°C. Incluyen al género *Escherichia* y algunas especies de *Klebsiella*.

### **3.7 Desazolve**

La acción de extraer sólidos provenientes de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no incluye los provenientes de las presas o vasos de regulación.

### **3.8 Digestión aerobia**

Es la transformación bioquímica de la materia orgánica presente en los lodos, que es transformada en bióxido de carbono y agua por los microorganismos en presencia de oxígeno.

### **3.9 Digestión anaerobia**

Es la transformación bioquímica de la materia orgánica presente en los lodos, que es transformada en gas metano y bióxido de carbono y agua por los microorganismos en ausencia de oxígeno disuelto y combinado.

### **3.10 Disposición final**

La acción de depositar de manera permanente lodos y biosólidos en sitios autorizados.

### **3.11 Estabilización**

Son los procesos físicos, químicos o biológicos a los que se someten los lodos para acondicionarlos para su aprovechamiento o disposición final para evitar o reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente.

### **3.12 Estabilización alcalina**

Es el proceso mediante el cual se añade suficiente cal viva (óxido de calcio CaO) o cal hidratada (hidróxido de calcio Ca(OH)<sub>2</sub>) o equivalentes, a la masa de lodos y biosólidos para elevar el pH.

### **3.13 Helminto**

Término designado a un amplio grupo de gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales), de vida libre, con forma y tamaños variados. Poseen órganos diferenciados, y sus ciclos vitales comprenden la producción de huevos o larvas, infecciosas o no.

### **3.14 Huevos de helmintos viables**

Huevos de helmintos susceptibles de desarrollarse e infectar.

### **3.15 La Secretaría**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

### **3.16 Límite máximo permisible**

Valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido por los lodos y biosólidos para que puedan ser dispuestos o aprovechados.

### **3.17 Lixiviado**

Líquido proveniente de los lodos y biosólidos, el cual se forma por reacción o percolación y que contiene contaminantes disueltos o en suspensión.

### **3.18 Lodos**

Son sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización.

### **3.19 Mejoramiento de suelos**

Es la aplicación de los biosólidos en terrenos para mejorar sus características físicas, químicas o microbiológicas.

### **3.20 Muestra**

Parte representativa de un universo o población finita, obtenida para conocer sus características.

### **3.21 Parásito**

Organismo animal o vegetal que vive sobre o dentro de un individuo de otra especie.

### **3.22 Patógeno**

Microorganismo capaz de causar enfermedades, si está presente en cantidad suficiente y condiciones favorables.

### **3.23 *Salmonella spp.***

Bacilos móviles por sus flagelos peritricos, que fermentan de manera característica glucosa y manosa sin producir gas, pero no fermentan lactosa ni sacarosa. La mayoría produce sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S). A menudo, son patógenos para el hombre y los animales cuando se ingieren, ocasionando fiebre tifoidea y enterocolitis (conocida también como gastroenteritis).

### **3.24 Sistema de alcantarillado urbano o municipal**

Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiéndose como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

### **3.25 Sólidos Totales (ST)**

Son los materiales residuales que permanecen en los lodos y biosólidos, que han sido deshidratados entre 103°C a 105°C, hasta alcanzar un peso constante y son equivalentes en base a peso seco.

### **3.26 Sólidos Volátiles (SV)**

Son sólidos orgánicos totales presentes en los lodos y biosólidos, que se volatilizan cuando éstos se queman a 550°C en presencia de aire por un tiempo determinado.

### **3.27 Tasa Específica de Absorción de Oxígeno (TEAO)**

Es la masa de oxígeno consumida por unidad de tiempo y por unidad de masa en peso seco de los sólidos totales de los lodos y biosólidos.

### **3.28 Terrenos con fines agrícolas**

Son las superficies sobre las cuales se pueden cultivar productos agrícolas para consumo humano y animal, incluyendo los pastizales.

## **4. Especificaciones**

**4.1** Las personas físicas o morales interesadas en llevar a cabo el aprovechamiento o disposición final de los lodos y biosólidos a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana, deberá de recabar la "constancia de no peligrosidad de los mismos" en términos del trámite SEMARNAT-07-007.

**4.1.1** En el caso del proceso de estabilización alcalina, las muestras de lodos deben ser tomadas antes de ser sometidas a este proceso.

**4.2** Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la especificación 4.1, pueden ser manejados como residuos no peligrosos para su aprovechamiento o disposición final como se establece en la presente Norma Oficial Mexicana.

**4.3** Para que los biosólidos puedan ser aprovechados, deben cumplir con la especificación 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8; y lo establecido en las tablas 1, 2 y 3 de la presente Norma Oficial Mexicana.

**4.4** Los generadores de biosólidos deben controlar la atracción de vectores, demostrando su efectividad. Para lo cual se pueden aplicar cualquiera de las opciones descritas, de manera enunciativa pero no limitativa, en el Anexo 1 u otras que el responsable demuestre que son útiles para ello. Se deben conservar los registros del control por lo menos durante los siguientes 5 (cinco) años posteriores a su generación.

**4.5** Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los biosólidos se clasifican en tipo: excelente y bueno en función de su contenido de metales pesados; y en clase: A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos.

**4.6** Los límites máximos permisibles de metales pesados se establecen en la tabla 1.

**TABLA 1**

**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS EN BIOSOLIDOS**

<b>CONTAMINANTE (determinados en forma total)</b>	<b>EXCELENTES mg/kg en base seca</b>	<b>BUENOS mg/kg en base seca</b>
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1 200	3 000
Cobre	1 500	4 300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2 800	7 500

4.7 Los límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en los lodos y biosólidos se establecen en la tabla 2.

**TABLA 2**

**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS Y PARASITOS EN LODOS Y BIOSOLIDOS**

<b>CLASE</b>	<b>INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACION</b>	<b>PATOGENOS</b>	<b>PARASITOS</b>
		Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella spp.</i> NMP/g en base seca
<b>A</b>	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1(a)
<b>B</b>	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
<b>C</b>	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables

NMP número más probable

4.8 El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función del tipo y clase, como se especifica en la tabla 3 y su contenido de humedad hasta el 85%.

**TABLA 3**

**APROVECHAMIENTO DE BIOSOLIDOS**

<b>TIPO</b>	<b>CLASE</b>	<b>APROVECHAMIENTO</b>
<b>EXCELENTE</b>	<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación</li> <li>• Los establecidos para clase B y C</li> </ul>
<b>EXCELENTE O BUENO</b>	<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación</li> <li>• Los establecidos para clase C</li> </ul>
<b>EXCELENTE O BUENO</b>	<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos forestales</li> <li>• Mejoramientos de suelos</li> <li>• Usos agrícolas</li> </ul>

**4.9** La aplicación de los biosólidos en terrenos con fines agrícolas y mejoramiento de suelos se sujetará a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y conforme a la normatividad vigente en la materia.

**4.10** Para la disposición final de los lodos y biosólidos, éstos deben cumplir con la especificación 4.1 y con los límites máximos permisibles para el contenido del indicador de contaminación, patógenos y parásitos especificados en la tabla 2, para clase C.

**4.11** Los sitios para la disposición final de lodos y biosólidos, serán los que autorice la autoridad competente, conforme a la normatividad vigente en la materia.

**4.12** Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana, pueden ser almacenados hasta por un periodo de dos años. El predio en el que se almacenen debe ser habilitado para que no existan infiltraciones al subsuelo y contar con un sistema de recolección de lixiviados.

**4.13** Se permite la mezcla de dos o más lotes de lodos o biosólidos, siempre y cuando ninguno de ellos esté clasificado como residuo peligroso y su mezcla resultante cumpla con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana.

#### **4.14 Muestreo y análisis de lodos y biosólidos**

El generador de lodos y biosólidos por medio de laboratorios acreditados debe realizar los muestreos y análisis correspondientes para demostrar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana y deberá conservar los registros por lo menos los siguientes 5 (cinco) años posteriores a su realización.

**4.15** La frecuencia de muestreo y análisis para los lodos y biosólidos se realizará en función del volumen de lodos generados como se establece en la tabla 4.

**TABLA 4**  
**FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANALISIS**  
**PARA LODOS Y BIOSOLIDOS**

<b>Volumen generado por año (Ton/Año) en base seca</b>	<b>Frecuencia de muestreo y análisis</b>	<b>Parámetros a determinar</b>
Hasta 1,500	Una vez al año	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 1,500 hasta 15,000	Una vez por semestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 15,000	Una vez por trimestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos

**4.16** El generador podrá quedar exento de realizar el muestreo y análisis de alguno o varios de los parámetros establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, siempre y cuando la detección de éstos sea en cantidades menores que los límites máximos establecidos, o cuando por la procedencia de los lodos y biosólidos éstos no contengan los contaminantes regulados en la presente Norma Oficial Mexicana, en ambos casos, deberá manifestarlo ante la Secretaría por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad se reserva el derecho de verificar dicha información.

**4.17** El generador deberá contar con una bitácora de control de lodos y biosólidos, de acuerdo a lo establecido en el Anexo VII.

#### **5. Muestreo y métodos de prueba**

Para el muestreo y determinación de los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma, se deberán aplicar los métodos de prueba establecidos en los anexos II, III, IV, V y VI de la presente Norma Oficial Mexicana.

## **6. Evaluación de la conformidad**

La evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana se realizará a petición de parte, de conformidad a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

El procedimiento de verificación se realizará por la PROFEPA o por las unidades de verificación y laboratorios acreditados y aprobados para llevar a cabo la verificación. En caso de que existan unidades de verificación acreditadas para la presente Norma, la verificación se realizará exclusivamente a través de las mismas.

## **7. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma o lineamiento internacional, tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

## **8. Bibliografía**

**8.1** A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA Part 503 Rule. EPA 832-B-93-005.

Environmental Protection Agency USA. September 1995. (Guía para la evaluación de riesgos en los biosólidos por la EPA. Parte 503, Reglamento EPA 832-B-93-005.- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1995).

**8.2** A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule. EPA/832/R-93/003. Environmental Protection Agency USA. September 1994. (Guía sencilla de la EPA. Parte 503 Biosólidos Reglamento EPA/832/R-93/003.- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1994).

**8.3** APHA, AWWA, WPCF. 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Ed. American Public Health Association. Washington, D.C. (Métodos establecidos para el análisis de agua y agua residual. 18ava. Edición. Asociación Americana de Salud Pública. Washington, D.C.).

**8.4** Biosolids Treatment and Management. Processes for Beneficial Use. Marcel Dekker, Inc. 1996. (Tratamiento y Manejo de los Biosólidos.- Procesos para Uso Benéfico.- Marcel Dekker, Inc. 1996).

**8.5** Campos, R., Maya, C. y Jiménez, B. "Estabilización Térmica Alcalina de Lodos Químicos con un Alto Contenido de Microorganismos Patógenos". XIX Encuentro Nacional AMIDIQ, Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química, A.C. Memorias pp. 365-366, Ixtapa- Zihuatanejo, Gro., del 13 al 15 de mayo de 1998.

**8.6** Environmental Regulations and Technology. Use And Disposal Of Municipal Wastewater Sludge. EPA 625/10-84-003. Environmental Protection Agency USA. September 1984. (Tecnologías y Regulaciones Ambientales.- Uso y disposición de lodos de aguas municipales. EPA 625/10-84-003. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1984).

**8.7** Environmental Regulations and Technology. Control of Pathogens in Municipal Wastewater Sludge. EPA/625/10-89/006. Environmental Protection Agency USA. September 1989. (Tecnologías y Regulaciones Ambientales.- Control de Patógenos en lodos de aguas municipales. EPA/625/10-89/006. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Septiembre 1989).

**8.8** Fundamento técnico para la elaboración de la Norma Oficial Mexicana en materia de estabilización, manejo y aprovechamiento de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas municipales e industriales. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1997.

**8.9** Geochemistry, Groundwater and Pollution. C.A.J. Appelo y D. Postma.- A.A. Balkema/Rotterdam/ Brookfield/1996. (Geoquímica, aguas subterráneas y contaminación. C.A.J. Appelo y D. Postma.- A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield/ 1996).



**8.10** Goepfert, J., Olson, N. and Marth, E., 1968. Behavior of *Salmonella typhimurium* During Manufacture and Curing of Cheddar Cheese. Applied Microbiology. 16: 862-866. (Comportamiento de la *Salmonella typhimurium* durante el procesamiento y curado del queso Cheddar. Microbiología aplicada 16: 862-866).

**8.11** Ground Water, Quality Protection. Larry W. Canter, Robert C. Knox y Deborah M. Fairchild. Lewis Publishers, Inc. 198 (Aguas subterráneas, características de protección.- Larry W. Canter, Robert C. Knox y Deborah M. Fairchild. Lewis Publishers, Inc. 1987).

**8.12** Guía para el manejo, tratamiento y aprovechamiento de lodos residuales de plantas de tratamiento municipales. Comisión Nacional del Agua. SGIHUI. 1994.

**8.13** Guía para el manejo, estabilización y disposición de lodos químicos. Tema Potabilización. Comisión Nacional del Agua. SGIHUI. 1994.

**8.14** Jawetz, E., Melnick, J. y Adelberg, E., 1995. Microbiología Médica. Ed. Manual Moderno. México. pp. 803.

**8.15** Jiménez B., Barrios, J.A. and Maya, C. 1999. Class B Biosolids Production from Wastewater Sludge with High Pathogenic Content Generated in an Advanced Primary Treatment. Disposal and Utilisation of Sewage Sludge: Treatment Methods and Application Modalities. Water Resources, Hydraulics and Maritime Engineering NTUA. Athens, Greece 13-15 October 1999 (Producción de biosólidos clase "B" de los lodos de aguas residuales con alto contenido patógeno generados en un tratamiento primario avanzado. Disposición y utilización de lodos residuales. Métodos de tratamiento y técnicas de aplicación. Recursos de agua, ingeniería marítima e hidráulica NTUA. Atenas, Grecia, 13-15 octubre 1999).

**8.16** Jiménez C.B., Muñoz C.A. M. y Barrios Pérez, J. A., 1997. Fundamento Técnico para la Elaboración de la Norma Oficial Mexicana en Materia de Estabilización, Manejo y Aprovechamiento de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Municipales e Industriales. Elaborado para la Comisión Nacional del Agua (CNA) por el Instituto de Ingeniería, UNAM. Proyecto 8313, pp. 107 (diciembre, 1997).

**8.17** Jiménez, B., Chávez, A., Barrios, J.A., Maya, C. y Salgado, G., 1998. Manual "Curso: Determinación y Cuantificación de Huevos de Helminto Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI/992". Grupo Tratamiento y Reuso, Instituto de Ingeniería UNAM. pp. 160,

**8.18** Jiménez, B., Maya, C. y Pulido, M., 1996. Evaluación de las Diversas Técnicas para la Detección de los Huevos de Helminto, y Selección de una para Conformar la NMX Correspondiente. Instituto de Ingeniería, UNAM. México. pp. 52.

**8.19** Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1996.

**8.20** Manual of good practice for utilization of sewage sludge in agriculture. 2nd. Revision october 1991. Anglian Water. (Manual de buenas prácticas para la utilización de lodos residuales en la Agricultura.- 2a. Revisión octubre 1991. Agua).

**8.21** Miller, V. And Banwart, G., 1965. Effect of Various Concentration of Brilliant Green and Bile Salts on Salmonellae and Other Microorganisms. Applied Microbiology. 13: 77-80. (Efecto de varias concentraciones de sales de verde brillante y biliares en la *Salmonella* y otros microorganismos. Microbiología aplicada. 13: 77-80).

**8.22** Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL/1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. (**Diario Oficial de la Federación** 6 de enero de 1997).

**8.23** Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI/1993, Sistema General de Unidades de Medida. (**Diario Oficial de la Federación** 14 de octubre de 1993).

**8.24** Norma Oficial Mexicana NMX-AA-015-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo-

Environmental Protection-Soil Pollution-Municipal Solid Residues-Sampling-Quarter Method (**Diario Oficial de la Federación** 18 de marzo de 1985).

**8.25** Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI/1999, Análisis de Agua.- Determinación de Huevos de Helminto. Método de Prueba. (**Diario Oficial de la Federación** 5 de agosto de 1999).

**8.26** Reglamento de lodos de clarificación. Alemania. 15 de abril de 1992.

**8.27** Reglamentación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (U.S.E.P.A.) para el Uso o Aplicación de Lodos de Drenaje, Parte 503 del 40 CFR, publicada en el Federal Registry el 19 de febrero de 1993.

**8.28** Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos. (**Diario Oficial de la Federación** 25 de noviembre de 1988).

**8.29** Santos Mendoza, Salvador. "Estabilización con Cal de Lodos de la Planta Piloto del Tratamiento Primario Avanzado". Ingeniería Ambiental, DEPI- UNAM. 15 de junio de 1998. Tesis de Maestría.

**8.30** Santos M., S., Campos M., R. y Jiménez C., B. "Una Opción de Manejo para el Lodo Generado al Tratar el Agua Residual del Gran Canal de la Ciudad de México. 1er. Simposio Latinoamericano de Tratamiento y Reuso del Agua y Residuos Industriales. Memorias Tomo I, pp. 28-1-28-10, del 25 al 29 de mayo de 1998, México, D.F.

**8.31** Satchwell, G.M., 1986. An Adaptation of Concentration Techniques for the Enumeration of Parasitic Helminth Eggs from Sewage Sludge (Adaptación de la Técnica de Concentración para la Enumeración de Huevos de Helmintos Parásitos Provenientes de Lodos Residuales). *Water Res.* 20: 813-816.

**8.32** Schaffner, C., Mosbach K., Bibit V. and Watson C., 1967. Coconut and *Salmonella* Infection. *Applied Microbiology.* 15: 471-475. (Infección de la *Salmonella* y coco. *Microbiología aplicada.* 15: 471-475).

**8.33** Shiflett M., Lee J. and Sinnhuber, R., 1967. Effect of Food Additives and Irradiation on Survival of *Salmonella* in Oysters. *Applied Microbiology.* 15: 476-479. (Efecto de aditivos alimenticios e irradiación en la supervivencia de la *Salmonella* en ostras. *Microbiología aplicada.* 15: 476-479).

**8.34** Silliker, J. Deibel, R. and Chiu, J., 1964. Occurrence of Gram-Positive Organisms Possessing Characteristics Similar to Those of *Salmonella* and the Practical Problem of Rapid and Definitive *Salmonella* Identification. *Applied Microbiology.* 12: 395-399. (Aparición de organismos Gram positivos, poseyendo características similares a la *Salmonella*, y el problema práctico de identificación rápida y definitiva de *Salmonella*. *Microbiología aplicada.* 12: 395-399).

**8.35** Silliker, J., Deibel, R. and Fagan, P., 1964. Isolation of *Salmonella* from Food Samples: VI Comparison of Methods for the Isolation of *Salmonella* from Egg Products. *Applied Microbiology.* 12: 224- 228. (Aislamiento de la *Salmonella* de muestras alimenticias: VI. Comparación de métodos para el aislamiento de la *Salmonella* desde productos de huevo. *Microbiología aplicada.* 12: 224-228).

**8.36** Sludge Management & Disposal. For The Practicing Engineer. P.A. Vesilind, G.C., Hartman y E.T., Skene. Lewis Publishers, Inc. 1986. (Manejo y disposición de lodos. Para Ingenieros Profesionales. P.A. Vesilind, G.C. Hartman y E.T., Skene. Lewis Publishers, Inc. 1986).

**8.37** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th. Edition. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. 1995. (Métodos Estándar para la examinación del agua y aguas residuales, 19th. Edición Asociación Americana de salud pública. Asociación Americana de aguas tratadas. Federación Ambiental del Agua 1995).

**8.38** Sludge Stabilization. Manual of Practice FD-9. Facilities Development. Water Environment Federation 1993. (Estabilización de lodos. Manual de prácticas FD-9. Facilidades de Desarrollo. Federación Ambiental del Agua 1993).

**8.39** Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge; Final Rules. 40 CFR Parts 257, 403 and 503. Environmental Protection Agency. USA. Federal Register Friday February 19, 1993. (Estándares para el Uso o Disposición de lodos residuales, Reglamento 40 CFR Parte 257, 403 y 503. Agencia de Protección Ambiental de EUA. Registro Federal 19 de febrero de 1993).

**8.40** Sludge Conditioning. Manual of Practice FD-14. Water Pollution Control Federation. 1988. Alexandria, VA. (Manual de prácticas de acondicionamiento de lodos FD-14. Federación para el control de la contaminación en el agua. 1988.) y Alejandría, V. A.

**8.41** Stuart, P. and Pivnick, H., 1965. Isolation of *Salmonellae* by Selective Motility Systems Applied Microbiology 13: 365-372 (Aislamiento de la *Salmonella* por selectos sistemas de motilidad. Microbiología aplicada 13: 365-372).

**8.42** Taylor, W., Betty, C. and Muriel, E., 1964. Comparison of Two Methods for Isolation of *Salmonella* from Imported Foods. Applied Microbiology 12: 53-56. (Comparación de dos métodos para el aislamiento de *Salmonella* de alimentos importados. Microbiología aplicada. 12: 53-56).

**8.43** US EPA 1994, Land Application of Sewage Sludge: A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use of Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503. Water Environment Federation. USA. pp. 62. (Aplicación de lodos residuales al suelo: una Guía para aplicadores al suelo en los requerimientos de las normas federales para el uso y disposición de lodos residuales, 40 CFR Parte 503. Federación Ambiental del Agua. EUA. pp. 62).

**8.44** US EPA/625/R92/013 1992, Environmental Regulation and Technology, Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge pp. 152. (Tecnología y Regulación Ambiental. Control de patógenos y atracción de vectores en lodos residuales).

## **9. Observancia de esta Norma**

**9.1** La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como a los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal, en el ámbito de sus respectivas competencias. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, sus reglamentos y demás ordenamientos jurídicos aplicables. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal, en el ámbito de su respectiva competencia, llevarán a cabo de manera periódica o aleatoria los muestreos y análisis de los lodos y biosólidos, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana.

## **TRANSITORIOS**

**PRIMERO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días posteriores al de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

**SEGUNDO.-** Con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, provéase la publicación de este proyecto en el **Diario Oficial de la Federación**.

México, Distrito Federal, a los quince días del mes de abril de dos mil tres.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Cassio Luiselli Fernández.-** Rúbrica.

## **ANEXO I**

## **OPCIONES PARA LA REDUCCION DE ATRACCION DE VECTORES**

Los responsables podrán aplicar cualquiera de las siguientes opciones para el control de atracción de vectores o cualquier otra que se demuestre que es efectiva.

### **Opción 1: Reducción en el contenido de sólidos volátiles**

La atracción de vectores se reduce si la masa de sólidos volátiles en los biosólidos es reducida por lo menos un 38% durante su tratamiento. Este porcentaje es equivalente al conseguido mediante digestión aeróbica o anaeróbica más alguna reducción adicional que ocurra después de que los biosólidos salen de las instalaciones de estabilización, tales como el procesamiento en lechos de secado o lagunas o mediante el composteo.

### **Opción 2: Digestión adicional de los biosólidos digeridos anaeróbicamente**

Frecuentemente, los biosólidos han sido reciclados a través del tratamiento biológico de las aguas residuales o han transitado durante largos periodos por los sistemas de alcantarillado. Durante este tiempo, sufren una degradación biológica sustancial. Si los biosólidos son subsecuentemente tratados mediante digestión anaerobia, su atracción de vectores será reducida adecuadamente. Debido a que ingresan al digestor parcialmente estabilizados, la reducción de sólidos volátiles después del tratamiento frecuentemente es menor de 38%. Bajo estas circunstancias, pudiera no ser factible la reducción de 38% requerida en la opción 1. La opción 2 permite al operador demostrar la reducción de atracción de vectores probando una porción de los biosólidos previamente digeridos en una unidad a escala de laboratorio. Se demuestra la reducción, si después de la digestión anaerobia de los biosólidos por 40 días adicionales, a una temperatura entre 30°C y 37°C, la reducción de los sólidos volátiles en los biosólidos es menor de 17%.

### **Opción 3: Digestión adicional de los biosólidos digeridos aeróbicamente**

Esta opción es apropiada para los biosólidos digeridos aeróbicamente que no pueden cumplir con la opción 1, incluye a aquellos producidos por plantas de aireación extendida donde el tiempo mínimo de residencia para los biosólidos en el tren de aguas generalmente excede de 20 días. En estos casos, los biosólidos ya estarán sustancialmente degradados antes de la digestión aerobia.

Bajo esta opción, se considera que los biosólidos digeridos aeróbicamente con 2% de sólidos o menos, han logrado la reducción de atracción de vectores si después de 30 días de digestión aerobia en una prueba de laboratorio a 20°C, la reducción de los sólidos volátiles es menor de 15%. Esta prueba solamente es aplicable a los biosólidos líquidos digeridos aeróbicamente.

### **Opción 4: Procesos aerobios a más de 40°C**

Esta opción se aplica primordialmente a los biosólidos composteados que también contienen agentes abultadores orgánicos parcialmente descompuestos. Los biosólidos deben ser tratados aeróbicamente por 14 días o más, tiempo durante el cual la temperatura deberá rebasar siempre los 40°C y el promedio será mayor de 45°C. Esta opción pudiera aplicarse a otros procesos aeróbicos, tales como la digestión aeróbica, sin embargo, las opciones 3 y 4 parecen más fáciles de cumplir para los otros procesos aeróbicos.

### **Opción 5: Adición de materia alcalina**

Se considera que los biosólidos reducen adecuadamente su atracción de vectores si se adiciona suficiente materia alcalina para lograr lo siguiente:

- ◆ Elevar el pH por lo menos hasta 12, medido a 25°C, y sin añadir más materia alcalina, mantenerlo por 2 horas, y
- ◆ Mantener un pH de al menos 11,5 sin la adición de más materia alcalina durante otras 22 horas.

Estas condiciones tienen la intención de asegurar que los biosólidos puedan ser almacenados por lo menos durante varios días en las instalaciones de tratamiento, transportados y posteriormente aplicados sin que el pH descienda a niveles en los que ocurre la putrefacción y se atraen vectores.

#### **Opción 6: Reducción en la humedad de biosólidos que no contienen sólidos sin estabilizar**

Se considera que la atracción de vectores se reduce si los biosólidos no contienen sólidos sin estabilizar generados durante el tratamiento primario y su contenido de sólidos es por lo menos del 75% antes de ser mezclados con otros materiales. Por consiguiente, la reducción debe lograrse removiendo agua y no mediante la adición de materiales inertes.

Es importante que los biosólidos no contengan sólidos sin estabilizar porque los desechos de comida parcialmente degradados que seguramente existen en tales biosólidos atraerían a pájaros, algunos mamíferos y posiblemente a insectos aun si el contenido de sólidos es mayor del 75%.

#### **Opción 7: Reducción en la humedad de biosólidos que contienen sólidos no estabilizados**

Se considera que la habilidad para atraer vectores de cualesquier biosólido se reduce adecuadamente si su contenido de sólidos se incrementa al 90% o más sin importar si se trata de biosólidos provenientes del tratamiento primario. El incremento debe conseguirse removiendo agua y no mediante la dilución con sólidos inertes. El secado hasta este punto limita severamente la actividad biológica y destroza o descompone los compuestos volátiles que atraen vectores.

La manera en que se manejan los biosólidos secos, incluyendo su almacenamiento antes de la aplicación puede propiciar la atracción de vectores. Si éstos se exponen a una humedad alta, la superficie exterior tendrá un alto contenido de humedad y posiblemente atraerá vectores. Esto debe ser prevenido adecuadamente.

#### **Opción 8: Tasa específica de absorción de oxígeno (TEAO) para biosólidos digeridos aeróbicamente**

Frecuentemente, los biosólidos digeridos aeróbicamente son circulados a través de los procesos biológicos de tratamiento aeróbico de las aguas residuales hasta por 30 días. En estos casos, los biosólidos que entran al digestor aeróbico ya están parcialmente digeridos, lo cual dificulta cumplir con la Opción 1.

La Tasa Específica de Absorción de Oxígeno (TEAO) es la masa de oxígeno consumida por unidad de tiempo y por unidad de masa en peso seco de los sólidos totales de los biosólidos. La reducción en la atracción de vectores puede demostrarse si la TEAO de los biosólidos que son aplicados, determinada a 20°C, es igual o menor de 1,5 mg de O<sub>2</sub>/h/g de sólidos totales (peso seco).

Esta prueba se basa en el hecho de que, si los biosólidos consumen muy poco oxígeno, su valor como fuente alimenticia para los microorganismos es muy baja como para atraerlos. Se pueden utilizar otras temperaturas para la prueba si los resultados se corrigen sobre la base de 20°C. Esta prueba solamente es aplicable a los biosólidos aeróbicos.

#### **Opción 9: Incorporación de biosólidos al suelo**

Los biosólidos deben ser incorporados al suelo dentro de las 6 horas posteriores a su aplicación sobre el terreno. La incorporación se consigue arando o mediante algún otro método que mezcle los biosólidos con el suelo. Si los biosólidos son Clase A con respecto a patógenos, el tiempo entre la aplicación y el procesado no debe exceder de 8 horas.

## **ANEXO II**

### **MÉTODOS DE MUESTREO DE LODOS Y BIOSOLIDOS**

Consiste en obtener una porción del volumen generado, la cual debe conservar la integridad de todos sus constituyentes desde el momento en que es tomada la muestra (parte representativa de un universo o población finita obtenida para conocer sus características) y hasta el final de su análisis o determinación en el laboratorio. El tiempo en que éstas permanecen estables dependerá de sus características y método de preservación utilizado. El muestreo constituye una parte integral y fundamental para evaluar la calidad de los lodos y biosólidos, para su depósito final.

El tamaño y número de muestras dependen de las fuentes generadoras, así como de los procesos utilizados para su estabilización. Es importante considerar la selección del sitio de muestreo, la homogeneidad y representatividad de la muestra, el grado de degradación, el volumen, tipo de análisis y la accesibilidad al sitio seleccionado para el muestreo.

## **1. Método**

Obtener muestras representativas de lodos y biosólidos para determinar su contenido de Coliformes fecales, *Salmonella* spp., huevos de helmintos, tasa específica de absorción de oxígeno, contenido de sólidos totales y sólidos volátiles, arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc.

### **1.1 Equipo y materiales**

Sólo se relacionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

#### **1.1.1 Equipo.**

**1.1.1.1** Báscula con capacidad mínima de 100 kg y precisión de 10 g.

**1.1.1.2** Báscula con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1 g.

**1.1.1.3** Criba M 2.00 según Norma Mexicana NMX-B-231-1990.

#### **1.1.2 Materiales.**

**1.1.2.1** Bieldos.

**1.1.2.2** Bolsas de polietileno de 0,70 m x 0,50 m y calibre mínimo del No. 200.

**1.1.2.3** Bolsas de polietileno de 1,10 m x 0,90 m y calibre mínimo del No. 200.

**1.1.2.4** Botas de hule.

**1.1.2.5** Brocha de tamaño adecuado para la limpieza.

**1.1.2.6** Cascos de seguridad.

**1.1.2.7** Escobas.

**1.1.2.8** Guantes de carnaza.

**1.1.2.9** Ligas de hule de 1,5 mm de ancho.

**1.1.2.10** Marcadores de tinta permanente, preferentemente color negro.

**1.1.2.11** Mascarillas protectoras.

**1.1.2.12** Overoles.

**1.1.2.13** Papelería y varios (formatos de muestreo, lápices, gomas y otros).

**1.1.2.14** Papelería y varios (informe de campo, marcadores, ligas, etc.).

**1.1.2.15** Palas curvas.

**1.1.2.16** Recogedores.

**1.1.2.17** Tablas de inventario, tamaño carta u oficio.

**1.1.2.18** Tambos metálicos de forma cilíndrica, con capacidad de 20 L.

**1.1.2.19** Bolsas de polietileno estéril sin pastilla de tiosulfato o recipientes de polietileno o propileno inerte, de boca ancha y con tapa y cierre hermético, de 500 ml de capacidad y susceptibles de ser esterilizados en autoclave, para coliformes fecales.

**1.1.2.20** Recipientes de polietileno o propileno inerte o de vidrio, de boca ancha y con tapa y cierre hermético, de 50 ml, para metales.

**1.1.2.21** Recipientes de polietileno o propileno inerte, de boca ancha y con tapa y cierre hermético, de 500 ml de capacidad, para huevos de helmintos, sólidos y TEAO.

## **2. Tipos de lodos**

### **2.1. Muestras líquidas o semisólidas**

Colectar la muestra directamente del vertedor en un recipiente de plástico de 20 L, hasta obtener el doble del volumen por utilizar para cada uno de los análisis por realizar, como mínimo.

#### **2.1.1 Tuberías**

Colectar la muestra directamente de la tubería a través del grifo de purga que presente un diámetro interno mínimo de 3,8 cm.

#### **2.1.2 Canales**

Colectar la muestra en el vertedor o en otro punto donde el lodo esté bien mezclado.

#### **2.1.3 Digestores**

Colectar la muestra de un tanque mezclado que es alimentado a través de líneas provenientes de diferentes niveles en el digestor. Antes del muestreo asegurarse de eliminar el lodo acumulado previamente en las líneas.

#### **2.1.4 Tanques**

Mezclar completamente el tanque y colectar varias muestras a diferentes profundidades y puntos. Juntar todas las muestras en una sola antes de realizar el análisis.

#### **2.1.5 Lodos de sitios específicos en plantas de tratamiento**

Los siguientes puntos de muestreo se recomiendan para el muestreo de lodo en plantas de tratamiento de agua residual.

#### **2.1.6 Lodo primario**

Conducir el lodo desde el tanque de estabilización hasta el cárcamo antes del bombeo, mezclar perfectamente y colectar una muestra representativa en este punto. Alternativamente colectar muestras de la bomba de lodos y de las tuberías, cercanas a éstas.

#### **2.1.7 Lodo activado**

Colectar muestras en:

- a)** cárcamo de bombeo
- b)** de la bomba o tubería adyacente
- c)** del punto de descarga de los lodos de retorno al afluente primario

El punto de muestreo se debe localizar en una región de buena agitación para la suspensión de sólidos.

#### **2.1.8 Lodo digerido**

Colectar muestras en la tubería de descarga del digestor al equipo o lechos de secado.

### **2.1.9 Lodos del lecho de secado**

Colectar muestras del mismo tamaño en diferentes puntos del lecho sin incluir arena. Mezclar totalmente.

### **2.1.10 Lodo filtrado**

Colectar porciones del mismo tamaño (utilizar cortadores de galletas) en la descarga del filtro.

### **2.1.11 Azolves**

Para el caso de los azolves, aplica cuando ha sido extraída una muestra representativa de la zona donde se encuentran depositados.

## **2.2 Muestras sólidas**

Para conformar las muestras se usa el método del cuarteo. Para eso:

Se toman de 4 a 8 bolsas de polietileno de 0,70 m x 0,50 m o 1,10 m x 0,90 m, se selecciona al azar el mismo número de sitios diferentes. Posteriormente, se llena cada una de las bolsas con el material de cada sitio y se trasladan a un área plana horizontal de aproximadamente 4 m x 4 m, preferentemente de cemento pulido o similar y bajo techo y se deposita su contenido en montículo.

Traspalear el material con pala o biello, para obtener una mezcla homogénea. A continuación, dividir en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D y eliminar las partes opuestas A y C o B y D. Repetir esta operación hasta dejar 10 kg aproximadamente de lodo o biosólido. La pila resultante sirve para determinar en el laboratorio el contenido de Coliformes fecales, *Salmonella ssp.*, huevos de helmintos, contenido de sólidos totales y sólidos volátiles, arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc. El material restante se usa para determinar el peso volumétrico de los lodos *in situ*, conforme al punto 8.

Trasladar la muestra al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente selladas e identificadas (véase marcado). Evitar que queden expuestas al sol durante su transporte, además tener cuidado en el manejo de la bolsa que contiene la muestra para que no sufra ninguna ruptura. El tiempo máximo de transporte de la muestra al laboratorio, no debe exceder de 8 horas.

## **3. Preparación de la muestra**

La secuencia del muestreo por parámetro se debe realizar conforme con lo descrito en los puntos correspondiente con el propósito de minimizar sesgos en los resultados.

## **4. Recipientes para cada parámetro**

A la muestra, antes de ser procesada, se le determinará el contenido de sólidos totales en por ciento en peso, para el caso del TEAO el contenido de éstos deberá ser menor o igual al 2%.

### **4.1 Coliformes fecales y *Salmonella spp.***

Los recipientes de polietileno o polipropileno inerte de 500 ml de capacidad, antes del muestreo deben ser esterilizados preferentemente en autoclave. Posteriormente, se deposita la muestra que corresponda a 4 g de sólidos totales. Etiquetarlo y mantenerlo en refrigeración hasta su análisis.

### **4.2 Huevos de helmintos, Sólidos totales y Sólidos volátiles y TEAO**

Los recipientes de polietileno o polipropileno inerte de 500 ml de capacidad, antes de la toma de muestra deben ser enjuagados primero con agua potable a chorro y luego con agua destilada.

Para el caso de huevos de helmintos, se toma el peso en fresco que corresponda a 2 g de sólidos totales. Para el caso de sólidos totales y volátiles y TEAO se llenan los



recipientes hasta un 75% de su capacidad total, se cierran, etiquetan y mantienen en refrigeración, hasta su análisis, excepto para TEAO que se mantiene a temperatura ambiente.

**4.3** Compuestos inorgánicos: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc

El recipiente de polietileno o polipropileno inerte de vidrio de 50 ml de capacidad, antes de la toma de muestra se debe enjuagar primero con agua potable a chorro y luego destilada.

Posteriormente, se deposita la muestra hasta el total de la capacidad, se cierra, se etiqueta y se mantiene en refrigeración hasta su análisis.

**4.4** Preservación y almacenamiento de la muestra

La preservación y tiempo máximo para el análisis de cada uno de los parámetros es la siguiente:

PARAMETROS	PRESERVACION *	TIEMPO MAXIMO DE ANALISIS
Coliformes fecales y <i>Salmonella</i> spp.	4°C	48 horas
Huevos de helmintos	4°C	30 días
Arsénico, cadmio, cobre, cromo, níquel, plomo y zinc	4°C	180 días
Mercurio	4°C	13 días <sup>a</sup> (plástico) 38 días <sup>b</sup> (vidrio)
Sólidos totales	4°C	24 horas
Sólidos volátiles	4°C	24 horas
Tasa específica de absorción de oxígeno **	No requiere	Inmediato

\*A partir de su toma y hasta antes de iniciar el análisis, la muestra debe mantenerse en refrigeración.

\*\*Si la muestra es tomada en el laboratorio, debe mantenerse la temperatura constante o ambiente durante el transporte y analizarla inmediatamente.

**5. Control de calidad**

El programa de muestreo debe operar un sistema control de la calidad.

**5.1** El responsable del muestreo debe mantener los registros de los nombres y títulos de los técnicos que realizaron el muestreo y el del encargado de control de calidad que verificó los mismos y las bitácoras o formatos en los que se contengan cuando menos la siguiente información:

- a) Identificación de la muestra.
- b) Cantidad de muestra utilizada.
- c) Tipo de muestra.
- d) Tipo de análisis a realizar.
- e) Además, debe mantener la información original reportada por el personal técnico que intervino en el muestreo, traslado y recepción de las muestras, así como de la información complementaria.

**6. Etiquetado**

La muestra se identifica con una etiqueta, la cual debe contener la siguiente información:

- Localidad, Municipio y Estado.

- Fecha y hora del cuarteo.