

# **SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

## **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SEMARNAT-1997 QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO**

**CON BASE EN EL ACUERDO POR EL CUAL SE REFORMA LA NOMENCLATURA DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS EXPEDIDAS POR LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, ASÍ COMO LA RATIFICACIÓN DE LAS MISMAS PREVIA A SU REVISIÓN QUINQUENAL, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 23 DE ABRIL DE 2003.**

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA.**

**NORMA OFICIAL MEXICANA**

**NOM-003-ECOL-1997**

**QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO.**

**(Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998)**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-ECOL-1997, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO.**

**JULIA CARABIAS LILLO**, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5º fracciones V y XI, 6o, 36, 37, 37 Bis, 117, 118 fracción I, 119, 121, 126, 171 y 173 la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 118 fracción III y 122 de la Ley General de Salud; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 45, 46 y 47 fracciones III y IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

**C O N S I D E R A N D O**

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de enero de 1998, a fin de que los interesados en un plazo de 60 días naturales presentaran sus

comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en avenida Revolución 1425, Mezaninne planta alta, colonia Tlacopac, Delegación Álvaro Obregón, código postal 01040, de esta ciudad.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del ordenamiento legal citado, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes a dicha Norma; las respuestas a los comentarios de referencia fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de agosto de 1998.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 22 de abril de 1998, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-**

**003-ECOL-1997, QUE ESTABLECE  
LOS LÍMITES MÁXIMOS  
PERMISIBLES DE CONTAMINANTES  
PARA LAS AGUAS RESIDUALES  
TRATADAS QUE SE REUSEN EN  
SERVICIOS AL PÚBLICO.**

**Í N D I C E**

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Muestreo
6. Métodos de prueba
7. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración.
8. Bibliografía
9. Observancia de esta Norma

**1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas

residuales tratadas que se reusen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reuso.

En el caso de que el servicio al público se realice por terceros, éstos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua tratada hasta su reuso o entrega, incluyendo la conducción o transporte de la misma.

**2. REFERENCIAS**

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales-Muestreo, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas-Determinación de grasas y aceites-Método de extracción solhlet, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas-Determinación de materia flotante-Método visual con malla específica, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 5 de diciembre de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas-Determinación de demanda bioquímica de oxígeno.- Método de incubación por diluciones, publicada en **Diario Oficial de la Federación** el 6 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas- Determinación de sólidos en agua.- Método gravimétrico, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 3 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-42 Aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales. - Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de junio de 1987.

Norma Mexicana NMX-AA-102-1987 Calidad del Agua- Detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* presuntiva.-Método de filtración en membrana, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 28 de agosto de 1987.

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, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 6 de enero de 1997 y su aclaración, publicada en el citado Órgano Informativo el 30 de abril de 1997.

### 3. 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 Aguas crudas

Son las aguas residuales sin tratamiento.

#### 3.3 Aguas residuales tratadas

Son aquéllas que mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se han adecuado para hacerlas aptas para su reuso en servicios al público.

#### 3.4 Contaminantes básicos

Son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno<sub>5</sub> y sólidos suspendidos totales.

#### 3.5 Contaminantes patógenos y parasitarios

Son los microorganismos, quistes y

huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales medidos como NMP o UFC/100 ml (número más probable o unidades formadoras de colonias por cada 100 mililitros) y los huevos de helminto medidos como h/l (huevos por litro).

### **3.6 Entidad pública.**

Los Gobiernos de los Estados, del Distrito Federal, y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua.

### **3.7 Lago artificial recreativo**

Es el vaso de formación artificial alimentado con aguas residuales tratadas con acceso al público para paseos en lancha, prácticas de remo y canotaje donde el usuario tenga contacto directo con el agua.

### **3.8 Lago artificial no recreativo**

Es el vaso de formación artificial alimentado con aguas residuales tratadas que sirve únicamente de ornato, como lagos en campos de golf y parques a los que no tiene acceso el público.

### **3.9 Límite máximo permisible**

Valor o rango asignado a un parámetro, que no debe ser excedido por el responsable del suministro de agua residual tratada.

### **3.10 Promedio mensual (P.M.)**

Es el valor que resulta del promedio de los resultados de los análisis practicados a por lo menos dos muestras simples en un mes.

Para los coliformes fecales es la media geométrica; y para los huevos de helminto, demanda bioquímica de oxígeno<sub>5</sub>, sólidos suspendidos totales, metales pesados y cianuros y grasas y aceites, es la media aritmética.

### **3.11 Reuso en servicios al público con contacto directo**

Es el que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reusos: llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines.

### **3.12 Reuso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional**

Es el que se destina a actividades donde el público en general esté expuesto indirectamente o en contacto

físico incidental y que su acceso es restringido, ya sea por barreras físicas o personal de vigilancia. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reusos: riego de jardines y camellones en autopistas; camellones en avenidas; fuentes de ornato, campos de golf, abastecimiento de hidrantes de sistemas contra incendio, lagos artificiales no

recreativos, barreras hidráulicas de seguridad y panteones.

#### 4. ESPECIFICACIONES

**4.1** Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

**T A B L A 1**  
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES**

TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y Aceites mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	SST mg/l
<b>SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO</b>	240	≤ 1	15	20	20
<b>SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL</b>	1,000	≤ 5	15	30	30

**4.2** La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

**4.3** El agua residual tratada reusada en

servicios al público no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta Norma.

**4.4** Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reusen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

## **5. MUESTREO**

Los responsables del tratamiento y reuso de las aguas residuales tratadas, tienen la obligación de realizar los muestreos como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-003, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana. La periodicidad y número de muestras será:

**5.1** Para los coliformes fecales, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno<sub>5</sub>, sólidos suspendidos totales y grasa y aceites, al menos 4 (cuatro) muestras simples tomadas en días representativos mensualmente.

**5.2** Para los huevos de helminto, al menos 2 (dos) muestras compuestas tomadas en días representativos

mensualmente.

**5.3** Para los metales pesados y cianuros, al menos 2 (dos) muestras simples tomadas en días representativos anualmente.

## **6. MÉTODOS DE PRUEBA**

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deben aplicar los métodos de prueba indicados en las Normas Mexicanas a que se refiere el punto 2 de esta Norma. Para coliformes fecales, el responsable del tratamiento y reuso del agua residual, podrá realizar los análisis de laboratorio de acuerdo con la NMX-AA-102-1987, siempre y cuando demuestre a la autoridad competente que los resultados de las pruebas guardan una estrecha correlación o son equivalentes a los obtenidos mediante el método de tubos múltiples que se establece en la NMX-AA-42-1987. El responsable del tratamiento y reuso del agua residual puede solicitar a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, éstos pueden ser aplicados por otros responsables en situaciones similares. Para la determinación de huevos de helminto se deben aplicar las técnicas



de análisis que se señalan en el anexo 1 de esta Norma.

(Código de Normas Federales 40. Protección al Ambiente) E.U.A.

## **7. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y LINEAMIENTOS INTERNACIONALES Y CON LAS NORMAS MEXICANAS TOMADAS COMO BASE PARA SU ELABORACIÓN**

**7.1** No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente; tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

**8.1** APHA, AWWA, WPCF, 1994. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th Edition. U.S.A. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales 19a. Edición. E.U.A.)

**8.2** Code of Federal Regulations 40. Protection of Environmental 1992.

**8.3** Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1988. Gordon M. Fair, John Ch. Gerey, Limusa, México.

**8.4** Manual de agua, 1989. Frank N. Kemmer, John McCallion Ed. McGraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.

**8.5** Development Document for Effluent Limitation Guidelines and New Source Performance Standard for the 1974. (Documento de desarrollo de la U.S.E.P.A. para guías de límites de efluentes y estándares de evaluación de nuevas fuentes para 1974).

**8.6** Water Treatment Handbook, 1991. Degremont 6th Edition Vol. I y II. U.S.A. (Manual de tratamiento de agua 1991) 6a. Edición Vol. I y II. E.U.A.

**8.7** Wastewater Engineering Treatment. Disposal and Reuse, 1991. 3rd. Edition. U.S.A. (Ingeniería en el tratamiento de aguas residuales. Disposición y reuso) Metcalf and Eddy. McGraw-Hill International Editions. 3a. Edición. E.U.A.

**8.8** Municipal Wastewater Reuse- Selected Readings on Water Reuse - United States Environmental Protection Agency - EPA 430/09-91-022 September, 1991. (Reuso de aguas residuales municipales-lecturas selectivas sobre el reuso del agua-Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América- EPA 430/09-91-022 septiembre 1991).

contaminantes establecidos en ella, tendrán un plazo de un año para cumplir con los lineamientos establecidos en la presente Norma.

## **9. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA**

**9.1** La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Salud, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Salud y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

**9.2** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**. Las plantas de tratamiento de aguas residuales referidas en esta Norma que antes de su entrada en vigor ya estuvieran en servicio y que no cumplan con los límites máximos permisibles de

México, Distrito Federal, a los diecisiete días del mes de julio de mil novecientos noventa y ocho.

**LA SECRETARIA DE MEDIO  
AMBIENTE RECURSOS  
NATURALES Y PESCA.**

**JULIA CARABIAS LILO**

## A N E X O 1

### TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTO

#### 1. OBJETIVO

Determinar y cuantificar huevos de helminto en lodos, afluentes y efluentes tratados.

#### 2. CAMPO DE APLICACIÓN

Es aplicable para la cuantificación de huevos de helminto en muestras de lodos, afluentes y efluentes de plantas de tratamiento.

#### 3. DEFINICIONES

**3.1** Helminto: término designado a un amplio grupo de organismos que incluye a todos los gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales) y de vida libre, con formas y tamaños variados.

**3.2** Platyhelminetos: gusano dorsoventralmente aplanado, algunos de interés médico son: *Taenia solium*, *Hymenolepis nana* e *II. diminuta*, entre otros.

**3.3** Nematelminetos: gusanos de

cuerpo alargado y forma cilíndrica. Algunas especies enteroparásitas de humanos y animales son: *Ascaris lumbricoides*, *Toxocara canis*, *Enterobius vermicularis* y *Trichuris trichiura*, entre otros.

**3.4** Método difásico: técnica de concentración que utiliza la combinación de dos reactivos no miscibles y donde las partículas (huevos, detritus), se orientan en función de su balance hidrofílico-lipofílico.

**3.5** Método de flotación: técnica de concentración donde las partículas de interés permanecen en la superficie de soluciones cuya densidad es mayor. Por ejemplo la densidad de huevos de helminto se encuentra entre 1.05 a 1.18, mientras que los líquidos de flotación se sitúan entre 1.1 a 1.4.

#### 4. FUNDAMENTO

Utiliza la combinación de los principios del método difásico y del método de flotación, obteniendo un rendimiento de un 90%, a partir de muestras artificiales contaminadas con huevos de helminto de *Ascaris*.

#### 5. EQUIPO

**Centrífuga:** Con intervalos de operación de 1000 a 2500 revoluciones por minuto

Períodos de operación de 1 a 3 minutos

Temperatura de operación 20 a 28 °C

**Bomba de vacío:** Adaptada para control de velocidad de succión  
1/3 hp

**Microscopio óptico:** Con iluminación Köheler  
Aumentos de 10 a 100X; Platina móvil; Sistema de microfotografía

**Agitador de tubos:** Automático  
Adaptable con control de velocidad

**Parrilla eléctrica:** Con agitación

**Hidrómetro:** Con intervalo de medición de 1.1 a 1.4 g/cm<sup>3</sup>

**Temperatura de operación:** 0 a 4 °C

## 6. REACTIVOS

- Sulfato de zinc heptahidratado
- Acido sulfúrico
- Eter etílico
- Etanol
- Agua destilada
- Formaldehído

### 6.1 Solución de sulfato de zinc, gravedad específica de 1.3

- Fórmula
- Sulfato de zinc 800 g
- Agua destilada 1,000 ml

### PREPARACIÓN

Disolver 800 g de sulfato de zinc en 1,000 ml de agua destilada y agitar en la parrilla eléctrica hasta homogeneizar, medir la densidad con hidrómetro. Para lograr la densidad deseada agregar reactivo o agua según sea el caso.

## 6.2 Solución de alcohol-ácido

- Fórmula
- Acido sulfúrico 0.1 N 650 ml
- Etanol 350 ml

### PREPARACIÓN

Homogeneizar 650 ml del ácido sulfúrico al 0.1 N, con 350 ml del etanol para obtener un litro de la solución alcohol-ácida. Almacenarla en recipiente hermético.

## 7. MATERIAL

- Garrafones de 8 litros
- Tamiz de 160 mm (micras) de poro
- Probetas graduadas (1 litro y 50 ml)
- Gradillas para tubos de centrifuga de 50 ml
- Pipetas de 10 ml de plástico
- Aplicadores de madera
- Recipientes de plástico de 2 litros
- Guantes de plástico
- Vasos de precipitado de 1 litro
- Bulbo de goma
- Magneto

- Cámara de conteo Doncaster
- Celda Sedgwich-Rafter

## **8. CONDICIONES DE LA MUESTRA**

- 1** Se transportarán al laboratorio en hieleras con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo.
- 2** Los tiempos de conservación en refrigeración y transporte deben reducirse al mínimo
- 3** Si no es posible refrigerar la muestra líquida, debe fijarse con 10 ml de formaldehído al 4% o procesarse dentro de las 48 horas de su toma.
- 4** Una muestra sólida debe refrigerarse y procesarse en el menor tiempo posible.

## **9. INTERFERENCIAS**

La sobreposición de estructuras y/o del detritus no eliminado en el sedimento, puede dificultar su lectura, en especial cuando se trata de muestras de lodo. En tal caso, es importante dividir el volumen en alícuotas que se consideren adecuadas.

## **10. PRECAUCIONES**

- 1** Durante el procesado de la muestra, el analista debe utilizar guantes de plástico para evitar riesgo de infección.
- 2** Lavar y desinfectar el área de trabajo, así como el material utilizado por el analista.

## **11. PROCEDIMIENTO**

- 1** Muestreo
  - a)** Preparar recipientes de 8 litros, desinfectándolos con cloro, enjuagándolos con agua potable a chorro y con agua destilada.
  - b)** Tomar 5 litros de la muestra (ya sea del afluente o efluente).
  - c)** En el caso de que la muestra se trate de lodo, preparar en las mismas condiciones recipientes de plástico de 1 litro con boca ancha.
  - d)** Tomar X gramos de materia fresca (húmeda) que corresponda a 10 g de materia seca.
- 2** Concentrado y centrifugado de la muestra
  - a)** La muestra se deja sedimentar

- durante 3 horas o toda la noche.
- b)** El sobrenadante se aspira por vacío sin agitar el sedimento.
  - c)** Filtrar el sedimento sobre un tamiz de 160  $\mu\text{m}$  (micras), enjuagando también el recipiente donde se encontraba originalmente la muestra y lavar enseguida con 5 litros de agua (potable o destilada).
  - d)** Recibir el filtrado en los mismos recipientes de 8 litros.
  - e)** En caso de tratarse de lodos, la muestra se filtrará y enjuagará en las mismas condiciones iniciando a partir del inciso c.
  - f)** Dejar sedimentar durante 3 horas o toda la noche.
  - g)** Aspirar el sobrenadante al máximo y depositar el sedimento en una botella de centrífuga de 250 ml, incluyendo de 2 a 3 enjuagues del recipiente de 8 litros.
  - h)** Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).
  - i)** Decantar el sobrenadante por vacío (asegurarse de que exista la pastilla) y resuspender la pastilla en 150 ml de  $\text{ZnSO}_4$  con una densidad de 1.3.
  - j)** Homogeneizar la pastilla con el agitador automático, o aplicador de madera.
  - k)** Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos).
  - l)** Recuperar el sobrenadantevirtiéndolo en un frasco de 2 litros y diluir cuando menos en un litro de agua destilada.
  - m)** Dejar sedimentar 3 horas o toda la noche.
  - n)** Aspirar al máximo el sobrenadante por vacío y resuspender el sedimento agitando, vertir el líquido resultante en 2 tubos de centrífuga de 50 ml y lavar de 2 a 3 veces con agua destilada el recipiente de 2 litros.
  - o)** Centrifugar a 480 g por 3 minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).
  - p)** Reagrupar las pastillas en un tubo de 50 ml y centrifugar a 480 g por minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos).
  - q)** Resuspender la pastilla en 15 ml de solución de alcohol-ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1 N) +  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  a 33-35% y adicionar 10 ml de éter etílico.
  - r)** Agitar suavemente y abrir de vez en cuando los tubos para dejar escapar el gas (considerar que el

éter es sumamente inflamable y tóxico).

- s) Centrifugar a 660 g por 3 minutos (2,500 - 3,000 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).
  - t) Aspirar al máximo el sobrenadante para dejar menos de 1 ml de líquido, homogeneizar la pastilla y proceder a cuantificar.
- 3** Identificación y Cuantificación de la Muestra
- a) Distribuir todo el sedimento en una celda de Sedgwich-Rafter o bien en una cámara de conteo de Doncaster.
  - b) Realizar un barrido total al microscopio.

## 12. CÁLCULOS

- 1** Para determinar los rpm de la centrífuga utilizada, la fórmula es:

$$rpm = \sqrt{\frac{Kg}{r}}$$

Donde:

- g:** fuerza relativa de centrifugación

**K:** constante cuyo valor es 89,456

**r:** radio de la centrífuga (spindle to the centre of the bracker) en cm

**La fórmula para calcular g es:**

$$g = \frac{r (rpm)^2}{K}$$

- 2** Para expresar los resultados en número de huevecillos por litro es importante tomar en cuenta el volumen y tipo de la muestra analizada.

## 13. FORMATO

No aplica.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- 1** APHA, AWWA, WPCF, 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> ed., Washington. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales, 19<sup>a</sup>. Edición E.U.A.)



- 2** CETESB, São Paulo, 1989  
Helmintos e Protozoários  
Patogénicos Contagem de Ovos e  
Cistos em Amostras Ambientais.
  
- 3** Schwartzbrod, J., 1996  
Traitement des Eaux Usees de  
Mexico en Vue d'une Reutilisation  
a des Fins Agricoles. Reunión de  
Expertos para el Análisis del  
Proyecto de Saneamiento del  
Valle de México. Instituto de  
Ingeniería UNAM, 86 p.