

## SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROYECTO de 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.

---

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

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-004-ECOL-2001, PROTECCION AMBIENTAL.- LODOS Y BIOSOLIDOS.- ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICION FINAL.

CASSIO LUISELLI FERNANDEZ, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, ordena la publicación del siguiente Proyecto de 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, mismo que fue aprobado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión celebrada el 8 de febrero de 2000; el que se expide para consulta pública, de conformidad con el precepto legal antes invocado, a efecto de que los interesados, dentro de los 60 días naturales siguientes a la fecha de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación** presenten sus comentarios ante el citado Comité, sito en bulevar Adolfo Ruiz Cortines número 4209 piso 5o., colonia Jardines en la Montaña; código postal 14210, Delegación Tlalpan, para que en los términos de la citada ley sean considerados.

Durante este lapso la Manifestación de Impacto Regulatorio a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización estará a disposición del público para su consulta en el domicilio antes citado.

### PREFACIO

Por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental; se constituyó el Grupo de Trabajo para el manejo de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, para coadyuvar en la formulación del anteproyecto de norma oficial mexicana que regula los lodos y biosólidos, estableciendo los límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, el cual estuvo integrado por personal técnico de las dependencias, instituciones y empresas que se enlistan a continuación:

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROCURADURIA FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE

COMISION NACIONAL DE AGUA

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE

DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA

SECRETARIA DE ENERGIA

SECRETARIA DE ECOLOGIA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO

GOBIERNO DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE BAJA CALIFORNIA

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

PETROLEOS MEXICANOS

DIRECCION COORPORATIVA DE ADMINISTRACION

PROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE (PUMA)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUTO DE INGENIERIA

CONFEDERACION PATRONAL DE LA REPUBLICA MEXICANA

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DEL HIERRO Y EL ACERO

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE ACEITES, GRASAS, JABONES Y DETERGENTES

CONFEDERACION DE CAMARAS INDUSTRIALES  
COMISION DE ECOLOGIA

ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA, A.C. (ANIQ)

ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE REFRESCOS Y AGUAS CARBONATADAS, A.C. (ANPRAC)

ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ (AMIA)

EMPRESAS DE AGUA Y SANEAMIENTO DE MEXICO, A.C.

EMPRESAS DE CONTROL DE CONTAMINACION DE AGUA, CIVAC.

SISTEMA ECOLOGICO DE REGENERACION DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.

SISTEMA INTERMUNICIPAL DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO (GUADALAJARA, JAL.)

SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, N.L.

COMISION ESTATAL DE SERVICIOS PUBLICOS DE TIJUANA, B.C.

SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LEON, GTO.

JUNTA CENTRAL DE AGUA Y SANEAMIENTO DE CHIHUAHUA

SISTEMA OPERADOR DE LOS SERVICIOS DE A.P.A. DEL MUNICIPIO DE PUEBLA

SAFMEX, S.A. DE C.V.

OPERADORA DE ECOSISTEMAS, S.A. DE C.V.

WEELABRATOR BIO GRO

BASURTO, SANTILLANA Y ARGUIJO, S.C.

BLACK & VEATCH

ASOCIACION DE LA INDUSTRIA DEL ESTADO DE MEXICO

ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE CAL (ANFACAL)

FEDERACION MEXICANA DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS AMBIENTALES, A.C.

ELI LILLY Y COMPAÑIA DE MEXICO, S.A. DE C.V.

ASOCIACION MEXICANA DE RIEGO, A.C.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-ECOL-2001, PROTECCION AMBIENTAL.- LODOS Y BIOSOLIDOS.-ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICION FINAL**

CASIO LUISELLI FERNANDEZ, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 bis fracciones I, II y IV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 6o. fracción VIII 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; 38 fracción II, 40 fracción X, 46 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 33 de su Reglamento, expide la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-004-ECOL-2001, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

**INDICE**

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Métodos de prueba
6. Evaluación de la conformidad

7. Concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración
8. Bibliografía
9. Observancia de esta Norma

#### ANEXOS

- I Opciones para la reducción de atracción de vectores
- II Método para la Cuantificación de Coliformes Fecales en lodos
- III Método para la Cuantificación de *Salmonella* en lodos
- IV Método para la Cuantificación de Huevos de Helminto en lodos

#### 0. Introducción

En las actividades de desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas potabilizadoras se generan una serie de lodos y biosólidos que en caso de no darles una disposición final adecuada, contribuyen de manera importante en la contaminación de la atmósfera, de las aguas y de los suelos, afectando los ecosistemas del área donde se depositen. En relación a estos lodos y biosólidos previo a los estudios correspondientes, se ha considerado que por sus características o por las adquiridas después de un proceso de estabilización, pueden ser susceptibles de su aprovechamiento más aún, cuando se sometan a un tratamiento y cumplan con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana o, en su caso, disponer en forma definitiva como residuos no peligrosos; consecuentemente 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 el 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

NOM-052-ECOL-1993, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de octubre de 1993.

NOM-053-ECOL-1993, Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de octubre de 1993.

(Las dos normas oficiales mexicanas antes señaladas contienen la nomenclatura en términos del Acuerdo Secretarial publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 29 de noviembre de 1994, por el cual se actualizó la nomenclatura de 58 normas oficiales mexicanas).

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.

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

NMX-BB-014-1973, Clasificación y tamaños nominales para utensilios de vidrio usados en laboratorio, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 24 de agosto de 1973.

NMX-AA-042-1987, Calidad del agua-Determinación del número más probable NMP de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de junio de 1987.

NMX-AA-113-SCFI-1999, Análisis de agua-Determinación de huevos de helminto- Método de prueba, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 5 de agosto de 1999.

### **3. Definiciones**

#### **3.1 Aguas residuales**

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos, y en general de cualquier otro uso.

#### **3.2 Alcantarillado**

Sistema completo de tuberías, bombas, lagunas, tanques, procesos unitarios y accesorios para la recolección, transporte, tratamiento y descarga de aguas residuales, de tipo municipal o urbano.

#### **3.3 Almacenamiento**

Mantener en un sitio los lodos y biosólidos, cuando no es posible su aprovechamiento o disposición final, excluyéndose el uso de esta práctica como método de estabilización complementario de los lodos y biosólidos.

#### **3.4 Aprovechamiento**

Es el uso de los biosólidos como mejoradores o acondicionadores de los suelos por su contenido de materia orgánica y nutrientes.

#### **3.5 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.

#### **3.6 Azolves**

Lodos y/o basura acarreados por actividad tanto fluvial como pluvial, que se depositan en el fondo de los cuerpos de agua e infraestructura de conducción y almacenamiento, ocasionando problemas de obstrucción y disminución de capacidades.

#### **3.7 Biosólidos**

Lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que por su contenido de nutrientes y por sus propias características o por las adquiridas después de un proceso de estabilización, pueden ser susceptibles de aprovecharse.

#### **3.8 Coliformes fecales**

Bacilos cortos gram negativos no esporulados, también conocidos como coliformes termotolerantes. Tienen la capacidad de fermentar la lactosa a temperatura de 44,5°C. Incluyen al género *Escherichia coli* y algunas especies de *Klebsiella*.

#### **3.9 Daños a tejidos**

Se refiere a la inflamación, a causa de las galerías que abren los helmintos, generando la formación de tumores y excrecencias carcinógenas, al bloqueo de ciertos conductos (por ejemplo, los biliares), al provocar obstrucción intestinal o la perforación de las paredes del conducto digestivo y desarrollar una peritonitis. Adicionalmente, pueden provocar una intensa irritación de los tejidos, al depositar huevos entre los mismos.

#### **3.10 Desazolve**

Son los materiales sólidos provenientes de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no incluye los provenientes de las presas o vasos de regulación.

#### **3.11 Deterioro mecánico**

Se refiere a la acción de los parásitos de roer la pared intestinal ocasionando hemorragias, mismas que se ven intensificadas por una secreción que impide la coagulación de la sangre.

#### **3.12 Digestión aerobia**

Es la descomposición 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.

### **3.13 Digestión anaerobia**

Es la descomposición 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.

### **3.14 Disposición final**

La acción de depositar de manera permanente lodos y biosólidos en sitios adecuados para evitar daños al ambiente.

### **3.15 Enterocolitis**

Inflamación del intestino delgado y colon.

### **3.16 Estabilización**

Son los procesos físicos, químicos y biológicos a los que se someten los lodos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, para acondicionarlos para su aprovechamiento o disposición final.

### **3.17 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.

### **3.18 Fiebre tifoidea**

Infección aguda generalizada, causada por *Salmonella typhosa*; se caracteriza por fiebre, cefalea, tos, toxemia, pulso anormal, manchas rosadas en la piel, desde el punto de vista patológico se manifiesta por incremento del tamaño (hiperplasia) y ulceración de los ganglios linfáticos intestinales.

### **3.19 Helminto**

Término designado a un amplio grupo de gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales) y 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, y la alternancia compleja de generaciones que incluye hasta tres huéspedes diferentes. Ocasionalmente ocasionan deterioro mecánico, daños a tejidos, efectos tóxicos y pérdida de sangre.

### **3.20 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.

### **3.21 Lixiviado**

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

### **3.22 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 del tratamiento de aguas residuales.

### **3.23 Muestra compuesta**

La mezcla representativa del volumen de los biosólidos que se pretenden aprovechar suficientemente para que se realicen los análisis para determinar su contenido de metales pesados.

### **3.24 Muestra simple**

La cantidad suficiente de lodos y biosólidos para que se realicen los análisis para determinar el contenido de patógenos y parásitos, la cual debe ser representativa del volumen.

### **3.25 Mejoramiento de suelos**

Es la aplicación de los biosólidos en terrenos degradados para mejorar sus características.

### **3.26 Patógeno**

Microorganismo capaz de causar enfermedad.

### **3.27 Restauración de paisajes**

Es la aplicación de los biosólidos en terrenos públicos y privados para mejorar sus características estéticas.

### 3.28 Sólidos Totales (ST)

Son los materiales que permanecen en los lodos como residuo cuando aquéllos son secados de 103 a 105°C.

### 3.29 Sólidos Volátiles (SV)

Es la cantidad de sólidos orgánicos totales presentes en los lodos, que se volatiliza cuando éstos se queman a 550°C en presencia de aire en exceso.

### 3.30 *Salmonella*

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

### 3.31 Tasa específica de absorción de oxígeno

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

### 3.32 Terrenos con fines agrícolas

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

### 3.33 Viabilidad

Que es capaz o apto para vivir.

## 4. Especificaciones

4.1 Para que los lodos y biosólidos se puedan aprovechar o disponer se debe demostrar, cada dos años, que éstos no son corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos o inflamables de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, referida en el punto 2 de esta Norma.

Los responsables podrán quedar exentos de dicha prueba, siempre que por las características del proceso generador de los lodos y biosólidos, el contenido de los patógenos, parásitos y metales pesados sea homogéneo o no presenten variaciones significativas; manifestándolo ante la autoridad competente, por escrito y bajo protesta de decir verdad.

4.2 Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la especificación 4.1, pueden ser manejados y aprovechados o dispuestos en forma final como residuos no peligrosos.

4.3 Para que los biosólidos puedan ser aprovechados, deben cumplir con la especificación 4.4 y lo establecido en las tablas 1 y 2.

4.4 Los generadores de biosólidos deben controlar la atracción de vectores, demostrando su efectividad. Para tal efecto se pueden utilizar cualquiera de las opciones descritas, de manera enunciativa pero no limitativa, en el Anexo 1.

4.5 Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los biosólidos se clasifican en tipo: Excelente y Bueno con base en su contenido de metales pesados; y en clase: A y B en función de su contenido de patógenos y parásitos.

4.6 Los límites máximos permisibles de metales pesados en los biosólidos se establecen en la Tabla 1

**TABLA 1**  
**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES**  
**PESADOS EN BIOSOLIDOS**

<b>CONTAMINANTE</b> <b>(determinados en forma total)</b>	<b>Excelente</b> <b>mg/kg</b> <b>en base seca</b>	<b>Bueno</b> <b>mg/kg</b> <b>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 biosólidos se establecen en la Tabla 2.

**TABLA 2**  
**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS**  
**Y PARASITOS EN BIOSOLIDOS**

CLASE	PATOGENOS		PARASITOS
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella sp</i> NMP/g en base seca	Huevos de helminto/g en base seca
A	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
B	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

4.8 Para el aprovechamiento de los biosólidos en jardines, macetas de casas habitación y edificios públicos y privados, áreas verdes para recreación pública y privada con contacto directo humano, viveros y campos deportivos, camellones urbanos y en vías de comunicación, panteones y bosques, la calidad debe ser Excelente, clase A, su contenido de humedad debe ser de 70% o menor.

4.9 Los biosólidos clasificados en el punto 4.5 que se pretendan aprovechar en terrenos con fines agrícolas, mejoramiento de suelos y restauración de paisajes, no deben aplicarse si los suelos están congelados; inundados; cubiertos por nieve o con un pH de 5 o menor.

4.10 La aplicación de biosólidos en terrenos con fines agrícolas, mejoramiento de suelos y restauración de paisajes, se sujetará a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal.

4.11 El aprovechamiento de biosólidos en terrenos comprendidos en zonas declaradas como áreas naturales protegidas, sólo podrá realizarse previa autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

4.12 Para la disposición final de los lodos y biosólidos, se deberá cumplir con la especificación 4.1 y con los límites máximos permisibles para el contenido de patógenos y parásitos establecidos en la Tabla 3.

**TABLA 3**  
**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE PATOGENOS**  
**Y PARASITOS PARA LODOS Y BIOSOLIDOS**

PATOGENOS		PARASITOS
Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella sp</i> NMP/g en base seca	Huevos de helminto/g en base seca
Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

4.13 Los sitios para su disposición final serán los que disponga o autorice la autoridad local competente.

4.14 Los lodos y biosólidos que cumplan con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana pueden ser almacenados hasta por un periodo de 2 años. El predio en donde se almacenen, debe contar con sistema de recolección de lixiviados.

**4.15** 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.

**4.16** Muestreo y análisis de lodos y biosólidos.

El generador de lodos y biosólidos, debe realizar el muestreo y análisis para demostrar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana y conservar los registros por lo menos durante los últimos 5 años posteriores a su realización.

**4.17** La frecuencia de muestreo y análisis para los lodos y biosólidos se establecen en función de su aprovechamiento y disposición final en la Tabla 4.

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

<b>APROVECHAMIENTO Y DISPOSICION FINAL</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>MUESTREO Y ANALISIS</b>
- Jardines y macetas de casas habitación y edificios públicos y privados, áreas verdes para recreación pública y privada con contacto directo humano, viveros y campos deportivos.	Semestral	metales pesados.
- Camellones urbanos y en vías de comunicación, panteones y bosques.	Bimestral	patógenos y parásitos.
- Terrenos con fines agrícolas, restauración de suelos y de paisajes.	Semestral Trimestral	metales pesados. patógenos y parásitos.
- Disposición final.	Trimestral	patógenos y parásitos.

**4.18** El muestreo y análisis para determinar el contenido de patógenos y parásitos, constará de cuando menos 7 (siete) muestras simples. Los resultados se informarán como la media geométrica para los coliformes fecales y *Salmonella* y la media aritmética para los huevos de helminto.

**4.19** El muestreo y análisis para determinar el contenido de metales pesados, constará de una muestra compuesta y se reportará para dos o más resultados la media aritmética.

**4.20** Podrán quedar exentos de realizar el muestreo y análisis de alguno o varios de los parámetros establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, cuando por su procedencia o invariabilidad en el contenido de los lodos y biosólidos no concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua, por escrito y bajo protesta de decir verdad.

## **5. Métodos de prueba**

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deberán aplicar los métodos de prueba establecidos en los anexos 2, 3 y 4 de la presente Norma Oficial Mexicana. El responsable podrá solicitar autorización a la Comisión Nacional del Agua para la aplicación de métodos de prueba alternos, y podrán ser autorizados a otros responsables en situaciones similares.

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

La evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana se llevará a cabo por las personas acreditadas y aprobadas en términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

## **7. Concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración**

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. 18 th 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 Protección. Larry W. Canter, Robert C. Knox y Deborah M. Fairchild. Lewis Publishers, Inc. 1987. (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 utilisation 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. (DOF 6 de enero de 1997).

**8.23** Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI/1993, Sistema General de Unidades de Medida.

**8.24** Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI/1999, Análisis de Agua.- Determinación de Huevos de Helminto. Método de Prueba.

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

**8.26** 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 Registro Federal el 19 de febrero de 1993.

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

**8.28** 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.

**8.29** 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 Helminto Parásitos Provenientes de Lodos Residuales). Water Res. 20: 813-816.

**8.30** 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).

**8.31** 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).

**8.32** 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).

**8.33** 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).

**8.34** 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.)

**8.35** 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).

**8.36** 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.).

**8.37** 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 E.U.A. Registro Federal 19 de febrero de 1993.).

**8.38** 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.

**8.39** 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).

**8.40** 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).

**8.41** 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).

**8.42** 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 Comisión Nacional del Agua y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como a los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal, en el ámbito de su respectivas competencias. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, su Reglamento y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Comisión Nacional del Agua y 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 biosólidos y lodos, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana.

## **TRANSITORIOS**

**PRIMERO.-** Provéase la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el **Diario Oficial de la Federación**.

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

México, Distrito Federal, a los cuatro días del mes de febrero de dos mil dos.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Cassio Luiselli Fernández**.- Rúbrica.

Con fundamento en lo dispuesto en el artículo 47 fracción I 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 quince de enero de dos mil dos.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, **Cassio Luiselli Fernández**.- Rúbrica.

## **ANEXO I**

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

#### **Opción 1: Reducción del contenido de sólidos volátiles**

Reducir a un 38% el contenido de sólidos volátiles en los biosólidos, mediante digestión aeróbica o anaeróbica.

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

En el caso de que no resulte factible reducir al 38% el contenido de sólidos volátiles mediante la Opción 1. Se deberá demostrar en una unidad a escala de laboratorio, que una porción de los biosólidos, que previamente fueron digeridos, con una digestión anaeróbica por 40 días adicionales, a una temperatura entre 30°C y 37°C, su reducción del contenido de sólidos volátiles es menor de 17%.

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

Esta prueba solamente es aplicable a los biosólidos líquidos digeridos aeróticamente. Se considera que los biosólidos digeridos aeróticamente con 2% de sólidos o menos, han logrado la reducción de atracción de vectores si después de 30 días de digestión aeróbica en una prueba de laboratorio a 20°C, su reducción del contenido de sólidos volátiles es menor de 15%.

#### **Opción 4: Tasa específica de absorción de oxígeno (TEAO) para biosólidos digeridos aeróticamente**

Esta prueba solamente es aplicable a los biosólidos líquidos digeridos aeróticamente. Se demuestra 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).

#### **Opción 5: Procesos aeróbicos a más de 40°C**

Aplica primordialmente a biosólidos composteados que contienen agentes abultadores orgánicos parcialmente descompuestos. Los biosólidos deben ser tratados aeróticamente por 14 días o más, tiempo durante el cual la temperatura deberá rebasar siempre los 40°C y el promedio deberá ser mayor de 45°C.

#### **Opción 6: Adición de materia alcalina**

Adicionar suficiente materia alcalina para:

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

#### **Opción 7: Reducción del contenido de humedad en biosólidos que no contienen sólidos sin estabilizar**

Incrementar el contenido de sólidos al 75% en los biosólidos, lo cual debe conseguirse removiéndoles agua y no mediante la dilución con sólidos inertes. Se debe prevenir que los biosólidos se manejen secos, incluyendo su almacenamiento antes de la aplicación.

#### **Opción 8: Reducción del contenido de humedad en biosólidos que contienen sólidos no estabilizados**

Incrementar el contenido de sólidos al 90% en los biosólidos, lo cual debe conseguirse removiéndoles agua y no mediante la dilución con sólidos inertes. Se debe prevenir que los biosólidos se manejen secos, incluyendo su almacenamiento antes de la aplicación.

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

Inyectar los biosólidos por debajo de la superficie del terreno, de tal manera que ninguna cantidad significativa esté presente sobre la superficie durante 1 hora después de la inyección y, si los biosólidos son clase A con respecto a patógenos, deben ser inyectados dentro de las 8 horas posteriores a su salida del proceso reductor de patógenos.

#### **Opción 10: Incorporación de biosólidos al suelo**

Incorporar al suelo los biosólidos 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 y, si los biosólidos son clase A con respecto a patógenos, el tiempo entre la aplicación y el procesado no debe exceder de 8 horas al igual que en el caso de la inyección.

## **ANEXO II**

### **METODO PARA LA CUANTIFICACION DE COLIFORMES FECALES EN LODOS**

1. El presente método establece la técnica para llevar a cabo la cuantificación del grupo coliforme fecal en lodos, con el fin de evaluar la calidad y la eficiencia de los diferentes tratamientos de los mismos, y es aplicable para la evaluación de la calidad de lodo residual y lodo estabilizado.

## **2. Principio del método**

Este método de análisis se basa en que:

**2.1** Las bacterias presentes en una muestra pueden ser separadas por agitación, dando por resultado una suspensión de células bacterianas, uniformemente distribuidas.

**2.2** A través de diluciones sucesivas de la muestra se obtienen inóculos de, al menos, una célula para obtener crecimiento en el medio de cultivo (tubos positivos), y otros que al sembrarse dan resultado en, por lo menos, un tubo de la serie.

**2.3** La combinación de resultados positivos y negativos permite realizar una estimación de la densidad bacteriana por medio de cálculos de probabilidad.

**2.4** La técnica seleccionada permite el estudio de un volumen de muestra suficiente para obtener resultados significativos, considerando la alta turbidez que la muestra pudiera presentar a causa de la gran cantidad de material acumulado. En caso de aplicar técnicas como filtro de membrana se correría el riesgo de un cálculo de coliformes fecales inferior al real.

## **3. Muestreo, preparación y acondicionamiento de la muestra**

El muestreo constituye una parte integral y fundamental de cualquier programa de evaluación de calidad de lodo, por lo cual, éste deberá efectuarse de acuerdo a la NMX-AA-003-1980 y NMX-BB-014-1973 referidas en el punto 2 de esta Norma.

**3.1** La muestra deberá ser tomada en frascos de 500 ml de capacidad, de boca ancha y previamente esterilizados.

**3.2** Las muestras serán colocadas en hieleras con bolsas refrigerantes o hielo tan pronto como sea posible.

**3.3** Los tiempos de conservación en refrigeración y transporte deben reducirse al mínimo.

**3.4** A la muestra, antes de ser procesada, se le determinará el contenido de sólidos totales (ST) en por ciento en peso y posteriormente se obtendrá el peso en fresco que corresponda a 4 g de ST.

**3.5** A partir de su toma y hasta antes de ser procesada, la muestra debe estar en refrigeración y no transcurrir más de 48 horas.

## **4. Reactivos y materiales**

### **4.1 Reactivos**

**4.1.1** Alcohol etílico.

**4.1.2** Caldo lauril-triptosa con púrpura de bromocresol (C.L.T.).

**4.1.3** Caldo lactosado con púrpura de bromocresol (C.L.).

**4.1.4** Medio EC.

**4.1.5** Fosfato monopotásico.

**4.1.6** Cloruro de magnesio.

**4.1.7** Hidróxido de sodio.

**4.1.8** Agua destilada.

### **4.2 Materiales**

**4.2.1** Asa de inoculación.

**4.2.2** Barras magnéticas.

**4.2.3** Bulbo de goma.

**4.2.4** Espátula.

**4.2.5** Frascos de 500 ml de capacidad con tapa de cierre hermético, boca ancha y con capacidad de esterilización en autoclave.

**4.2.6** Gradillas y canastillas de acero inoxidable.

**4.2.7** Guantes de látex.

**4.2.8** Mechero de Bunsen, lámpara de alcohol o similar.

**4.2.9** Pipetas graduadas de vidrio de 1, 5 y 10 ml.

**4.2.10** Portapipeteros de acero inoxidable.

**4.2.11** Tapabocas.

**4.2.12** Taponos de acero inoxidable para tubos de ensayo (18 mm x 180 mm, 16 mm x 150 mm o de 12 mm x 120 mm).

**4.2.13** Tubos de Durham (7 mm x 4,5 mm o de 5 mm x 4 mm).

**4.2.14** Tubos de ensayo (18 mm x 180 mm, 16 mm x 150 mm o 12 mm x 120 mm).

**4.2.15** Tubos de rosca (13 mm x 100 mm).

## **5. Aparatos e instrumentos**

**5.1** Autoclave a una presión de 1,05 kg/cm<sup>2</sup> y una temperatura de 121°C.

**5.2** Balanza analítica con intervalo de medición de 0,000 1 a 10,00 g.

**5.3** Balanza granataria con intervalo de medición de 0,1 a 100 g.

**5.4** Baño de agua (con agitación) con capacidad para operar a una temperatura de 44,5°C ± 0,2°C.

**5.5** Estufa de esterilización con capacidad para medir temperatura de 170°C ± 10°C.

**5.6** Incubadora con capacidad para operar a una temperatura de 37°C ± 0,2°C.

**5.7** Parrilla con agitación y calentamiento.

**5.8** Potenciómetro con intervalo de medición de 6,9°C ± 0,2°C.

**5.9** Refrigerador con capacidad para operar a una temperatura entre 2 y 4°C ± 0,2°C.

## **6. Procedimiento**

Los siguientes puntos describen la secuencia del método de prueba, el cual debe realizarse conforme a lo descrito, con el fin de minimizar sesgos en los datos obtenidos.

### **6.1 Preparación de medios de cultivo y soluciones**

#### **6.1.1 Caldo lauril-triptosa con púrpura de bromocresol (C.L.T.)**

Fórmula

Triptosa	20,00 g
Lactosa	05,00 g
Fosfato dipotásico (K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )	02,75 g
Fosfato monopotásico(KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	02,75 g
Cloruro de sodio(NaCl)	05,00 g
Lauril sulfato de sodio	00,10 g
Púrpura de bromocresol	00,01 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver los ingredientes o 35,6 g del medio que se encuentra en forma deshidratada en el mercado y 0,01 g de púrpura de bromocresol, con la ayuda de una parrilla de agitación, en 1 L de agua destilada. Verificar que el pH sea de  $6,8 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustar con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Distribuir en volúmenes de 10 ml en tubos de ensayo. Tapar con tapones de acero inoxidable y esterilizar en autoclave a  $121^{\circ}\text{C}$ , durante 15 minutos. El volumen final no debe variar más de 0,1 ml.

El medio ya una vez preparado puede almacenarse a temperatura ambiente, en un lugar limpio y libre de polvo, durante no más de una semana.

#### **6.1.2 Caldo lactosado con púrpura de bromocresol (C.L.).**

##### Fórmula

Extracto de carne	06,00 g
Peptona	10,00 g
Lactosa	10,00 g
Púrpura de bromocresol	0,01 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver los ingredientes o 13,0 g del medio C.L. que se encuentra en forma deshidratada en el mercado y 0,01 g de púrpura de bromocresol, con la ayuda de una parrilla de agitación, en 1 L de agua destilada. Verificar que el pH sea de  $6,9 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustar con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Distribuir volúmenes de 10 ml del medio en tubos de ensayo. Tapar con tapones de acero inoxidable y esterilizar en autoclave a  $121^{\circ}\text{C}$ , durante 15 minutos. El volumen final no debe variar más de 0,1 ml.

El medio ya preparado puede almacenarse a temperatura ambiente, en un lugar limpio y libre de polvo, durante no más de una semana.

#### **6.1.3 Medio líquido A-1**

##### Fórmula

Lactosa	5,00 g
Triptosa	20,00 g
Cloruro de sodio (NaCl)	5,00 g
Salicina	0,50 g
Eter p-isooctilfenil de polietilenglicol (Tritón X-100 y Haas., o equivalente)	01,00 ml
Agua destilada	1 000,00 ml

Calentar hasta la disolución de los ingredientes sólidos. Añadir el éter p-isooctilfenil de polietilenglicol. Verificar que el pH sea de  $6,9 \pm 0,1$ , en caso contrario ajustar con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Distribuir volúmenes de 10 ml en tubos de ensayo con campana de Durham, tapar con tapones de aluminio. Esterilizar en autoclave a  $121^{\circ}\text{C}$  durante 10 minutos.

Este medio se debe conservar en oscuridad a temperatura ambiente durante no más de 7 días.

#### **6.1.4 Medio EC**

##### Fórmula

Triptosa o tripticasa	20,00 g
Lactosa	05,00 g
Mezcla de sales biliares	1,50 g

Fosfato dipotásico ( $K_2HPO_4$ )	4,00 g
Fosfato monopotásico ( $KH_2PO_4$ )	1,50 g
Cloruro de sodio (NaCl)	5,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver los ingredientes o 37,0 g del medio EC que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, con la ayuda de una parrilla de agitación, en 1 L de agua destilada. Verificar que el pH sea de  $6,9 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustar con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

Distribuir volúmenes de 10 ml del medio en tubos de ensayo, conteniendo en su interior tubos de Durham invertidos, tapar con tapones de acero inoxidable y esterilizar en autoclave a  $121^\circ C$ , durante 15 minutos. El volumen final no debe variar más de 0,1 ml.

El medio ya preparado puede almacenarse a temperatura ambiente, en un lugar limpio y libre de polvo, durante no más de una semana.

#### 6.1.5 Solución madre de tampón A:

Fórmula

Fosfato monopotásico ( $KH_2PO_4$ )	34,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver el fosfato monopotásico en 500 ml de agua destilada, ajustar el pH a  $7,2 \pm 0,2$  con la solución de hidróxido de sodio 1 N y aforar a 1 L de agua destilada. Esterilizar en autoclave a  $121^\circ C$ , durante 15 minutos y almacenar en refrigeración (entre 2 y  $4^\circ C$ ). La solución es estable durante meses. Desechar cuando se observe turbiedad.

#### 6.1.6 Solución madre de tampón B:

Fórmula

Cloruro de magnesio ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )	8,10 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver el cloruro de sodio de magnesio en 500 ml de agua destilada y aforar a 1 000 ml con agua destilada, posteriormente esterilizar en autoclave a  $121^\circ C$  durante 15 minutos. Almacenar en refrigeración (entre 2 y  $4^\circ C$ ). La solución es estable durante meses, desechar cuando haya turbiedad.

Solución tampón de fosfatos (agua de dilución).

6.1.7 Adicionar 1,25 ml de la solución madre de tampón A y 5 ml de la solución madre de tampón B y aforar a 1 L con agua destilada. Distribuir volúmenes de 9,2 ml y 36 ml en tubos de rosca y frascos con tapa de cierre hermético, respectivamente. Esterilizar en autoclave a  $121^\circ C$ , durante 15 minutos y almacenar a temperatura ambiente.

#### 6.1.8 Solución de hidróxido de sodio 0,1 N

Fórmula

Hidróxido de sodio (NaOH)	04,00 g
Agua recién destilada	1 000,00 ml

Preparación

Pesar 4,0 g de hidróxido de sodio y disolver en 1 000 ml de agua recién destilada y libre de  $CO_2$  para abatir la carbonatación de la solución. Almacenar en frasco con tapón de rosca.

#### 6.1.9 Solución de hidróxido de sodio 1 N

Fórmula

Hidróxido de sodio (NaOH)	40,00 g
Agua recién destilada	1 000,00 ml

Preparación

Pesar 40 g de hidróxido de sodio y disolver en 1 000 ml de agua recién destilada y libre de CO<sub>2</sub> para abatir la carbonatación de la solución. Almacenar en frasco con tapón de rosca.

### **6.2 Calibración de aparatos**

Todos los equipos utilizados deben ser calibrados o ajustados de acuerdo a las especificaciones del fabricante o bien contra equipos certificados.

### **6.3 Seguridad**

Durante el procesado de la muestra se debe utilizar guantes de látex y cubrebocas, para evitar cualquier riesgo de infección.

Se debe lavar y desinfectar el área de trabajo, así como el material utilizado por el analista, antes y después del ensayo.

### **6.4 Manejo de residuos**

Todos los residuos de la muestra analizada y sobrantes serán esterilizados en autoclave antes de su desecho.

### **6.5 Preparación de la muestra**

- a) Suspender X g de materia fresca que correspondan a 4 g de sólidos totales en 36 ml de agua de dilución y así obtener una dilución de 10<sup>-1</sup>.
- b) Mezclar durante 2 o 3 minutos, con ayuda de una parrilla de agitación, a velocidad baja (800 r/min), hasta la completa disolución.

### **6.6 Preparación de diluciones**

Por el origen de las muestras se requieren inóculos menores a 1 ml, utilizando diluciones seriadas de submúltiplos de 10.

- a) Se preparan diluciones decimales seriadas a partir del homogeneizado resultante (10<sup>-1</sup>) lo antes posible, reduciendo al mínimo la sedimentación. Transferir 1 ml en 9 ml de agua de dilución (10<sup>-2</sup>) y así sucesivamente hasta obtener la dilución deseada.
- b) Cada dilución debe ser homogeneizada perfectamente agitando 25 veces en 7 segundos, haciendo un arco con la muñeca de 30 cm de arriba abajo o con un sistema de agitación que proporcione resultados equivalentes. Es importante efectuar la agitación siempre de la misma manera, para obtener resultados comparables.
- c) Se debe utilizar una pipeta estéril diferente, para cada una de las diluciones decimales subsecuentes. Para aforar el líquido de la pipeta, deberá aplicarse la punta de ésta en el interior del cuello manteniéndola en posición vertical, inclinando el tubo. Nunca se debe introducir, a la muestra, más de la tercera parte de la pipeta.
- d) Si una muestra o un lote de muestras va a ser analizado por primera vez, utilizar al menos cuatro series de tres (o cinco) tubos cada una, posteriormente tres series de tres tubos serán suficientes.

### **6.7 Determinación de coliformes fecales**

#### **6.7.1 Prueba directa (medio A-1)**

La prueba directa del medio líquido A-1 es un método de un solo paso que no requiere confirmación. Sin embargo, su uso representa un mayor costo ya que este medio no se encuentra en forma deshidratada, siendo necesario prepararlo a partir de sus ingredientes básicos.

- a) Adicionar por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones preparadas en tubos conteniendo líquido A-1 correctamente etiquetados. Incubar durante 3 horas a 35 ± 0,5°C.
- b) Una vez transcurrido el tiempo los tubos se transfieren a un baño de agua a una temperatura de 44,5 ± 0,2°C y se incuban durante otras 21 ± 2 horas.
- c) La presencia de gas en cualquier cultivo en medio A-1 a las 24 horas o menos de incubación es una reacción positiva que indica la existencia de coliformes de origen fecal.

#### **6.7.2 Prueba indirecta**

#### 6.7.2.1 Prueba presuntiva (caldo lauril-triptosa o caldo lactosado)

- a) Transferir 1 ml de las diluciones seleccionadas a cada una de las series de tubos correspondientes conteniendo el caldo lauril o caldo lactosado e incubar a  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .
- b) Examinar cada tubo a las  $24 \pm 2$  horas. La acidificación, con o sin producción de gas (cambio de coloración de púrpura a amarillo), a partir de la fermentación de la lactosa en el medio de cultivo, indica una prueba presuntiva positiva de la presencia de bacterias del grupo coliforme. En caso contrario reincubar durante otras 24 horas más.
- c) La acidificación del medio, con o sin formación de gas dentro de las  $48 \pm 3$  horas, constituye una prueba presuntiva positiva. Cuando no existe acidificación del medio, constituye una prueba presuntiva negativa.

#### 6.7.2.2 Prueba confirmativa (medio EC)

- a) Los tubos positivos de la prueba presuntiva se resiembran por triple asada (esterilizada a la flama del mechero y enfriada) en tubos de fermentación que contengan caldo EC e incubados a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  en baño de agua.
- b) Examinar cada tubo a las  $24 \pm 2$  horas.
- c) El resultado será positivo cuando haya producción de gas a partir de la fermentación de la lactosa contenida en el medio EC. Los tubos sin formación de gas se desechan.

### 7. Cálculos

7.1. El NMP de coliformes fecales se obtiene a partir del código compuesto por los tubos con resultado positivo en el medio EC o en A-1. Si se inoculan tres series de tres tubos y se utilizan volúmenes decimales diferentes a los indicados en la tabla, se obtienen el código formado por el número de tubos con resultados positivos en las tres series consecutivas, verificando el valor del NMP correspondiente, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{NMP} = (\text{NMP de tablas}) \times (10/\text{mayor volumen inoculado}) \quad (1)$$

Por ejemplo: en medio EC se obtuvo el código 3/3 para la serie de la dilución 0,01; 2/3 para la serie de la dilución 0,001 y 1/3 para la serie de la dilución 0,0001.

7.2 El código es de 3, 2, 1; el índice de coliformes en tabla es de 150, por lo que el resultado es:

$$\text{NMP/g ST} = (150) \times (10/0,01) = 150\ 000 \quad (2)$$

$$\text{NMP/g ST} = 1,5 \times 10^5 \text{ coliformes fecales} \quad (3)$$

7.3 Cuando se inoculan más de tres volúmenes decimales, para la composición del código se utilizan los resultados positivos correspondientes a tres series consecutivas inoculadas.

7.4 En ocasiones algunos de los posibles resultados de tubos múltiples son omitidos de las tablas del NMP. Así los códigos como 0-0-3, 0-0-4 y 0-0-5 junto con muchos otros, no están incluidos. Ello se debe a que la probabilidad de su ocurrencia es muy baja. Si en un laboratorio dichos resultados improbables aparecen con una frecuencia mayor de 1%, es posible que se deban a procedimientos equivocados en el mismo, por lo que deben ser revisados. Cuando el código del NMP no aparezca en tablas, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{NMP} = (\text{Número de tubos positivos} \times 100) \sqrt{[(\text{ml muestra tubos neg.}) \times (\text{ml muestra total})]} \quad (4)$$

La frecuencia de obtención de resultados que no se encuentren en las tablas debe ser baja (<1%), de otra forma se tendrá que revisar y confirmar el procedimiento de la prueba.

### 8. Expresión de resultados

8.1. La densidad de los coliformes fecales se expresa como NMP de coliformes por g de materia seca o ST, el cual se obtiene a partir de tablas ya establecidas, las cuales incluyen los límites de confianza al 95% para cada una de las combinaciones de tres (o cinco) series de tubos positivos posibles. Para su utilización se proporcionan códigos formados por tres algoritmos correspondientes al número de tubos con resultados positivos en tres series consecutivas.

#### 8.2. Interferencias

La posible presencia de otras bacterias que producen ácido a partir de lactosa, lo que se elimina en la prueba confirmativa a la temperatura de  $44,5^{\circ}\text{C}$

Es importante que los tubos de Durham colocados en los tubos de fermentación, una vez preparados y esterilizados, no presenten aire en su interior. En caso contrario se pueden obtener resultados positivos falsos.

### **9. Informe de prueba**

El informe de prueba incluye especificar los siguientes puntos:

- a) Todos los datos necesarios para la identificación completa de la muestra;
- b) Los resultados, expresados de acuerdo con lo establecido en el inciso 8, y
- c) Cualquier suceso particular observado durante el curso del análisis, así como cualquier operación no especificada en el método, o considerada opcional, que pueda haber influido en los resultados.

## **ANEXO III**

### **METODO PARA LA CUANTIFICACION DE *Salmonella* EN LODOS**

1. El presente método establece la técnica para llevar a cabo la cuantificación de *Salmonella* mediante la técnica de tubos múltiples o número más probable (NMP) en lodos, con el fin de evaluar su calidad y la eficiencia de los tratamientos de los mismos.

Este método es aplicable para la evaluación de la calidad de los lodos residuales, lodos estabilizados y azolves.

#### **2. Principio**

Este método de análisis se basa en los siguientes principios:

**2.1** A partir de un enriquecimiento con medios selectivos, que contienen sustancias inhibitoras, se favorece la multiplicación de *Salmonella*, reconstituyendo a su vez la vitalidad de las células dañadas y, de igual forma, impidiendo el desarrollo de bacterias coliformes asociadas.

**2.2** Una vez realizada la selección, las bacterias presentes en una muestra pueden ser separadas por agitación, dando por resultado una suspensión de células bacterianas, uniformemente distribuidas, a través de diluciones sucesivas de la muestra.

**2.3** La aplicación de pruebas bioquímicas que permiten conocer el perfil bioquímico de las cepas en estudio para compararlo, con el que generalmente exhiben las cepas del género *Salmonella*.

#### **3. Muestreo, preparación y acondicionamiento de la muestra**

El muestreo constituye una parte integral y fundamental de cualquier programa de evaluación de calidad de lodo, por lo cual, éste deberá efectuarse de acuerdo a la NMX-AA-003-1980 y NMX-BB-014-1973 referidas en el punto 2 de esta Norma.

**3.1** La muestra deberá ser tomada en frascos de 500 ml de capacidad, de boca ancha y previamente esterilizados.

**3.2** Las muestras serán colocadas en hieleras con bolsas refrigerantes o hielo tan pronto como sea posible.

**3.3** Los tiempos de conservación en refrigeración y transporte deben reducirse al mínimo.

**3.4** A la muestra, antes de ser procesada, se le determinará el contenido de sólidos totales (ST) en por ciento en peso y posteriormente se obtendrá el peso en fresco que corresponda a 4 g de ST.

**3.5** A partir de su toma y hasta antes de ser procesada, la muestra debe estar en refrigeración y no transcurrir más de 48 horas.

#### **4. Reactivos y materiales**

##### **4.1 Reactivos**

**4.1.1** Agar Hierro Lisina (LIA).

**4.1.2** Agar Sulfito de Bismuto.

**4.1.3** Agar Triple Azúcar Hierro (TSI).

**4.1.4** Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD).

**4.1.5** Alcohol etílico.

**4.1.6** Caldo de Selenito Cistina.

- 4.1.7 Caldo de Tetrionato.
- 4.1.8 Cloruro de magnesio.
- 4.1.9 Cristales de yodo.
- 4.1.10 Fosfato monopotásico.
- 4.1.11 Solución de hidróxido de sodio 0,1 N.
- 4.1.12 Solución de hidróxido de sodio 1 N.
- 4.1.13 Solución tampón de fosfatos (agua de dilución).
- 4.1.14 Verde brillante.
- 4.1.15 Yoduro de potasio.

## **4.2 Materiales**

- 4.2.1 Barras magnéticas.
- 4.2.2 Bulbo de goma.
- 4.2.3 Cajas Petri estériles (100 x 15 mm).
- 4.2.4 Espátula.
- 4.2.5 Frascos de 100 ml de capacidad con tapa de cierre hermético y capacidad de esterilizado en autoclave.
- 4.2.6 Frascos de 1 L de capacidad con tapa de cierre hermética.
- 4.2.7 Gradillas y canastillas de acero inoxidable matraces Erlenmeyer de vidrio, de 1 y 2 L de capacidad.
- 4.2.8 Guantes de látex.
- 4.2.9 Matraz aforado de 1 L.
- 4.2.10 Mechero de Bunsen, lámpara de alcohol o similar.
- 4.2.11 Pipetas graduadas de vidrio de 1, 5 y 10 ml.
- 4.2.12 Portapipeteros de acero inoxidable.
- 4.2.13 Tapabocas.
- 4.2.14 Tapones de acero inoxidable para tubos de ensayo (18 mm x 180 mm, 16 mm x 150 mm o 12 mm x 120 mm).
- 4.2.15 Tubos de ensayo (18 mm x 180 mm, 16 mm x 150 mm o de 12 mm x 120 mm).
- 4.2.16 Tubos de rosca (13 mm x 100 mm).

## **5. Aparatos e instrumentos**

- 5.1 Autoclave a una presión de 1,05 kg/cm<sup>2</sup>, y una temperatura de 121°C.
- 5.2 Balanza analítica con intervalo de medición de 0,000 1 a 10,00 g.
- 5.3 Balanza granataria con intervalo de medición de 0,1 a 100 g.
- 5.4 Baño de agua (con agitación) con capacidad para operar a una temperatura de 44,5°C ± 0,2°C.
- 5.5 Estufa u horno con capacidad para operar a una temperatura de 180 ± 10°C.
- 5.6 Incubadora con capacidad para operar a una temperatura de 37°C ± 0,2°C.
- 5.7 Incubadora con capacidad para operar a una temperatura de 41°C ± 0,2°C.
- 5.8 Parrilla con agitación y calentamiento.
- 5.9 Potenciómetro con intervalo de medición de 6,5 a 7,5 ± 0,2 pH.
- 5.10 Refrigerador con capacidad para operar entre 2 y 4°C ± 0,5°C.

## **6. Procedimiento**

Los siguientes puntos describen la secuencia del método de prueba, el cual debe realizarse conforme a lo descrito, con el fin de minimizar sesgos en los datos obtenidos.

#### **6.1 Preparación de medios de cultivo y soluciones.**

##### **6.1.1 Caldo tetrionato**

###### Fórmula

Proteosa peptona o triptona	05,00 g
Sales biliares	01,00 g
Carbonato de calcio	10,00 g
Tiosulfato de sodio	30,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver los ingredientes o 16 g del medio, que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en agua destilada y calentar hasta ebullición, posteriormente distribuir en volúmenes de 100 ml en recipientes estériles y conservar entre 5 y 8°C. Antes de usar el medio, agregar 2 ml de solución de yodo yoduro y 1 ml de solución de verde brillante 1:1 000 por cada 100 ml de caldo, a cada recipiente.

Una vez que la solución de yodo yoduro ha sido adicionada al medio, éste deberá ser utilizado de forma inmediata. Nunca se debe volver a calentar.

##### **6.1.2 Caldo selenito cistina**

###### Fórmula

Triptona o polipeptona	05,00 g
Lactosa	04,00 g
Fosfato disódico	10,00 g
Selenito ácido de sodio	04,00 g
L- Cistina	00,01 g
Agua destilada	1 000,00 ml

###### Preparación:

Disolver los ingredientes o 23 g del medio, que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en agua destilada. Calentar hasta ebullición durante 10 minutos en un baño de agua y distribuir en volúmenes

de 10 ml en tubos de ensayo, para esterilizar 10 minutos por arrastre de vapor. Verificar que el pH sea de  $7,0 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustar con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

El medio se debe utilizar el mismo día de su preparación.

##### **6.1.3 Agar sulfito de bismuto**

###### Fórmula

Extracto de carne de res	05,00 g
Peptona	10,00 g
Glucosa	05,00 g
Fosfato disódico (anhidro)	04,00 g
Sulfato ferroso (anhidro)	00,30 g
Sulfito de bismuto	08,00 g
Verde brillante	00,025 g

Agar	20,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Suspender los ingredientes o 52 g del medio, que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en 1 L de agua destilada, calentar hasta su disolución completa, agitando frecuentemente. Verificar que el pH sea de  $7,6 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustarlo con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Enfriar a  $60^{\circ}\text{C}$  y distribuir en cajas de Petri estériles.

El medio no debe esterilizarse en autoclave, el sobrecalentamiento afecta su selectividad.

#### 6.1.4 Agar xilosa lisina desoxicolato (XLD)

Fórmula

Xilosa	03,75 g
L Lisina	05,00 g
Lactosa	07,50 g
Sacarosa	07,50 g
Cloruro de sodio	05,00 g
Extracto de levadura	03,00 g
Rojo de fenol	00,08 g
Agar	15,00 g
Tiosulfato de sodio	06,80 g
Desoxicolato de sodio	02,50 g
Citrato de hierro y amonio	00,80 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Suspender los ingredientes o 52 g del medio, que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en 1 L de agua destilada. Agitar frecuentemente y dejar que hierva durante 1 minuto, evitar un sobrecalentamiento, si bien, su reacción puede ser satisfactoria, las colonias tienden a ser muy pequeñas. El medio nunca se debe esterilizar en autoclave.

Verificar que el pH sea de  $6,9 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustarlo con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Enfriar a no menos de  $50^{\circ}\text{C}$  pero abajo de  $60^{\circ}\text{C}$  y vaciar en cajas Petri estériles.

#### 6.1.5 Agar verde brillante (VB)

Fórmula

Extracto de levadura	03,00 g
Proteosa peptona número 3	
polipeptona	10,00 g
Cloruro de sodio	05,00 g
Lactosa	10,00 g
Sacarosa	10,00 g
Rojo de fenol	00,08 g
Verde Brillante	00,012 5 g
Agar	20,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Preparación

Suspender los ingredientes o lo indicado por el medio, que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en 1 L de agua destilada, mezclar bien y calentar hasta ebullición. Verificar que el pH sea de  $6,9 \pm 0,1$  en caso contrario ajustarlo con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

Esterilizar en autoclave a  $121^{\circ}\text{C}$  por 12 minutos, cualquier sobrecalentamiento del medio disminuye su selectividad. Enfriar a no menos de  $50^{\circ}\text{C}$  pero debajo de  $60^{\circ}\text{C}$  y distribuir en cajas de Petri estériles.

### 6.1.6 Agar S.S.

#### Fórmula

Extracto de carne	05,00 g
*Polipeptona	05,00 g
Lactosa	10,00 g
Sales biliares	08,50 g
Citrato de sodio	08,50 g
Tiosulfato de sodio	08,05 g
Citrato férrico	01,00 g
Agar	13,50 g
Verde brillante	
Solución al 0,1%	00,33 g
Rojo neutro	00,25 g
Agua destilada	1 000,00 ml

\* La polipeptona se puede sustituir por 2,5 gramos de peptona de caseína y 2,5 gramos de peptona de carne.

Suspender los ingredientes o 60 g del medio que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en 1 L de agua destilada y calentar a ebullición hasta disolución completa. No esterilizar en autoclave. Posteriormente verificar que el pH sea de  $7,0 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustarlo con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

Enfriar a no menos de 50°C pero debajo de 60°C y distribuir en cajas Petri estériles.

### 6.1.7 Agar nutritivo\*\*

#### Fórmula

Extracto de carne	03,00 g
Peptona	05,00 g
Agar	15,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

\*\* Se puede sustituir por agar infusión cerebro-corazón o similar

Suspender los ingredientes en agua, dejar reposar entre 5 y 10 minutos, calentar a ebullición hasta su completa disolución, para posteriormente verificar que el pH sea de  $6,8 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustarlo con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N y esterilizar a 121°C por 15 minutos. Dejar enfriar a no menos de 50°C y debajo de 60°C y distribuir en cajas Petri estériles.

### 6.1.8 Agar triple azúcar hierro (TSI)

#### Fórmula

Polipeptona	20,00 g
Cloruro de sodio	05,00 g
Lactosa	10,00 g
Sacarosa	10,00 g
Glucosa	01,00 g
Sulfato ferroso amónico	00,20 g
Tiosulfato de sodio	00,20 g
Rojo de fenol	00,025 g
Agar	13,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Suspender los ingredientes o 65 g del medio, que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en 1 L de agua destilada; mezclar perfectamente y calentar a ebullición, agitando ocasionalmente hasta su completa disolución. Verificar que el pH sea de  $6,9 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustarlo con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

Enfriar a  $60^{\circ}\text{C}$  y distribuir en volúmenes de 4 ml en tubos de rosca y esterilizar a  $121^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos. Los tubos se inclinan, de manera que el medio de cultivo en el fondo alcance una altura de 3 cm y una parte inclinada de 2 a 3 cm.

#### 6.1.9 Agar hierro lisina (LIA)

Fórmula

Peptona o gelisato	05,00 g
Extracto de levadura	03,00 g
Glucosa	01,00 g
L Lisina	10,00 g
Citrato férrico amónico	00,50 g
Tiosulfato de sodio	00,04 g
Púrpura de bromocresol	00,02 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Suspender los componentes o según indicaciones del medio que se encuentra en forma deshidratada en el mercado, en 1 L de agua destilada, y calentar hasta ebullición con agitación frecuente. Verificar que el pH sea de  $6,7 \pm 0,2$ , en caso contrario ajustar con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

Enfriar a no menos de  $50^{\circ}\text{C}$  pero debajo de  $60^{\circ}\text{C}$  y distribuir en volúmenes de 4 ml en tubos de rosca, para esterilizar en presión a  $121^{\circ}\text{C}$  por 12 minutos. Posteriormente dejar enfriar los tubos en posición inclinada, de tal modo que se obtengan columnas de medio de 3 cm y una parte inclinada de 2 cm.

#### 6.1.10 Solución madre de tampón A:

Fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	34,00 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver el fosfato monopotásico en 500 ml de agua destilada, ajustar el pH a  $7,2 \pm 0,2$  con la solución de hidróxido de sodio 1 N y aforar a 1 000 ml con agua destilada y esterilizar en autoclave a una presión de  $1,05 \text{ kg/cm}^2$  y una temperatura de  $121^{\circ}\text{C}$ , durante 15 minutos. Almacenar en refrigeración entre  $2$  y  $4^{\circ}\text{C}$ . La solución es estable durante meses, pero se debe desechar cuando se observe turbiedad.

#### 6.1.11 Solución madre de tampón B:

Cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )	81,10 g
Agua destilada	1 000,00 ml

Disolver el cloruro de sodio de magnesio en 500 ml de agua destilada y aforar a 1 000 ml con agua destilada y esterilizar a  $121^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos. Almacenar en refrigeración entre  $2$  y  $4^{\circ}\text{C}$ . La solución es estable durante meses, pero se debe desechar cuando se observe turbiedad.

#### 6.1.12 Solución tampón de fosfatos (agua de dilución)

Adicionar 1,25 ml de la solución patrón A y 5 ml de la solución patrón B y aforar a 1 L con agua destilada, para distribuir volúmenes de 9,2 ml y 36 ml en tubos de rosca y frascos con tapa de cierre hermético, respectivamente, y esterilizar en autoclave a una presión de  $1,05 \text{ kg/cm}^2$  y una temperatura de  $121^{\circ}\text{C}$ , durante 15 minutos. Almacenar a temperatura ambiente.

#### 6.1.13 Solución de hidróxido de sodio 0,1 N

Fórmula

Hidróxido de sodio (NaOH)	04,00 g
---------------------------	---------

Agua recién destilada 1 000,00 ml

#### Preparación

Pesar 4,0 gramos de hidróxido de sodio y disolver en 1 000 ml de agua recién destilada y libre de CO<sub>2</sub> para abatir la carbonatación de la solución y almacenar en frasco con tapón de rosca.

#### 6.1.14 Solución de hidróxido de sodio 1 N

##### Fórmula

Hidróxido de sodio (NaOH) 40,00 g

Agua recién destilada 1 000,00 ml

#### Preparación

Pesar 40,0 gramos de hidróxido de sodio y disolver en 1 000 ml de agua recién destilada y libre de CO<sub>2</sub> para abatir la carbonatación de la solución, almacenar en frasco con tapón de rosca.

#### 6.1.15 Solución de yodo yoduro

##### Fórmula

Cristales de yodo 06,00 g

Yoduro de potasio 06,00 g

Agua destilada 20,00 ml

Disolver el yoduro de potasio en el agua destilada y agregar lentamente los cristales de yodo hasta su completa disolución y almacenar en oscuridad.

#### 6.2 Calibración de aparatos

Todos los equipos utilizados deben ser calibrados o ajustados de acuerdo a las especificaciones del fabricante o bien contra equipos certificados.

#### 6.3 Seguridad

Durante el procesado de la muestra se debe utilizar guantes de látex y cubrebocas, para evitar cualquier riesgo de infección.

Se debe lavar y desinfectar el área de trabajo, así como el material utilizado por el analista, antes y después del ensayo.

#### 6.4 Manejo de residuos

Todos los residuos de la muestra analizada y sobrantes serán esterilizados en autoclave antes de su desecho.

#### 6.5 Preparación de la muestra

- a) Suspender X gramos de materia fresca que correspondan a 4 gramos de sólidos totales en 36 ml de agua de dilución y así obtener una dilución de 10<sup>-1</sup>.
- b) Mezclar durante 2 o 3 minutos, con ayuda de una parrilla de agitación, a velocidad baja (800 r/min), hasta la completa disolución.

#### 6.6 Enriquecimiento

- a) Suspender X g de materia fresca que correspondan a 4 g de sólidos totales en 36 ml de caldo de tetrionato, obteniendo una dilución de 10<sup>-1</sup>.
- b) Mezclar durante 2 o 3 minutos, con la ayuda de una parrilla de agitación, a baja velocidad (800 r/min) hasta la completa disolución.
- c) Incubar durante 22 ± 2 horas a 37°C ± 0,2°C

#### 6.7 Preparación de diluciones

- a) Una vez transcurrido el tiempo de incubación, preparar las diluciones decimales seriadas transfiriendo 1 ml de caldo de tetrionato en 9 ml de agua de dilución (10<sup>-2</sup>) y así sucesivamente hasta obtener la dilución deseada.
- b) En cada dilución se debe homogeneizar perfectamente agitando 25 veces en 7 segundos, haciendo un arco con la muñeca de 30 cm de arriba a abajo o con un sistema de agitación que

proporcione resultados equivalentes. Es importante efectuar la agitación siempre de la misma manera, para obtener resultados comparables y utilizar una pipeta estéril diferente, para cada una de las diluciones decimales subsecuentes.

- c) Adicionar por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones preparadas en tubos conteniendo caldo selenito cistina correctamente etiquetados. Para aforar el líquido de la pipeta, deberá aplicarse la punta de ésta en el interior del cuello manteniéndola en posición vertical, inclinando el tubo. Nunca se debe introducir en la muestra, más de la tercera parte de la pipeta.
- d) Incubar durante  $24 \pm 2$  horas a  $41^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- e) Realizar la observación del virado de coloración, considerando un color anaranjado intenso como positivo de la prueba correspondiente.

#### 6.8 Aislamiento e identificación bioquímica de *Salmonella*

- a) El aislamiento y la identificación no son indispensables para la cuantificación de *Salmonella*, pero son necesarios como control para el laboratorio de que las bacterias fueron correctamente identificadas.
- b) A partir de un cierto número de tubos positivos (con virado anaranjado), con la ayuda de un asa, sembrar por estría para obtener colonias aisladas sobre la superficie de placas de alguno de los medios diferenciales selectivos. Los medios utilizados pueden ser agar verde brillante, agar sulfito de bismuto, agar XLD, agar SS.
- c) Incubar a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- d) Observar los cultivos para identificar las colonias sospechosas para *Salmonella* como sigue:
  - agar verde brillante: colonias rojas o rosas rodeadas del medio rojo.
  - agar bismuto de sulfito: colonias negras con o sin brillo metálico, rodeadas de un halo café que posteriormente se transforma en negro.
  - agar XLD: colonias rojas, generalmente presentan el centro negro.
  - agar SS: colonias translúcidas, transparentes u opacas y algunas veces con centro negro.
- e) Para la identificación bioquímica se seleccionan al menos 2 colonias típicas sospechosas de cada placa, que se encuentren bien aisladas.
- f) Tocar con un asa recta cada colonia e inocular por estría en una placa conteniendo agar nutritivo (u otro medio similar). Incubar a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
- g) A partir de colonias perfectamente aisladas inocular 2 tubos, uno con agar triple azúcar y hierro (TSI) y otro con agar hierro lisina (LIA), por estría en la superficie inclinada y por picadura en el fondo. Incubar a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- h) Observar el crecimiento en los tubos y considerar positivas las colonias que den las siguientes reacciones:
  - agar TSI: en el fondo del tubo se observa virado color amarillo debido a la fermentación de la glucosa, en la superficie del medio se intensifica el color rojo. En la mayoría de los casos se observa coloración negra a lo largo de la picadura, debido a la producción de  $\text{H}_2\text{S}$ .
  - agar LIA: se observa coloración púrpura en todo el tubo, en ocasiones se observa la producción de  $\text{H}_2\text{S}$ , con ennegrecimiento a lo largo de la picadura.
- i) Existen pruebas alternas cualitativas, aunque de mayor costo, que pueden ser empleadas como es el caso de la prueba miniaturizada API-20E y la confirmación serológica que permiten identificar la especie y el serotipo respectivamente.
- j) Si el laboratorio lo prefiere es factible utilizar el caldo de selenito cistina como medio de enriquecimiento y el caldo de tetrionato como medio selectivo.

### 7. Cálculos

7.1 El NMP de *Salmonella* se obtiene a partir del código compuesto por los tubos con resultado positivo en el caldo de selenito cistina. Si se inoculan tres series de tres tubos y se utilizan volúmenes decimales diferentes a los indicados en tablas, se obtienen el código formado por el número de tubos con resultados positivos en las tres series consecutivas, verificando el valor del NMP correspondiente, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{NMP} = (\text{NMP de tablas}) \times (10/\text{mayor volumen inoculado}) \quad (1)$$

Por ejemplo: en medio selenito cistina se obtuvo el código 3/3 para la serie de la dilución 0,1; 2/3 para la serie de la dilución 0,01 y 1/3 para la serie de la dilución 0,001.

El código es de 3, 2, 1 al consultar en las tablas obtenemos un valor de 150, el resultado es:

NMP/g ST=	(150) X (10/0,1)= 15 000	(2)
-----------	--------------------------	-----

NMP/g ST=	1,5 x 10 <sup>4</sup> <i>Salmonella</i>	(3)
-----------	---	-----

**7.2** Cuando se inoculan más de tres volúmenes decimales, para la composición del código se utilizan los resultados positivos correspondientes a tres series consecutivas inoculadas.

**7.3** En ocasiones algunos de los posibles resultados de tubos múltiples son omitidos de las tablas del NMP. Así los códigos como 0-0-3, 0-0-4 y 0-0-5 junto con muchos otros, no están incluidos. Ello se debe a que la probabilidad de su ocurrencia es muy baja. Si en un laboratorio dichos resultados improbables aparecen con una frecuencia mayor de 1%, es posible que se deban a procedimientos equivocados en el mismo, por lo que deben ser revisados. Cuando el código del NMP no parezca en tablas, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{NMP} = (\text{Número de tubos positivos} \times 100) / \sqrt{[(\text{mL muestra tubos neg.}) \times (\text{mL muestra total})]} \quad (4)$$

La frecuencia de obtención de resultados que no se encuentren en las tablas debe ser baja (menor 1%), de otra forma se tendrá que revisar y confirmar el procedimiento de la prueba.

## 8. Expresión de resultados

**8.1** La densidad de *Salmonella* se expresa como NMP de coliformes por g de materia seca o ST, el cual se obtiene a partir de tablas ya establecidas, las cuales incluyen los límites de confianza al 95% para cada una de las combinaciones de tres (o cinco) series de tubos positivos posibles.

**8.2** Para su utilización se proporcionan códigos formados por tres algoritmos correspondientes al número de tubos con resultados positivos en tres series consecutivas.

## 9. Informe de prueba

El informe de prueba incluye especificar los siguientes puntos:

- Todos los datos necesarios para la identificación completa de la muestra.
- Los resultados, expresados de acuerdo con lo establecido en el inciso 8.
- Cualquier suceso particular observado durante el curso del análisis, así como cualquier operación no especificada en el método, o considerada opcional, que pueda haber influido en los resultados.

## ANEXO IV

### METODO PARA LA CUANTIFICACION DE HUEVOS DE HELMINTO EN LODOS

1. El presente método tiene por objeto establecer la técnica para la detección, enumeración, determinación y de la viabilidad, en caso requerido, de huevos de helminto en muestras de lodo crudo y estabilizado, azolves y descargas de fosas sépticas, con el fin de evaluar la calidad de estos subproductos y la eficiencia de los sistemas de tratamiento a los que están sujetos.

Este método es aplicable para la evaluación de muestras de suelo, de lodo provenientes del desazolve, de los sistemas de alcantarillado urbano y municipal, de las plantas potabilizadoras y del tratamiento de las aguas residuales.

#### 2. Principio

La prueba se basa en el siguiente principio:

**2.1.** Por medio de lavados continuos, combinados con diversas etapas de filtración y flotación se logra la separación de los huevos de helminto del resto de las partículas de mayor y menor tamaño, así como su concentración.

**2.2.** Permite, en caso de ser requerido, determinar la viabilidad de los huevos de helminto y con ello confirmar la calidad de diversos procesos de estabilización en lodos.

#### 3. Muestreo, preparación y acondicionamiento de la muestra

El muestreo constituye una parte integral y fundamental de cualquier programa de evaluación de calidad del lodo, por lo cual, éste deberá efectuarse de acuerdo con la NMX-AA-003-1980 y NMX-BB-014-1973 referidas en el punto 2 de esta Norma.

**3.1** Preparar recipientes de plástico inerte de 100 a 500 ml, de boca ancha y de cierre hermético, previamente desinfectados con cloro comercial, lavados con agua potable a chorro y enjuagados con agua destilada.

**3.2** A la muestra, antes de ser procesada, se le determinará el contenido de sólidos totales (ST) en por ciento en peso para, posteriormente, tomar en los recipientes el peso en fresco (X) que corresponda a 2 g de ST, para todo tipo de lodos.

**3.3** Mantener la muestra a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  hasta su llegada al laboratorio.

**3.4** A partir de su toma y hasta antes de ser procesada, la muestra debe estar en refrigeración hasta su análisis.

#### **4. Reactivos y materiales**

##### **4.1 Reactivos**

**4.1.1** Acetato de etilo ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCOOCH}_3$ ) (opcional).

**4.1.2** Acetato de sodio trihidratado ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) (opcional).

**4.1.3** Acido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) (opcional).

**4.1.4** Acido sulfúrico 0,1 N ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

**4.1.5** Alcohol etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ).

**4.1.6** Agua destilada.

**4.1.7** Eter etílico.

**4.1.8** Hipoclorito de sodio 10% ( $\text{NaClO}$ ).

**4.1.9** Formaldehído 37% (opcional).

**4.1.10** Sulfato de zinc heptahidratado ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).

**4.1.11** Tween 80 al 0,1%.

##### **4.2 Materiales**

**4.2.1** Agitadores de plástico o espátula de teflón.

**4.2.2** Barras magnéticas.

**4.2.3** Bulbo de goma.

**4.2.4** Embudo de plástico con diámetro de 20 cm.

**4.2.5** Espátula.

**4.2.6** Gradillas para tubos de centrífuga 50 ml.

**4.2.7** Guantes de látex.

**4.2.8** Manguera para conexión de matraz.

**4.2.9** Matraces aforados Erlenmeyer de 1 L de capacidad.

**4.2.10** Matraz Kitazato de 4 L.

**4.2.11** Pipetas de 10 ml de plástico.

**4.2.12** Pizeta de plástico de 1 L.

**4.2.13** Probetas graduadas de 10 ml, 50 ml y de 1 L.

**4.2.14** Recipientes de cierre hermético de 1 a 3 L de capacidad.

**4.2.15** Recipientes de plástico inerte con paredes internas lisas de 3 L de capacidad.

**4.2.16** Recipientes de plástico inerte, boca ancha, de 500 ml de capacidad y susceptibles de ser esterilizados en autoclave.

**4.2.17** Tamiz de 20  $\mu\text{m}$  (micras) de poro (opcional).

**4.2.18** Tamiz de 150 a 170  $\mu\text{m}$  (micras) de poro.

**4.2.19** Tapabocas.

**4.2.20** Tubos de centrífuga cónicos, de plástico 50 y 200 ml (o de mayor capacidad).

## **5. Aparatos y/o instrumentos**

**5.1** Agitador de tubos con control de velocidad y adaptable a tubos de diferentes tamaños.

**5.2** Autoclave capaz de operar a una presión de 1,05  $\text{kg}/\text{cm}^2$  y una temperatura de 121°C.

**5.3** Balanza granataria con intervalo de medición de 2,0 a 800  $\text{g} \pm 0,2 \text{ g}$ .

**5.4** Bomba de vacío con control de velocidad de succión.

**5.5** Cámara de Sedgwich-Rafter o disco Doncaster.

**5.6** Campana de extracción.

**5.7** Centrífuga, capaz de mantener los intervalos de operación de  $660 \pm 300 \text{ g}$ .

**5.8** Densímetro (hidrómetro), con intervalo de medición de 1,0 a 1,4  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

**5.9** Incubadora con capacidad para operar a una temperatura de  $26^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$ .

**5.10** Licuadora con contenedor de plástico inerte, paredes lisas y con capacidad de 2 L.

**5.11** Mascarilla antigas con carbón activado o similar.

**5.12** Microscopio óptico equipado para hacer iluminación (Köhler), campo claro, con objetivos de 10 a 100 X, y platina móvil removible.

**5.13** Parrilla con agitación magnética.

**5.14** Potenciómetro con intervalo de medición de 0 a 14 y  $\pm 0,2$  unidades de precisión.

**5.15** Refrigerador con capacidad para operar a una temperatura de  $4^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$ .

## **6. Procedimiento**

### **6.1** Preparación de soluciones

Los siguientes puntos describen la secuencia del método de prueba, el cual debe realizarse conforme a lo descrito, con el fin de minimizar sesgos en los datos obtenidos.

**6.1.1** Solución ácido alcohol, homogeneizar 650 ml de ácido sulfúrico 0,1 N con 350 ml de alcohol etílico. Almacenar la solución en un recipiente hermético.

**6.1.2** Solución de formalina al 0,5%, añadir 5 ml de formaldehído al 37% y aforar a 1 000 ml con agua destilada. Homogeneizar y almacenar en recipiente hermético.

**6.1.3** Solución patrón de aceto-acético, agregar 15 g de acetato de sodio trihidratado, 3,6 ml de ácido acético y aforar a 1 000 ml de agua destilada. Homogeneizar y almacenar en frasco hermético durante 2 a 3 meses.

**6.1.4** Solución de sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) con gravedad específica de 1,3. Disolver 800 g de sulfato de zinc heptahidratado ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) en 1 000 ml de agua destilada, mezclar en la parrilla magnética hasta homogeneizar totalmente. Medir la densidad con el densímetro y, según sea el caso, ajustar la densidad a 1,3 agregando sulfato de zinc o agua destilada, según se requiera. Almacenar en recipiente hermético y verificar densidad cada mes.

**6.1.5** Tween 80 al 0,1%, añadir 1 ml del reactivo en 999 ml de agua destilada y homogeneizar en parrilla de agitación hasta su completa disolución. Almacenar en recipiente hermético durante 2 a 3 meses.

### **6.2** Calibración de aparatos

Todos los equipos deben ser calibrados o ajustados de acuerdo con las especificaciones del fabricante, o bien, contra equipos certificados.

### **6.3 Seguridad**

**6.3.1** Durante el procesado de la muestra se debe utilizar guantes de látex y cubreboca, para evitar cualquier riesgo de infección.

**6.3.2** Se debe lavar y desinfectar el área de trabajo, así como el material utilizado por el analista, antes y después del ensayo.

**6.3.3** La agitación de las soluciones con éter deberá realizarse en sitios ventilados o dentro de una campana de extracción, considerando su inflamabilidad. Evitar la inhalación, el contacto con los ojos, piel o ropa, ya que es un reactivo sumamente tóxico.

### **6.4 Manejo de residuos**

**6.4.1** Todos los residuos de la muestra analizada serán esterilizados en autoclave antes de su desecho.

**6.4.2** Aquel material que sea reutilizado, pero que no pueda ser esterilizado en autoclave deberá ser colocado en hipoclorito de sodio (10%), durante un día, antes de ser lavado.

### **6.5 Concentración y separación de los huevos de helminto**

La recuperación de los huevos de helminto de la muestra se realizará efectuando los siguientes pasos:

- a)** Por 1 minuto y con la ayuda de una licuadora homogeneizar el peso en fresco que corresponda a 2 g de ST. Utilizar para ello 200 ml de una solución de Tween 80 al 0,1%, integrando los enjuagues del recipiente que originalmente contenía la muestra.
- b)** Recuperar homogeneizado y enjuagues del vaso de la licuadora en un recipiente de plástico de 2 L, utilizar para ello 800 ml de la solución de Tween 80 al 0,1%.
- c)** Dejar sedimentar la muestra al menos durante 3 horas.
- d)** Aspirar el sobrenadante por vacío y filtrar el sedimento a través del tamiz de poro seleccionado (150 a 170  $\mu\text{m}$ ). Enjuagar recipiente y tamiz con 1 L de agua destilada, para lo cual se recomienda utilizar una pizeta. El filtrado y los enjuagues se recuperan en el recipiente de plástico de 2 L.
- e)** Dejar sedimentar al menos durante 3 horas.
- f)** Aspirar el sobrenadante por vacío y recuperar sedimento y enjuagues, con agua destilada, en un tubo de centrifuga de 200 ml o mayor capacidad.
- g)** Centrifugar a 660 g durante 5 minutos.
- h)** Aspirar el sobrenadante por vacío y desecharlo. Resuspender la pastilla en 150 ml de la solución de sulfato de zinc. Homogeneizar la pastilla con ayuda de un agitador de tubos y, sólo en caso de ser necesario, utilizar aplicadores de plástico o espátula de teflón para lograr su completa disolución.
- i)** Centrifugar a 660 g durante 5 minutos.
- j)** En caso de contar con un tamiz de 20  $\mu\text{m}$  de poro se recomienda efectuar un segundo filtrado, cuya finalidad es remover el detritus de menor tamaño y facilitar la lectura de los huevos de helminto en el sedimento final al microscopio. Para ello, filtrar el sobrenadante y recuperar la película que ha quedado retenida sobre la malla con el volumen de agua destilada que sea necesario (utilizar pizeta), en un tubo de 200 ml de centrifuga, desechar filtrado y pasar al inciso i. En caso contrario verter el sobrenadante en un recipiente de 2 L y romper la densidad con 1 L de agua destilada.
- k)** Sedimentar al menos durante 3 horas.
- l)** Una vez transcurrido el tiempo de sedimentación aspirar el sobrenadante por vacío y recuperar el sedimento resultante en un tubo de centrifuga de 200 ml o mayor capacidad, incluir los enjuagues del recipiente.
- m)** Centrifugar a 660 g durante 5 minutos.

- n) Aspirar el sobrenadante por vacío y resuspender el sedimento por agitación, con ayuda de un agitador de tubos (si es necesario, utilizar aplicadores). La solución resultante se recupera en un tubo cónico de centrifuga de 50 ml, incluyendo el agua destilada de enjuague.
- o) Centrifugar a 660 g durante 5 minutos.
- p) Aspirar el sobrenadante y con ayuda de un agitador de tubos resuspender la pastilla en 15 ml de la solución de alcohol-ácido (u opcionalmente, el patrón de aceto-acético) y, posteriormente, agregar 10 ml de éter (o acetato de etilo, que es menos tóxico). Agitar suavemente y, de vez en cuando, destapar para dejar escapar el gas que se desprenda. Por seguridad, realizar todo este proceso dentro de la campana de extracción (en el laboratorio) o con mascarilla de protección antigás (en campo).
- q) Centrifugar a 660 g durante 5 minutos.
- r) Aspirar el sobrenadante, hasta 2 mm por arriba de la parte cónica del tubo de 50 ml (aproximadamente 5 ml). Realizarlo bajo las mismas condiciones de seguridad (en el laboratorio) dentro de la campana de extracción o (en campo) con mascarilla de protección antigás.
- s) Efectuar un primer enjuague agregando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N (o formalina 0,5%).
- t) Centrifugar a 660 g durante 5 minutos.
- u) Aspirar el sobrenadante, dejando 5 ml y realizar un segundo enjuague agregando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N (o formalina 0,5%).
- v) Centrifugar a 660 g durante 5 minutos.
- w) Aspirar el sobrenadante dejando 5 ml del mismo.

#### 6.6 Determinación de viabilidad y lectura al microscopio

- a) Si no es necesario determinar la viabilidad, proceder a la cuantificación, en caso contrario, incubar el tubo con la muestra durante 4 semanas a 26°C ± 0,2°C. Dejar la tapa del tubo floja para que entre aire y, por lo menos una vez por semana, verificar que el nivel del líquido no disminuya. Si es necesario, agregar agua destilada.
- b) Una vez transcurrido el tiempo de incubación, homogenizar la pastilla y proceder a la cuantificación de los huevos. Para la lectura verter el sedimento final en una celda de Sedgwich Rafter o Disco Doncaster. En caso necesario, y para evitar la sobreposición de estructuras y del detritus no eliminado, distribuir en alícuotas y homogeneizar con agua destilada. Sólo aquellos huevos donde se observe la larva se consideran viables. El Anexo 1 muestra algunos ejemplos.
- c) Como paso opcional, y antes de realizar la lectura al microscopio, añadir hipoclorito de sodio (10%) en igual volumen al sedimento final y dejar reposar durante 10 minutos. Aforar con agua destilada.
- d) Centrifugar a 660 g durante 5 minutos y decantar hasta dejar 5 ml del sobrenadante.
- e) Realizar un segundo enjuague con agua destilada y centrifugar bajo las mismas condiciones. Lo anterior permite una mayor claridad en el contenido interno de los huevos (especialmente de *Ascaris* y *Trichuris*), una mejor diferenciación y en consecuencia un conteo más rápido.
- f) Aspirar sobrenadante hasta 5 ml del volumen final.

### 7. Cálculos

7.1 La fórmula para calcular g es:

$$g = \frac{r \times r / \text{min}}{k} \quad (1)$$

donde:

g = fuerza relativa de centrifugación

k = constante cuyo valor es 89, 456

r = radio de la centrifuga en cm

rpm = revoluciones por minuto

7.2 Para el cálculo del por ciento de sólidos totales (ST), se utiliza el % de humedad como sigue:

$$\% \text{ de sólidos totales} = 100\% - \% \text{ de humedad} \quad (2)$$

## 8. Expresión de resultados

8.1 Expresar los resultados en número de huevos 2 g de sólidos totales (volumen de muestra analizada).

$$H/2g \text{ ST} \quad (3)$$

donde:

H= número de huevos leídos en la muestra

gST= gramos de sólidos totales de la muestra analizados

## 8.2 Interferencias

8.2.1 La sobreposición de estructuras y/o detritus no eliminados en el sedimento puede dar una evaluación errónea al dificultar la lectura. En tal caso, es importante diluir con agua destilada y hacer las alícuotas que se consideren necesarias para que en cada una se realice el conteo.

8.2.2 La falta de experiencia en la identificación de géneros es un elemento común de sobreconteo.

8.2.3 En caso de que la muestra presente la formación de hongos durante el proceso de incubación se recomienda reemplazar el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N por una solución de formalina 0,5%.

## 9. Informe de prueba

El informe de la prueba incluye especificar los siguiente puntos:

- a) Todos los datos necesarios para la identificación completa de la muestra.
- b) Los resultados, expresados de acuerdo con lo establecido en el inciso 8.
- c) Cualquier suceso particular observado durante el curso del análisis, así como cualquier operación no especificada en el método, o considerada opcional, que pueda haber influido en los resultados.

---

### RESPUESTAS a los comentarios recibidos respecto del Proyecto de Norma Oficial Mexicana

PROY-NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, publicado el 2 de agosto de 2001.

---

---

Al margen un logotipo, que dice: Comisión Nacional del Agua.

CRISTOBAL JAIME JAQUEZ, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 47 fracciones II, III y penúltimo párrafo de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; tengo a bien ordenar la publicación de las respuestas a los comentarios recibidos, respecto del Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 2 de agosto de 2001, en los siguientes términos:

**Promovente:** Ing. Fernando Hiriart Balderrama

**Fecha de recepción:** 17 de agosto de 2001

**1. Comentario:** Se sugiere complementar el último párrafo de 0. Introducción, como sigue:

El método establecido en el presente Proyecto debe considerarse como el requerimiento técnico mínimo obligatorio para determinar la disponibilidad media de aguas nacionales, y no excluye la

aplicación adicional de métodos complementarios más complicados y precisos cuando la información disponible lo permita, en cuyo caso la Comisión Nacional del Agua determinará cuáles son los resultados que prevalecen.

Los resultados de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas nacionales, serán publicados por “La Comisión” en el **Diario Oficial de la Federación**.

**Respuesta:** Procede, Se modifica y se incluye en el inciso 4.1.1, como está en la respuesta del comentario 3 de la Subdirección de Ecología.

**2. Comentario:** Se sugiere modificar en 3. Definiciones, 3.5 Cauce principal, como sigue:

3.5 Cauce principal: el canal principal por el que generalmente se capta y conduce el agua hasta la descarga de una cuenca.

**Respuesta:** No procede, porque el término “generalmente” no aplica, ya que el cauce principal siempre capta y conduce hasta la descarga de una cuenca, por lo que 3. Definiciones, 3.5 Cauce principal, queda como sigue:

3.5 Cauce principal: el canal principal que capta y conduce el agua hasta la descarga de una cuenca.

**3. Comentario:** Se sugiere incluir en 3. Definiciones, creciente máxima ordinaria, como sigue:

Creciente máxima ordinaria: Es la que ocurre dentro de un cauce sin que en éste se produzca desbordamiento, en un periodo de retorno de cinco años.

**Respuesta:** Procede, aclara la definición 3.4 cauce de una corriente, por lo que 3. Definiciones, creciente máxima ordinaria, queda como sigue:

3.8 Creciente máxima ordinaria: Es la que ocurre dentro de un cauce sin que en éste se produzca desbordamiento, en un periodo de retorno de cinco años.

Nota.- El incluir el comentario en 3. Definiciones, modifica el orden de los incisos 3.8 al 3.34

**4. Comentario:** Se sugiere modificar, en 3. Definiciones, 3.8 Cuencas homogéneas como sigue:

3.8 Cuencas similares: son las cuencas hidrológicas en que, por tener características geomorfológicas, climatológicas, geológicas e hidrológicas similares, es válido transferir información hidrológica entre ellas.

**Respuesta:** No procede, el término usual en hidrología es “homogéneas” por lo que 3. Definiciones, 3.8 Cuencas homogéneas, queda como sigue:

3.10 Cuencas homogéneas: son las cuencas hidrológicas en que, por tener características geomorfológicas, climatológicas, geológicas e hidrológicas similares, es válido transferir información hidrológica de una a otra.

**5. Comentario:** Se sugiere modificar, en 3. Definiciones, 3.9 Descarga natural como sigue:

3.9 Descarga natural: volumen de agua que descarga una unidad hidrogeológica a través de sus vertedores naturales, como manantiales, ríos y humedales, o subterráneamente a cuerpos de agua (mares, lagos y lagunas).

**Respuesta:** Procede parcialmente, por lo que 3. Definiciones, 3.9 Descarga natural queda como sigue:

3.12 Descarga natural: volumen de agua que descarga una unidad hidrogeológica a través de manantiales, vegetación, ríos y humedales, o subterráneamente a cuerpos de agua (mares, lagos y lagunas).

**6. Comentario:** Se sugiere modificar, en 3. Definiciones, 3.17 Evaporación como sigue:

3.17 Evaporación: es el proceso por el cual el agua, en la superficie de un cuerpo de agua natural o artificial o en la tierra húmeda, adquiere la suficiente energía cinética de la radiación solar, y pasa del estado líquido al gaseoso.

**Respuesta:** Procede, por lo que 3. Definiciones, 3.17 Evaporación queda como sigue:

3.19 Evaporación: es el proceso por el cual el agua, en la superficie de un cuerpo de agua natural o artificial o en la tierra húmeda, adquiere la suficiente energía cinética de la radiación solar, y pasa del estado líquido al gaseoso.

**7. Comentario:** Se sugiere modificar, en 3. Definiciones, 3.18 Evapotranspiración como sigue:

3.18 Evapotranspiración: En el ciclo hidrológico, es la transferencia de agua desde la tierra a la atmósfera por evaporación del agua superficial y del suelo, y por transpiración de la vegetación.

**Respuesta:** Procede parcialmente, por lo que 3. Definiciones, 3.18 Evapotranspiración queda como sigue: 3.20 Evapotranspiración: es la cantidad total de agua que retorna a la atmósfera en una determinada zona por evaporación del agua superficial y del suelo, y por transpiración de la vegetación.

**8. Comentario:** Se sugiere modificar, en 3. Definiciones, 3.32 Transpiración como sigue:

3.32 Transpiración: es el proceso por el cual parte del agua absorbida por la flora y la fauna regresa a la atmósfera en forma de vapor.

**Respuesta:** No procede, porque en el cálculo de la transpiración no se incluye la fauna por lo que 3. Definiciones, 3.32 Transpiración queda como sigue:

3.31 Transpiración: es el proceso por el cual la vegetación extrae humedad del suelo y la libera al aire circundante como vapor.

**9. Comentario:** Se sugiere modificar, 4. Especificaciones, 4.4.4 como sigue:

4.4.4 Los volúmenes de agua accesibles en un lugar y tiempo determinado, dependen regional y localmente, de la climatología, de la variación de la precipitación atmosférica y de la estación del año, de las características geomorfológicas, topográficas, hidrográficas y geológicas, así como de la infraestructura hidráulica existente, por lo cual no siempre son suficientes para que los concesionarios puedan captar la totalidad de los volúmenes medios anuales asignados y concesionados por la Comisión.

**Respuesta:** Procede, por lo que 4. Especificaciones, 4.4.4 queda como sigue:

4.4.4 Los volúmenes de agua accesibles en un lugar y tiempo determinado, dependen regional y localmente, de la climatología, de la variación de la precipitación atmosférica y de la estación del año, de las características geomorfológicas, topográficas, hidrográficas y geológicas, así como de la infraestructura hidráulica existente, por lo cual no siempre son suficientes para que los concesionarios puedan captar la totalidad de los volúmenes medios anuales asignados y concesionados por la Comisión.

**10. Comentario:** Se sugiere modificar, 5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales como sigue:

De la investigación realizada, no se encontró norma internacional similar al presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

**Respuesta:** Procede parcialmente, por lo que 5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales queda como sigue:

No se encontró norma internacional similar al presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

**11. Comentario:** Se sugiere modificar la Bibliografía como sigue:

#### **BIBLIOGRAFIA:**

- Aparicio Mijares, F.J., Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, México, 1994.
- Balek, J., Groundwater Resources Assessment, Developments in Water Sciences, número 38, Elsevier, Amsterdam, 1989.
- Bouwer, H., Groundwater Hydrology, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. Tokio, 1978.
- Custodio, E. y Llamas, M. Hidrología Subterránea, Tomo 1. Omega, Barcelona, 1983.
- Fetter, C. W., Applied Hydrogeology, Third Edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey, 1994.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice Hall. USA, 1979.
- Gutiérrez-Ojeda, C., Metodologías para Estimar la Recarga de Acuíferos (1a. etapa), IMTA, México.

- Lener, D. N., Issar, A.S. and Simmers, I. Groundwater Recharge. A Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge. International Contributions to Hydrogeology. International Association of Hydrogeologists. Volume 8. Verlag Heinz Heise. Hannover, 1990.
- Campos Aranda, Daniel, Procesos del Ciclo Hidrológico, Universidad de San Luis Potosí, México, 1992.
- Instituto de Ingeniería, UNAM y Comisión Nacional del Agua, Manual de Ingeniería de Ríos, Capítulos 1 al 25, México, 1990.
- Linsley Ray K. Kohler Max A. Hydrology for Engineers, McGraw Hill, 1986.
- Luna N. H., y Rentería, G.S., Balances Hidráulicos del Programa Nacional Hidráulico, XIII Congreso Nacional de Hidráulica, Puebla, Pue., 1994.
- Plan Nacional Hidráulico, SARH, 1975.
- Plan Nacional Hidráulico, SARH, 1981.
- Planos de Isoyetas Normales Anuales editados por la CNA.

**Respuesta:** Procede parcialmente, la Bibliografía queda como sigue:

- ASCE, Groundwater Management, Third Edition, Manuals and Reports on Engineering Practice número 40, American Society of Civil Engineers, New York, 1987.
- Aparicio Mijares, F.J., Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, México, 1994.
- Balek, J., Groundwater Resources Assessment, Developments in Water Sciences, número 38, Elsevier, Amsterdam, 1989.
- Boletines Hidrológicos publicados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Federal de Electricidad y Comisión Internacional de Límites y Aguas.
- Bouwer, H., Groundwater Hydrology, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. Tokio, 1978.
- Bureau of Reclamation, U.S. Department of Interior, Design of Small Dams, 1987.
- Campos Aranda, Daniel, Procesos del Ciclo Hidrológico, Universidad de San Luis Potosí, México, 1992.
- Comisión Nacional del Agua e Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Manual de Ingeniería de Ríos, Capítulos 1 al 25, México, 1990.
- Custodio, E. y Llamas, M. Hidrología Subterránea, Tomo 1. Omega, Barcelona, 1983.
- Fetter, C.W., Applied Hydrogeology, Third Edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey, 1994.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice Hall. USA, 1979.
- Gutiérrez-Ojeda, C., Metodologías para Estimar la Recarga de Acuíferos (1a. etapa), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.
- Lener, D. N., Issar, A.S. and Simmers, I. Groundwater Recharge. A Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge. International Contributions to Hydrogeology. International Association of Hydrogeologists. Volume 8. Verlag Heinz Heise. Hannover, 1990.
- Linsley Ray K. Kohler Max A. Hydrology for Engineers, McGraw Hill, 1986.
- Luna N.H., y Rentería, G.S., Balances Hidráulicos del Programa Nacional Hidráulico, XIII Congreso Nacional de Hidráulica, Puebla, Pue., 1994.
- Plan Nacional Hidráulico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1975.
- Plan Nacional Hidráulico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981.
- Planos de Isoyetas Normales Anuales editados por la Comisión Nacional del Agua.
- Pequeños Almacenamientos, del Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1965.
- Walton, W.C., Groundwater Resources Evaluation. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokio, 1970.

**12. Comentario:** Se sugiere modificar, el primer párrafo del Apéndice Normativo A, como sigue:

En este Apéndice se describen los métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural. La descripción de los métodos se limita a los conceptos y expresiones básicas.

**Respuesta:** Procede, por lo que el primer párrafo del Apéndice Normativo A, queda como sigue:

En este Apéndice se describen los métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural. La descripción de los métodos se limita a los conceptos y expresiones básicas.

**13. Comentario:** Se sugiere modificar la expresión de A.1.2.1 Precipitación-escurrimiento, como sigue:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{VOLUMEN ANUAL DE} & & \text{PRECIPITACION} & & & & \text{COEFICIENTE} \\ \text{ESCURRIMIENTO NATURAL} & = & \text{ANUAL DE LA} & * & \text{AREA DE LA CUENCA} & * & \text{DE ESCURRIMIENTO} \\ \text{DE LA CUENCA} & & \text{CUENCA} & & & & \end{array}$$

**Respuesta:** Procede, la expresión de A.1.2.1 queda como sigue:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{VOLUMEN ANUAL DE} & & \text{PRECIPITACION} & & & & \text{COEFICIENTE} \\ \text{ESCURRIMIENTO NATURAL} & = & \text{ANUAL DE LA} & * & \text{AREA DE LA CUENCA} & * & \text{DE ESCURRIMIENTO} \\ \text{DE LA CUENCA} & & \text{CUENCA} & & & & \end{array}$$

**14. Comentario:** Se sugiere modificar A.1.2.1.1, como sigue:

A.1.2.1.1 Precipitación anual en la cuenca

A) Si en la cuenca en estudio se cuenta con suficiente información pluviométrica de cuando menos 20 años, la precipitación anual se determina a partir del análisis de los registros de las estaciones ubicadas dentro y vecinas a la cuenca, mediante el método de polígonos de Thiessen o isoyetas.

B) Cuando en la cuenca en estudio no se cuenta con información pluviométrica o ésta sea escasa, la precipitación media anual, se podrá obtener con apoyo de los planos de isoyetas normales editados por la CNA.

**Respuesta:** Procede parcialmente, A.1.2.1.1, queda como sigue:

A.1.2.1.1 Precipitación anual en la cuenca

A) Si en la cuenca en estudio se cuenta con suficiente información pluviométrica de cuando menos 20 años, la precipitación anual se determina a partir del análisis de los registros de las estaciones ubicadas dentro y vecinas a la cuenca, mediante el método de polígonos de Thiessen o isoyetas.

B) Cuando en la cuenca en estudio no se cuenta con información pluviométrica o ésta sea escasa, la precipitación anual se podrá obtener con apoyo de los planos de isoyetas normales anuales editados por la Comisión.

**15. Comentario:** Se sugiere eliminar el inciso C de A.1.2.1.1:

**Respuesta:** Procede, se elimina el inciso C de A.1.2.1.1, está incluido en el Comentario 1.

**16. Comentario:** Se sugiere modificar el inciso A de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, como sigue:

A) Transferencia de información hidrométrica y climatológica de cuencas vecinas, hidrológicamente similares.

**Respuesta:** No procede, en hidrología el término usual es "homogéneas", por lo que el inciso A de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, queda como sigue:

A) Transferencia de información hidrométrica y climatológica de cuencas vecinas, hidrológicamente homogéneas.

**17. Comentario:** Se sugiere modificar el inciso B de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, como sigue:

B) En función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual, de la cuenca en estudio.

- A falta de mejor información, con apoyo en la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, en tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla 1 y al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro K (véase Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural "Pequeños Almacenamientos". Secretaría de Recursos Hidráulicos, adaptación del Libro: Small Dams).

**Respuesta:** Procede parcialmente, el inciso B de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, queda como sigue:

B) En función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual, de la cuenca en estudio.

- A falta de información específica, con apoyo en los servicios del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, en tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla 1 y al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro K (véase Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural "Pequeños Almacenamientos". Secretaría de Recursos Hidráulicos, adaptación del Libro: Small Dams).

**18. Comentario:** Se sugiere modificar el término "loes por loess" en la tabla 1 Valores de K, en función del tipo y uso de suelo, como sigue:

TABLA 1 VALORES DE K, EN FUNCION DEL TIPO Y USO DE SUELO

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

**Respuesta:** Procede, la tabla 1 Valores de K, en función del tipo y uso de suelo, queda como sigue:

TABLA 1 VALORES DE K, EN FUNCION DEL TIPO Y USO DE SUELO

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

**19. Comentario:** Se sugiere eliminar de la tabla 1 Valores de K, en función del tipo y uso de suelo, lo siguiente:

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Zonas urbanas	0,26	0,29	0,32
Caminos	0,27	0,30	0,33

**Respuesta:** No procede, la tabla 1 Valores de K, en función del tipo y uso de suelo, corresponde a la fuente original señalada en la bibliografía, por lo que la tabla 1 Valores de K, en función del tipo y uso de suelo queda como sigue:

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO
---------------	---------------

	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0,26	0,28	0,30
Cultivos:			
En hilera	0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera	0,24	0,27	0,30
Granos pequeños	0,24	0,27	0,30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% - Poco -	0,14	0,20	0,28
Del 50 al 75% - Regular -	0,20	0,24	0,30
Menos del 50% - Excesivo -	0,24	0,28	0,30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0,07	0,16	0,24
Cubierto del 50 al 75%	0,12	0,22	0,26
Cubierto del 25 al 50%	0,17	0,26	0,28
Cubierto menos del 25%	0,22	0,28	0,30
Zonas urbanas	0,26	0,29	0,32
Caminos	0,27	0,30	0,33
Pradera permanente	0,18	0,24	0,30

**20. Comentario:** Se sugiere modificar la nota al pie de la tabla 1 Valores de K, en función del tipo y uso de suelo, como sigue:

B) En función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual, de la cuenca en estudio.

- Con apoyo en la cartografía del Instituto Nacional de . . .
- Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes:

K: PARAMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL (Ce)
Si K resulta menor o igual que 0,15	$Ce = K (P-250)/2000$
Si K es mayor que 0,15	$Ce = K (P-250)/2000 + (K - 0,15)/1,5$

P = Precipitación media anual, en mm.

Rango de validez.- Las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2150 mm.

**Respuesta:** Procede, la tabla 1 Valores de K, en función del tipo y uso de suelo, queda como sigue:

B) En función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual, de la cuenca en estudio.

- A falta de información específica, con apoyo en los servicios del Instituto Nacional de . . .
- Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes:

K: PARAMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL (Ce)
Si K resulta menor o igual que 0,15	$Ce = K (P-250)/2000$
Si K es mayor que 0,15	$Ce = K (P-250)/2000 + (K - 0,15)/1,5$

P= Precipitación anual, en mm.

Rango de validez.- Las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2150 mm.

**21. Comentario:** Se sugiere modificar el inciso C de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, como sigue:

C) En aquellos casos en que se cuente con estudios hidrológicos y se conozcan los coeficientes de escurrimiento, éstos se podrán usar para el cálculo del escurrimiento.

Información requerida:

- Procedimiento de cálculo y metodología utilizados para determinar la precipitación media anual en la cuenca.
- Procedimiento de estimación y consideraciones para determinar el coeficiente de escurrimiento.
- Relación de las estaciones climatológicas utilizadas para determinar los escurrimientos, indicando sus coordenadas geográficas, así como las entidades federativas a las que pertenecen, poblaciones próximas importantes y cualquier otra información de utilidad que permita hacer más claro el cálculo del volumen anual de escurrimiento natural.

**Respuesta:** Procede, el inciso C de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, queda como sigue:

C) En aquellos casos en que se cuente con estudios hidrológicos y se conozcan los coeficientes de escurrimiento, éstos se podrán usar para el cálculo del escurrimiento.

Información requerida:

- Procedimiento de cálculo y metodología utilizados para determinar la precipitación media anual en la cuenca.
- Procedimiento de estimación y consideraciones para determinar el coeficiente de escurrimiento.
- Relación de las estaciones climatológicas utilizadas para determinar los escurrimientos, indicando sus coordenadas geográficas, así como las entidades federativas a las que pertenecen, poblaciones próximas importantes y cualquier otra información de utilidad que permita hacer más claro el cálculo del volumen anual de escurrimiento natural.

**22. Comentario:** Se sugiere modificar el inciso C de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, como sigue:

En el caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información hidrométrica ni pluviométrica o ambas sean escasas, el volumen medio anual de escurrimiento natural, se determina indirectamente transfiriendo la información de otras cuencas vecinas de la región, mismas que se consideran similares y que cuentan con suficiente información hidrométrica o pluviométrica.

Además de la información requerida en los puntos A.1.1.1 y A.1.2.1 es necesaria, la siguiente:

- Descripción del método aplicado, así como la justificación de su empleo en esa cuenca, subcuenca o punto específico.
- Relación de las variables significativas de la cuenca, empleadas en el cálculo del coeficiente de escurrimiento.
- Resultados de las pruebas de similitud hidrológica, climatológica y fisiográfica de las cuencas vecinas y/o registros empleados en la transferencia de información.

**Respuesta:** No procede, el término usual en hidrología es "homogéneas" por lo que el inciso C de A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento, queda como sigue:

En el caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información hidrométrica ni pluviométrica o ambas sean escasas, el volumen medio anual de escurrimiento natural, se determina indirectamente transfiriendo la información de otras cuencas vecinas de la región, mismas que se consideran homogéneas y que cuentan con suficiente información hidrométrica o pluviométrica.

Además de la información requerida en los puntos A.1.1.1 y A.1.2.1 es necesaria, la siguiente:

- Descripción del método aplicado, así como la justificación de su empleo en esa cuenca, subcuenca o punto específico.
- Relación de las variables significativas de la cuenca, empleadas en el cálculo del coeficiente de escurrimiento.

- Resultados de las pruebas de homogeneidad hidrológica, climatológica y fisiográfica de las cuencas vecinas y/o registros empleados en la transferencia de información.

**23. Comentario:** Se sugiere modificar el primer párrafo del Apéndice Normativo "B", como sigue:

METODO PARA DETERMINAR LA RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA.

En este Apéndice se describen los métodos que deberán aplicarse para determinar la recarga total media anual de la unidad hidrogeológica. La descripción de los métodos se limita a los conceptos y expresiones básicas; su detalle puede consultarse en las referencias bibliográficas de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

**Respuesta:** Procede, el primer párrafo del Apéndice Normativo "B", queda como sigue:

METODO PARA DETERMINAR LA RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA.

En este Apéndice se describen los métodos que deberán aplicarse para determinar la recarga total media anual de la unidad hidrogeológica. La descripción de los métodos se limita a los conceptos y expresiones básicas; su detalle puede consultarse en las referencias bibliográficas de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

**24. Comentario:** Se sugiere modificar B.2 Cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, como sigue:

El cambio de almacenamiento en el intervalo de tiempo considerado en el balance, se determina a partir de la evolución de los niveles del agua subterránea correspondientes al mismo intervalo y de valores representativos del coeficiente de almacenamiento del acuífero. El valor de este coeficiente se determina a partir de un número suficiente de pruebas de bombeo realizadas a través del tiempo y/o con base en consideraciones relativas al tipo y litología del acuífero en estudio.

**Respuesta:** No procede, el término "un número suficiente" es ambiguo, por lo que B.2 Cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, queda como sigue:

El cambio de almacenamiento en el intervalo de tiempo considerado en el balance, se determina a partir de la evolución de los niveles del agua subterránea correspondientes al mismo intervalo y de valores representativos del coeficiente de almacenamiento del acuífero. El valor de este coeficiente se determina a partir de pruebas de bombeo y/o con base en consideraciones relativas al tipo y litología del acuífero en estudio.

**25. Comentario:** Se sugiere modificar B.3.1.1 Caudal base, como sigue:

La descarga de una unidad hidrogeológica a una corriente superficial, por convención denominada "Caudal Base", se determina a partir de los datos registrados en estaciones hidrométricas instaladas sobre el cauce de la corriente, mediante el análisis de hidrogramas para diferenciar el caudal base. Si se dispone de varias estaciones hidrométricas, el método mencionado se aplicará a los tramos comprendidos entre ellas, para conocer la distribución de esta descarga a lo largo del cauce. Las mediciones para determinar el caudal base es más conveniente que se realicen en diversas estaciones del año incluyendo secas.

**Respuesta:** Procede parcialmente, B.3.1.1 Caudal base, queda como sigue:

La descarga de una unidad hidrogeológica a una corriente superficial, por convención denominada "Caudal Base", se determina a partir de los datos registrados en estaciones hidrométricas instaladas sobre el cauce de la corriente, mediante el análisis de hidrogramas para diferenciar el caudal base. Si se dispone de varias estaciones hidrométricas, el método mencionado se aplicará a los tramos comprendidos entre ellas, para conocer la distribución de esta descarga a lo largo del cauce. Las mediciones para determinar el caudal, deberán realizarse a lo largo de los periodos de estiaje.

**26. Comentario:** Se sugiere modificar B.3.1.3 Evapotranspiración, como sigue:

La descarga de una unidad hidrogeológica a la atmósfera puede tener lugar por evaporación directa de agua freática somera y por la transpiración de flora y fauna.

La descarga de agua subterránea por evaporación directa se estima multiplicando el área donde tiene lugar el fenómeno por una lámina de agua equivalente a una fracción de la evaporación potencial medida

en las estaciones climatológicas. El valor de esa fracción varía entre un máximo de uno, cuando el nivel freático aflora, y cero cuando éste se halla a profundidades mayores que la altura de la faja capilar de los materiales predominantes entre la superficie del terreno y el nivel freático; a falta de información, se supondrá que el valor de la fracción varía entre valores extremos linealmente según la profundidad de dicho nivel.

La descarga de agua subterránea por evapotranspiración depende de varios factores climáticos, hidrogeológicos y fisiológicos (tipo y densidad de vegetación), que por su amplia variación en el espacio y en el tiempo no son controlables a la escala de una cuenca o de un acuífero. Ante esta dificultad, la magnitud de este componente de descarga no se estimará por separado y su valor quedará implícito en el resultado del balance, lo cual se traducirá en una estimación conservadora de la recarga y de la disponibilidad de agua subterránea.

**Respuesta:** Procede parcialmente, B.3.1.3 Evapotranspiración, queda como sigue:

La descarga de una unidad hidrogeológica a la atmósfera puede tener lugar por evaporación directa de agua freática somera y por la transpiración de la flora.

La descarga de agua subterránea por evaporación directa se estima multiplicando el área donde tiene lugar el fenómeno por una lámina de agua equivalente a una fracción de la evaporación potencial medida en las estaciones climatológicas. El valor de esa fracción varía entre un máximo de uno, cuando el nivel freático aflora, y cero cuando éste se halla a profundidades mayores que la altura de la faja capilar de los materiales predominantes entre la superficie del terreno y el nivel freático; a falta de información, se supondrá que el valor de la fracción varía entre valores extremos linealmente según la profundidad de dicho nivel.

La descarga de agua subterránea por evapotranspiración depende de varios factores climáticos, hidrogeológicos y fisiológicos (tipo y densidad de vegetación), que por su amplia variación en el espacio y en el tiempo no son controlables a la escala de una cuenca o de un acuífero. Ante esta dificultad, la magnitud de este componente de descarga no se estimará por separado y su valor quedará implícito en el resultado del balance, lo cual se traducirá en una estimación conservadora de la recarga y de la disponibilidad de agua subterránea.

**27. Comentario:** Se sugiere modificar B.3.1.4 Flujo subterráneo, como sigue:

La descarga subterránea del acuífero se determina tomando en cuenta las características hidrogeológicas del acuífero y aplicando la Ley de Darcy a las secciones de salida definidas en la configuración de los niveles del agua subterránea, considerando las variaciones de ésta a lo largo del intervalo de tiempo usado en el balance.

**Respuesta:** Procede parcialmente, B.3.1.4 Flujo subterráneo, queda como sigue:

La descarga subterránea del acuífero se determina aplicando la Ley de Darcy a las secciones de salida definidas en la configuración de los niveles del agua subterránea, considerando las variaciones de ésta a lo largo del intervalo de tiempo usado en el balance.

**28. Comentario:** Se sugiere modificar B.5 Información requerida, como sigue:

#### B.5 Información requerida

- Plano base de la unidad hidrogeológica (planta y cortes)
- Descripción hidrogeológica
- Datos climatológicos
- Censo de captaciones de agua subterránea
- Cortes litológicos de pozos
- Investigación geofísica
- Cotas de brocal de los pozos de observación
- Datos del comportamiento de los niveles del agua subterránea a través del tiempo
- Características hidráulicas de las unidades hidrogeológicas

- Registro hidrométrico de extracciones y descargas naturales de agua subterránea
- Información de la infraestructura hidráulica urbana, agrícola o industrial y datos de los volúmenes de agua manejados por medio de ella

**Respuesta:** Procede parcialmente, se atiende en la respuesta del comentario 10 de la DGCOH.

**29. Comentario:** Se sugiere modificar la tabla "Cálculo de la lluvia media anual (Pa) en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm)" del Apéndice Informativo "D", como sigue:

Cálculo de la precipitación media anual (P) en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm)

**Respuesta:** Procede, la tabla Cálculo de la lluvia media anual (Pa) en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm) del Apéndice Informativo "D", queda como sigue:

Cálculo de la precipitación anual (P) en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm)

**30. Comentario:** Se sugiere modificar en la tabla Cálculo de la lluvia media anual (Pa) en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm) del Apéndice Informativo "D", como sigue:

Precipitación media anual en la cuenca (P)

**Respuesta:** Procede, la tabla Cálculo de la lluvia media anual (Pa) en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm) del Apéndice Informativo "D", queda como sigue:

Precipitación anual en la cuenca (P)

**31. Comentario:** Se sugiere modificar la tabla "Método del coeficiente de escurrimiento volúmenes anuales cuenca río Tequisistlán, Oax." del Apéndice Informativo "D", como sigue:

P (mm); Volumen Anual de Escurrimiento Natural (Mm<sup>3</sup>)

**Respuesta:** Procede, la tabla "Método del coeficiente de escurrimiento volúmenes anuales cuenca río Tequisistlán, Oax." del Apéndice Informativo "D", queda como sigue:

P (mm); Volumen Anual de Escurrimiento Natural (Mm<sup>3</sup>)

**32. Comentario:** Se sugiere modificar la fórmula de la tabla Método del coeficiente de escurrimiento volúmenes anuales cuenca río Tequisistlán, Oax. del Apéndice Informativo "D", como sigue:

$$C_e = K \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural = P \* At \* C<sub>e</sub> = 0.8258x2213x0.139

Por lo tanto el volumen medio anual natural = 264.96 Mm<sup>3</sup>

P = Precipitación media anual

C<sub>e</sub> = Coeficiente de escurrimiento anual

At = Area total de la subcuenca = 2213 km<sup>2</sup>

K = Parámetro que depende del tipo y uso del suelo

**Respuesta:** Procede, la fórmula de la tabla Método del coeficiente de escurrimiento volúmenes anuales cuenca río Tequisistlán, Oax. del Apéndice Informativo "D", queda como sigue:

$$C_e = K \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural = P \* At \* C<sub>e</sub> = 0.8258x2213x0.139

Por lo tanto el volumen medio anual natural = 264.96 Mm<sup>3</sup>

P = Precipitación anual

C<sub>e</sub> = Coeficiente de escurrimiento anual

At = Area total de la subcuenca = 2213 km<sup>2</sup>

K = Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo

**Con base en los comentarios recibidos, una vez analizados, el Grupo de Trabajo acordó:**

Incluir 3.32 Unidad de gestión, como sigue:

3.32 Unidad de gestión: Territorio de la cuenca o subcuenca hidrológica superficial, o del acuífero o las unidades hidrogeológicas contenidas en ella, que se definen como una unidad para la evaluación, manejo y administración de los recursos hídricos.

**NOTA.-** El incluir 3.32 Unidad de gestión en 3. Definiciones, modifica el orden de los incisos 3.32 al 3.34

Suprimir las definiciones que no se utilizan en la norma: descarga natural no comprometida, recarga artificial, recarga incidental, subcuenca intermedia y uso consuntivo, lo anterior modifica el orden de los incisos 3.11 al 3.35

En el punto 4.1.2 de 4.1 Generales, cambiar las unidades con letra minúscula en este caso (km<sup>2</sup>).

Incluir en 4. Especificaciones, 4.2.10 El volumen anual actual comprometido aguas abajo, como sigue:

4.2.10: El volumen anual actual comprometido aguas abajo, se determina como la parte de los escurrimientos de la cuenca hacia aguas abajo, necesaria para cumplir con los volúmenes asignados y concesionados por la Comisión, limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, conservación ecológica, reglamentos y programación hidráulica.

**NOTA.-** El incluir 4.2.10 El volumen anual actual comprometido aguas abajo en 4. Especificaciones, modifica el orden del inciso 4.2.10, como sigue:

4.2.11 La disponibilidad media anual de agua superficial en una subcuenca, o en un punto específico de la red de drenaje de la cuenca hidrológica, se determina aplicando las expresiones y términos que aparecen en los puntos 4.2.1 a 4.2.10 de este inciso.

Modificar en 4. Especificaciones, 4.3.3 La descarga natural comprometida, como sigue:

4.3.3 La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que están comprometidos como agua superficial, alimentados por una unidad hidrogeológica, más las descargas que se deben conservar para: no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes; sostener el gasto ecológico; y prevenir la migración de agua de mala calidad a la unidad hidrogeológica considerada.

Transitorio.- Para efectos de la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana, el gasto ecológico se determinará de acuerdo a la norma correspondiente, o el valor que se determine en un estudio particular.

Eliminar el término evapotranspiración, en el Apéndice Normativo "A" e Informativo "C" y en el cuerpo principal del proyecto de norma, en lo que corresponde a aguas superficiales.

Eliminar el término evapotranspiración de los apéndices Normativo "A" e Informativo "C", ya que éste se encuentra considerado en forma implícita en el cálculo del volumen medio anual de escurrimiento natural, al restarle a los volúmenes aforados en la estación aguas abajo, los aforados en la estación aguas arriba.

El volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca se determina con la siguiente expresión:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{VOLUMEN ANUAL DE} & & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & & \text{VOLUMEN ANUAL} & & \text{VOLUMEN ANUAL DE} \\ \text{ESCURRIMIENTO} & = & \text{ESCURRIMIENTO} & + & \text{CONCESIONADO DE} & - & \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{NATURAL DE LA} & & \text{AFORADO DE LA} & & \text{AGUA SUPERFICIAL} & & \text{AFORADO DESDE LA} \\ \text{CUENCA} & & \text{CUENCA HACIA} & & \text{(EXB)} & & \text{CUENCA AGUAS} \\ \text{(CP)} & & \text{AGUAS ABAJO (V}_2\text{)} & & & & \text{ARRIBA (V}_1\text{)} \\ \\ + & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & - & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & - & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & \\ & \text{EXPORTACIONES} & & \text{IMPORTACIONES} & & \text{RETORNOS} & \end{array}$$

Modificar en APENDICE NORMATIVO "B", el punto B.3.2 Extracción, como sigue:

B.3.2 Extracción.- La extracción de agua subterránea en los intervalos de tiempo considerados en el balance se determina a partir de las lecturas registradas en los medidores instalados en las descargas de los pozos o, a falta de ellos, con base en los métodos indirectos –caudal y tiempo de bombeo, consumo

de energía eléctrica, población servida y dotación, índices de consumo, superficies y láminas de riego que sean aplicables según el uso del agua.

En el Apéndice Informativo "C", quitar del título la palabra MEDIO y además eliminar el pie de nota La evapotranspiración se considera 0.0.

De la fórmula, eliminar el término Volumen anual de evapotranspiración, así como el último comentario del Apéndice Informativo "C", Para fines del presente ejemplo, se supuso que la Evapotranspiración es despreciable.

**Promovente:** Subdirección de Programación de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH).

**Fecha de recepción:** 1 de octubre de 2001

**1. Comentario:** Se sugiere modificar el nombre del proyecto como sigue:

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-011-CNA-2000, CONSERVACION DEL RECURSO AGUA - QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES Y EL METODO PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE LAS AGUAS CONTINENTALES.

**Respuesta:** No procede, porque en la Ley de Aguas Nacionales están definidas como Aguas Nacionales por lo que el nombre del proyecto, queda como sigue:

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-011-CNA-2000, CONSERVACION DEL RECURSO AGUA - QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES Y EL METODO PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE LAS AGUAS NACIONALES.

**2. Comentario:** Se sugiere modificar 1. OBJETIVO, como sigue:

El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso, aprovechamiento y conservación.

**Respuesta:** No procede, en el aprovechamiento está implícita la conservación por lo que 1. OBJETIVO, queda como sigue:

El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento.

**3. Comentario:** Se sugiere modificar 2. CAMPO DE APLICACION, como sigue:

Las especificaciones establecidas en el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana son de observancia obligatoria para la Comisión Nacional del Agua y para los usuarios que realicen estudios para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales.

**Respuesta:** Procede, por lo que 2. CAMPO DE APLICACION, queda como sigue:

Las especificaciones establecidas en el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana son de observancia obligatoria para la Comisión Nacional del Agua y para los usuarios que realicen estudios para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales.

**4. Comentario:** Se sugiere modificar 3.2 Aforo de 3. DEFINICIONES, como sigue:

3.2 Aforo en cursos de agua: mediciones realizadas en un cauce con el objetivo de obtener datos básicos para calcular el caudal que pasa por una sección transversal del mismo.

Aforo de pozo: Ensayo de bombeo realizado en condiciones predeterminadas y controladas cuyo objetivo es establecer las características del acuífero conocer su funcionamiento y diseñar adecuadamente los pozos.

**Respuesta:** No procede, el término como está definido es aplicable indistintamente a cursos de agua y pozos por lo que 3.2 Aforo de 3. DEFINICIONES, queda como sigue:

3.2 Aforo: mediciones realizadas en un cauce con el objetivo de obtener datos básicos para calcular el caudal que pasa por una sección transversal del mismo.

**5. Comentario:** Se sugiere modificar 3.18 Evapotranspiración, como sigue:

3.18 Evapotranspiración: en el ciclo hidrológico, es la transferencia de agua desde la tierra a la atmósfera por evaporación del agua superficial y del suelo, y por transpiración de la vegetación.

**Respuesta:** Procede parcialmente, por lo que 3.18 Evapotranspiración, queda como sigue:

3.20 Evapotranspiración: es la cantidad total de agua que retorna a la atmósfera en una determinada zona por evaporación del agua superficial y del suelo, y por transpiración de la vegetación.

**6. Comentario:** Se sugiere integrar la definición apropiada de 3.23 Parteaguas, para lo cual incluye lo siguiente:

**NOTA.-** De manera similar que en el caso de aforo, sólo se define para aguas superficiales y ocasionalmente el parteaguas topográfico puede ser diferente al hidrodinámico, el cual está asociado a condiciones de frontera, estas barreras pueden ser físicas por asociación con rocas de poca permeabilidad o modificaciones por explotación del acuífero entre otras, se sugiere hacer consenso entre el GT.

**Respuesta:** No procede, es el término usual en hidrología superficial y no se utiliza en la norma para el caso de aguas subterráneas, por lo que 3.23 Parteaguas, queda como sigue:

3.23 Parteaguas: límite físico de una cuenca o subcuenca hidrológica, representado por la línea imaginaria formada por los puntos de mayor elevación topográfica, que las separa de las vecinas.

**7. Comentario:** Se sugiere modificar 3.32 Transpiración, como sigue:

3.32 Transpiración: es el proceso físico-químico por medio del cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso a través del metabolismo de las plantas en las membranas de las células superficiales de las plantas, las cuales extraen la humedad del suelo y la libera al aire circundante como vapor.

**Respuesta:** No procede, no es necesario para efectos de la norma abundar en la definición, por lo que 3.32 Transpiración, queda como sigue:

3.32 Transpiración: es el proceso por el cual la vegetación extrae humedad del suelo y la libera al aire circundante como vapor.

**8. Comentario:** Se sugiere incluir en 3. Definiciones, el término GASTO ECOLOGICO, ya que en 4.3.3 se menciona como sigue:

4.3.3 La descarga natural comprometida, se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos alimentados por una unidad hidrogeológica, que están comprometidos como agua superficial, y las descargas que se deben conservar para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes y para sostener el gasto ecológico.

**Respuesta:** No procede, el término GASTO ECOLOGICO no se incluirá en 3. Definiciones, sin embargo se aclara en el apartado 4.3.3.

**9. Comentario:** Se sugiere modificar B.3.14 Flujo subterráneo, como sigue:

B.3.14 Flujo subterráneo. La descarga subterránea del acuífero se determina aplicando la Ley de Darcy a las secciones de salida definidas en la configuración referida al nivel del mar de los niveles del agua subterránea, considerando las variaciones de ésta a lo largo del intervalo de tiempo considerado en el balance.

**Respuesta:** No procede, porque la configuración de los niveles de agua subterránea no necesariamente deben referirse al nivel del mar, por lo que B.3.14 Flujo subterráneo, queda como sigue:

B.3.14 Flujo subterráneo. La descarga subterránea del acuífero se determina aplicando la Ley de Darcy a las secciones de salida definidas en la configuración de los niveles del agua subterránea, considerando las variaciones de ésta a lo largo del intervalo de tiempo considerado en el balance.

**10. Comentario:** Se sugiere modificar B.5 Información requerida, como sigue:

B.5 Información requerida

- Plano base de la unidad hidrogeológica (planta y cortes)
- Descripción geológica e hidrológica
- Datos climatológicos
- Censo de captaciones de agua subterránea
- Cortes litológicos de pozos
- Investigación geofísica
- Cotas de brocal de los pozos de observación
- Datos del comportamiento de los niveles del agua subterránea a través del tiempo
- Características hidráulicas de las unidades hidrogeológicas
- Registro hidrométrico de extracciones y descargas naturales de agua subterránea
- Información de la infraestructura hidráulica urbana, agrícola o industrial y datos de los volúmenes de agua manejados por medio de ella

- Planos de configuración de niveles del agua subterránea referidos al nivel del mar
- Planos de evaluación del nivel estático a través del tiempo para cálculo de cambio de almacenamiento
- Características hidráulicas de las unidades hidrogeológicas (pruebas de bombeo)
- Cálculo de redes de flujo subterráneo (entradas y salidas para diferentes periodos)

**Respuesta:** Procede parcialmente, por lo que B.5 Información requerida, queda como sigue:

**B.5 Información requerida**

- Plano base de la unidad hidrogeológica (planta y cortes)
- Descripción geológica, hidrológica e hidrogeológica
- Datos climatológicos
- Censo de captaciones de agua subterránea
- Cortes litológicos de pozos
- Investigación geofísica
- Cotas de brocal de los pozos de observación
- Datos del comportamiento de los niveles del agua subterránea a través del tiempo
- Características hidráulicas de las unidades hidrogeológicas
- Registro hidrométrico de extracciones y descargas naturales de agua subterránea
- Información de la infraestructura hidráulica urbana, agrícola o industrial y datos de los volúmenes de agua manejados por medio de ella
- Cálculo de redes de flujo subterráneo (entradas y salidas para diferentes periodos)

**Promovente:** Subdirección de Ecología de la Dirección General de Minas  
(Coordinación General de Minería)

**Fecha de recepción:** 1 de octubre de 2001

**1. Comentario:** La norma establece un método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales utilizando elementos como el cambio de almacenamiento y la recarga total, entre otros que por definición se miden por periodos independientes entre sí.

Considerando que el periodo de análisis para determinar este valor medio anual dependerá de la información existente y accesible, se recomienda uniformar los intervalos de estudio en cada uno de los elementos considerados en el método, agregando al final de cada definición: "...en el intervalo previamente determinado, conforme a las características específicas del sitio en estudio".

**Respuesta:** Procede, se incluirá el inciso 4.1.3 como sigue:

4.1.3 Los elementos considerados en el balance se deben de ajustar a un periodo común y actual.

**2. Comentario:** Por lo que toca al concepto de niveles de extracción de aguas, la información contenida en el Registro Público de Derechos de Agua no siempre resulta ser actualizada y completa, por lo que se propone el manejo de datos reales cuya fuente podrían ser los volúmenes declarados para efectos del pago de derechos por uso o aprovechamiento de recurso.

Dentro de las especificaciones para determinar la disponibilidad del agua subterránea de una unidad hidrogeológica no se prevén los casos en que resulte conveniente abatir los niveles freáticos someros para reducir las pérdidas por evaporación en los sitios donde estos volúmenes sean significativos.

Lo anterior se logra al extraer cantidades de agua superiores a las determinadas por medio de la norma hasta que el caudal base alcance profundidades adecuadas que no comprometan sus funciones ecológicas y reduzcan la evaporación. Con base en este nuevo nivel freático se establecerían las nuevas tasas de aprovechamiento de agua subterránea atendiendo a la norma, logrando que la descarga por evaporación sea aprovechada como volumen disponible. Normar los estudios para determinar este procedimiento resulta complicado, por lo que la norma deberá en todo caso, dejar abierta esta posibilidad.

**Respuesta:** Procede, se incluyó en el cambio propuesto por el Grupo de Trabajo en el punto 4.3.3 como sigue:

4.3.3 La descarga natural comprometida, se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que están comprometidos como agua superficial, alimentados por una unidad hidrogeológica, más las descargas que se deben conservar para: no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes; sostener el gasto ecológico; y prevenir la migración de agua de mala calidad a la unidad hidrogeológica considerada.

**3. Comentario:** En relación con la posibilidad que tendrán los interesados en presentar métodos "complementarios, más complicados y precisos" para la determinación de la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, esta Subdirección considera que debe incluirse en el apartado de Especificaciones algún mecanismo que resuelva las posibles controversias que puedan suscitarse entre ellos y la CNA, al resolver cuáles serán los resultados que prevalezcan, ya sea a través del Comité Consultivo correspondiente u otro mecanismo definido, de otra manera podría verse favorecida la discrecionalidad de la autoridad.

**Respuesta:** Procede, se quita el último párrafo de 0. Introducción:

El método establecido en el presente Proyecto debe considerarse como el requerimiento técnico mínimo obligatorio para determinar la disponibilidad media de aguas nacionales, y no excluye la aplicación adicional de métodos complementarios más complicados y precisos cuando la información disponible lo permita, en cuyo caso la Comisión Nacional del Agua determinará cuáles son los resultados que prevalecen.

Se modifica y se incluye en el inciso 4.1.1 como sigue:

4.1.1 Las especificaciones establecidas en el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana, se deben aplicar en los estudios para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales en cuencas hidrológicas y en unidades hidrogeológicas. El método se considerará como el requerimiento técnico mínimo obligatorio y no excluye la aplicación adicional de métodos complementarios o alternos más complicados y precisos, cuando la información disponible así lo permita, en cuyo caso la Comisión determinará cuáles son los resultados que prevalecen.

En caso de que existan discrepancias entre los resultados obtenidos por la Comisión y los usuarios, los estudios realizados por estos últimos se someterán a dictamen dentro del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, que determinará entonces los valores definitivos.

**4. Comentario:** En Inciso 0. Introducción, segundo párrafo: Los escurrimientos están relacionados específicamente con el agua superficial, por lo que es conveniente utilizar un término especial para el flujo de agua subterránea que sustituya "escurrimientos subterráneos". De igual forma, el "escurrimiento natural" está definido en el inciso 3.16 únicamente para aguas superficiales y no corresponde al concepto de escurrimiento natural o virgen empleado en dicho párrafo.

Se sugiere utilizar la siguiente redacción: "Donde el agua no es desviada de manera artificial desde las fuentes hasta sus descargas al mar, a la parte baja de una cuenca interna o a la frontera inferior de una unidad hidrogeológica, se desarrolla un sistema natural o virgen".

**Respuesta:** Procede, el segundo párrafo de Introducción queda como sigue:

Donde el agua no es desviada de manera artificial desde las fuentes hasta sus descargas al mar, a la parte baja de una cuenca interna o a la frontera interior de una unidad hidrogeológica, se desarrolla un sistema natural o "virgen".

**5. Comentario:** En 1 Objetivo: Considerando que la norma establece el "requerimiento técnico mínimo" para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, se requeriría anotar "... como objetivo establecer el método base para determinar...".

**Respuesta:** Procede Parcialmente, 1. OBJETIVO queda como sigue:

1. OBJETIVO.- El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento.

**6. Comentario:** En 3 Definiciones: Se recomienda agregar las correspondientes a los siguientes conceptos, que son utilizados en el cuerpo de la norma:

- Caudal base (empleado en el inciso 4.3.3 y en el B.3.1.1 del apéndice B)
- Derrame de un embalse (empleado en el inciso 4.4.9)

- Esguerrimiento hacia aguas abajo (empleada en los incisos 3.1.4, 4.2.1 a 3 y en el A.1.1.1 del apéndice A)
- Hidrograma (empleado en el inciso B.3.1.1 y 2 del apéndice B)
- Volumen anual comprometido aguas abajo (empleado en los incisos 3.14, 4.2.1 y 4.4.9)

**Respuesta:** Procede parcialmente:

- Comentario: Caudal base (empleado en los incisos 4.3.3 y B.3.1.1); Procede, se define como sigue: Gasto o caudal que proviene del agua subterránea.
- Derrame de un embalse (empleado en el inciso 4.4.9); Procede, se define como: Es aquél que descarga a través de una obra de excedencias.
- Esguerrimiento hacia aguas abajo (empleada en los incisos 3.1.4, 4.2.1 y A.1.1.1), No Procede, ya está incluido en 4.2.1.
- Hidrograma (empleado en los incisos B.3.1.1 y 2 del apéndice B); Procede, se define como: Representación gráfica de la variación del gasto o caudal con respecto al tiempo.
- Volumen anual comprometido aguas abajo (empleado en los incisos 3.14., 4.2.1. y 4.4.9), No Procede, ya está incluido en 4.2.2.

**7. Comentario:** En Inciso 3.9: Se considera más adecuado utilizar “vegetación silvestre” en vez de “vegetación nativa”.

**Respuesta:** No procede, el término genérico usual en hidrología es “vegetación”, por lo que el inciso 3.9 queda como sigue:

3.12 Descarga natural: volumen de agua que descarga una unidad hidrogeológica a través de manantiales, vegetación, ríos y humedales, o subterráneamente a cuerpos de agua (mares, lagos y lagunas).

**8. Comentario:** En incisos 3.10; 4.3.3 y 4.3.4: La fracción de la descarga natural que debe conservarse para prevenir un impacto ambiental negativo a los ecosistemas o la migración de agua de mala calidad a una unidad hidrogeológica, definida también como gasto ecológico en el inciso 4.3.3, está considerada también como uso para la conservación (inciso 3.10) y como parte de la extracción de agua subterránea como reservas (inciso 4.3.4). Por otro lado, gran parte del uso “ecológico” está contabilizado en forma indirecta como caudal base y evapotranspiración, lo que significa que este componente podría verse contabilizado hasta cuatro veces en la expresión del inciso 4.3.1, por lo que deben hacerse las adecuaciones y aclaraciones necesarias para evitar esta consideración múltiple del factor ambiental.

Si se mantiene el criterio de “gasto ecológico” y “uso para la conservación”, deberá establecerse la forma de determinar estos volúmenes con base en estudios (de forma similar a las reservas y reglamentos), pues dejar abierta su cuantificación promovería la discrecionalidad en el criterio que la autoridad adopte.

**Respuesta:** Procede, depende de cada caso particular y ya fue considerado en las modificaciones propuestas por el Grupo de Trabajo a los incisos 4.3.3 y 4.3.4, como sigue:

4.3.3 La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que están comprometidos como agua superficial, alimentados por una unidad hidrogeológica, más las descargas que se deben conservar para: no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes; sostener el gasto ecológico; y prevenir la migración de agua de mala calidad a la unidad hidrogeológica considerada.

Transitorio.- Para efectos de la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana, el gasto ecológico se determinará de acuerdo a la norma correspondiente.

4.3.4 Volumen concesionado de agua subterránea, se determina sumando los volúmenes anuales de agua, asignados y concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua para la explotación, uso o aprovechamiento de agua en una unidad hidrogeológica, adicionando, de ser el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, reglamentos y Programación Hidráulica.

**9. Comentario:** En inciso 3.12: Se recomienda simplificar con “Los definidos en la Ley de Aguas Nacionales”.

**Respuesta:** No procede, la simplificación podría causar confusión y no es recomendable en este caso, por lo que el inciso 3.12, queda como sigue:

3.15 Diversos usos: se refiere a todos los usos definidos en la Ley de Aguas Nacionales, como doméstico, agrícola, acuícola, servicios, industrial, conservación ecológica, pecuario, público urbano, recreativo y otros.

**10. Comentario:** En inciso 3.15: Se recomienda agregar "Esguerrimiento desde aguas arriba" por concordancia con los incisos 4.2.2, y 4.2.3 y A.1.1 del Apéndice A.

**Respuesta:** Procede, el inciso 3.15, queda como sigue:

3.17 Esguerrimiento desde aguas arriba: es el volumen medio anual de agua que en forma natural proviene de una cuenca hidrológica ubicada aguas arriba de la cuenca o subcuenca en análisis.

**11. Comentario:** El inciso 3.19: Extracción de agua subterránea debe eliminarse, pues confunde su contenido respecto a lo que se maneja en los incisos 4.3.4 y B.3.2.

**Respuesta:** Procede parcialmente, las adecuaciones se hicieron en los incisos 4.2.2, 4.2.8 y 4.3.4, como sigue:

4.2.2 El volumen medio anual de esguerrimiento de la cuenca hacia aguas abajo del sitio de interés, se determina al aplicar la siguiente expresión.

4.2.8 El volumen anual concesionado de agua superficial se determina sumando los volúmenes anuales asignados y concesionados por la Comisión, mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua para la explotación, uso o aprovechamiento de agua en la cuenca hidrológica, limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, conservación ecológica y reglamentos conforme a la Programación Hidráulica.

4.3.4 El volumen concesionado de agua subterránea, se determina sumando los volúmenes anuales de agua, asignados y concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua para la explotación, uso o aprovechamiento de agua en una unidad hidrogeológica, adicionando, de ser el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, reglamentos y Programación Hidráulica.

**12. Comentario:** Inciso 3.28: Dado que la unidad hidrogeológica está definida "convencionalmente" según el inciso 3.33 (que debería ser hidrogeológicamente), es necesario incluir las aportaciones subterráneas de la misma forma que el flujo subterráneo está considerado dentro de las descargas naturales (inciso B.3.1.4). De esta forma se propone la siguiente redacción:

"Volumen de agua que recibe una unidad hidrogeológica en un intervalo específico por infiltración de la precipitación atmosférica, los esguerrimientos superficiales naturales generados por ésta y las aportaciones de flujos subterráneos".

**Respuesta:** No procede, de acuerdo a las consideraciones de suprimir las definiciones que no se utilizan en la norma: descarga natural no comprometida, recarga artificial, recarga incidental, subcuenca intermedia y uso consuntivo.

**13. Comentario:** Inciso 3.33: Considerando que en la naturaleza no existen materiales impermeables que determinen la no conectividad entre unidades litoestratigráficas, es necesario determinar los límites de conductividad y transmisividad que definan su interdependencia.

**Respuesta:** No procede, no es posible incluir límites numéricos (no es práctico), por la variabilidad de los materiales, además de que está en proceso la publicación del Catálogo de Acuíferos de la Comisión.

**14. Comentario:** Inciso 4.1.1: Se considera que no es necesario iniciar el apartado de Especificaciones insertando literalmente al objeto de la norma, en la mayoría de ellas no se estila.

**Respuesta:** No procede, ya que este apartado complementa el objetivo de la norma.

**15. Comentario:** Inciso 4.2.1: Eliminar "en la descarga", pues el concepto se asocia con aguas subterráneas. Por otro lado, es necesario incluir en la ecuación que determina la disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica, el aporte de agua superficial de la propia cuenca situada aguas abajo del sitio que no fue considerado. Esta misma consideración tendría que efectuarse también en el inciso 3.14.

Asimismo, es necesario indicar el procedimiento y las especificaciones para determinar el "volumen anual actual comprometido aguas abajo" utilizado en la ecuación.

**Respuesta:** Procede parcialmente, en el apartado 4.2 se incluirá un nuevo inciso como:

4.2.10 El volumen anual actual comprometido aguas abajo, se determina como la parte de los escurrimientos de la cuenca hacia aguas abajo, necesaria para cumplir con los volúmenes asignados y concesionados por la Comisión, limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, conservación ecológica, reglamentos y programación hidráulica.

En 4.2.1, se suprime “en la decarga” y se sustituye por salidas, queda como sigue:

4.2.1 Se determina en el cauce principal en la salida de la cuenca hidrológica, mediante la siguiente expresión:

Así como en 4.2.5, queda como sigue:

4.2.5 El volumen anual de retornos, se determina mediante aforo o estimación de las salidas de los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de una cuenca.

**16. Comentario:** Inciso 4.2.2 y Apéndice A.1.1: Existe un error de referencia circular en las fórmulas para determinar el “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo” del inciso 4.2.2 y el “volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca” incluido en el Apéndice A.1.1.

Para calcular el escurrimiento hacia aguas abajo es necesario determinar previamente el escurrimiento natural de la cuenca y el método de registros hidrométricos para obtener este último escurrimiento precisa de la medición del escurrimiento hacia aguas abajo, el cual es el factor original a evaluar.

Por otra parte, el inciso 4.2.2 indica que este escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo se determina por medio de aforos, y a la falta de ellos, se calcula a través de la ecuación que utiliza el escurrimiento natural, que a su vez puede obtenerse por el método de registros hidrométricos del inciso A.1.1 basado en estos aforos. Considerando la existencia de aforos, entonces, no es necesario el procedimiento del inciso A.1.1, por lo que se recomienda eliminarlo, al igual que el ejemplo del Apéndice Informativo “C”.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se harán las adecuaciones necesarias en 4.2.2 (suprimir a partir de aforos o, a falta de ellos), queda como sigue:

4.2.2 El volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo del sitio de interés, se determina al aplicar la siguiente expresión.

En A.1.1 y Apéndice Informativo “C”, queda como sigue:

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{VOLUMEN ANUAL DE} & & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & & \text{VOLUMEN ANUAL} & & \text{VOLUMEN ANUAL DE} \\
 \text{ESCURRIMIENTO} & = & \text{ESCURRIMIENTO} & + & \text{CONCESIONADO DE} & - & \text{ESCURRIMIENTO} \\
 \text{NATURAL DE LA} & & \text{AFORADO DE LA} & & \text{AGUA SUPERFICIAL} & & \text{AFORADO DESDE LA} \\
 \text{CUENCA} & & \text{CUENCA HACIA AGUAS} & & \text{(EXB)} & & \text{CUENCA AGUAS} \\
 \text{(CP)} & & \text{ABAJO (V}_2\text{)} & & & & \text{ARRIBA (V}_1\text{)} \\
 \\
 + & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & - & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & - & \text{VOLUMEN ANUAL} & \\
 & \text{EXPORTACIONES} & & \text{IMPORTACIONES} & & \text{DE RETORNOS} & 
 \end{array}$$

**17. Comentario:** Inciso 4.2.5: Eliminar “de las descargas” pues como ya se mencionó, el término se asocia a aguas subterráneas.

**Respuesta:** Procede, se elimina y se cambia por “salidas”, el inciso 4.2.5, queda como sigue:

4.2.5 El volumen anual de retornos, se determina mediante aforo o estimación de las salidas de los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de una cuenca.

**18. Comentario:** Inciso 4.2.10: Los incisos 4.2.1 a 4.2.9 indican el procedimiento para determinar la disponibilidad de aguas superficiales de una cuenca o subcuenca según indica el esquema de interconexión de la cuenca B en estudio, lo que es de utilidad para la CNA en la programación hidráulica, pero no explican de forma clara y detallada las variaciones al procedimiento para determinar esta disponibilidad en un punto específico, que pudiera ser de interés de los particulares. Se requiere, por tanto, incluir procedimientos que aclaren este caso.

**Respuesta:** No procede, porque el método puede aplicarse indistintamente en cualquier sitio de la cuenca, está referido en el inciso 4.2.10.

**19. Comentario:** Inciso 4.3.1: El último término de la expresión debe ser congruente con el del inciso 4.3.4, por lo que debiera sustituirse "VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUA SUBTERRANEA" por "EXTRACCION DE AGUA SUBTERRANEA".

**Respuesta:** Procede, se modificó el inciso 4.3.4, como sigue:

4.3.4 Volumen concesionado de agua subterránea, se determina sumando los volúmenes anuales de agua, asignados y concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua para la explotación, uso o aprovechamiento de agua en una unidad hidrogeológica, adicionando, de ser el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, reglamentos y Programación Hidráulica.

**20. Comentario:** Inciso 4.3.2 y Apéndice B: Faltaría incluir los conceptos de recarga incidental y recarga artificial (incisos 3.26 y 3.27) como componentes de la recarga total.

**Respuesta:** No procede, todas las formas de ingreso de agua al acuífero están incluidas en Recarga total, por lo que 3.25 Recarga total queda como sigue:

3.28 Recarga total: volumen de agua que recibe una unidad hidrogeológica, en un intervalo de tiempo específico.

**21. Comentario:** Incisos 4.3.4 y B.3.2: La extracción de agua subterránea debe ser congruente en los incisos B.3.2 por lo que debe agregarse al final del inciso "... adicionado, de ser el caso, los volúmenes correspondientes a reservas y reglamentos conforme a la Programación Hidráulica".

**Respuesta:** Procede, está incluida en el comentario 19.

**22. Comentario:** Apéndice A, inciso A.1.2.1: El método de precipitación-escorrimento no toma en cuenta la evapotranspiración, si se considera que la Introducción refiere que cerca del 70% de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación, resulta necesario incluir este componente.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se incluirá comentario al final de la tabla de cálculo del coeficiente de escurrimiento anual  $C_e$ , como sigue:

La evapotranspiración está incluida en el coeficiente de escurrimiento.

**23. Comentario:** Inciso B.1: Con el fin de incluir las recargas incidentales y artificiales, y reconociendo que las recargas artificial e incidental, así como las aportaciones subterráneas estarían implícitamente contempladas en la ecuación como parte de la recarga total, y de acuerdo con lo comentado para el inciso 3.28, se propone incluir lo siguiente:

"Cuando se disponga de estimaciones confiables de recargas artificiales o incidentales, así como de aportaciones subterráneas, pero la geometría de la unidad hidrogeológica aunado a sus características de conductividad y transmisividad, no permitan el registro de este aporte en el cambio de almacenamiento, se podrá utilizar la siguiente expresión evitando la duplicación de estos términos en el balance".

RECARGA =	CAMBIO DE +	DESCARGA +	RECARGA +	RECARGA +	APORTACIONES
TOTAL	ALMACENAMIENTO	TOTAL	ARTIFICIAL	INCIDENTAL	SUBTERRANEAS

En todos los casos, la correcta aplicación de este criterio sería evaluado por la autoridad y la determinación de la disponibilidad de aguas subterráneas no estaría comprometida si se considera la fórmula propuesta.

**Respuesta:** No procede, está incluido en la respuesta del comentario 20.

**24. Comentario:** En las ecuaciones de los incisos B.1 y 4.3.1: Ambas expresiones contienen términos y componentes similares, por lo que al hacer una simplificación algebraica basada en las definiciones y preceptos de la norma se tiene lo siguiente:

$$DT = DN_C + DN_{NC} + ES$$

Donde:

DT = Descarga Total

$DN_C$  = Descarga Natural Comprometida (caudal base, volumen concesionado de manantiales, evapotranspiración y gasto ecológico basado en estudios).

$DN_{NC}$  = Descarga Natural No Comprometida (volumen libre de manantiales, caudal base, evapotranspiración y flujo subterráneo).

ES = Extracción de agua subterránea (extracción y reservas y reglamentos).

Sustituyendo los términos anteriores en la expresión para la Recarga Total del inciso B.1 se tiene que:

$$RT = CA + DN_C + DN_{NC} + ES$$

Donde:

RT = Recarga Total

CA = Cambio de Almacenamiento de la Unidad Hidrogeológica

Sustituyendo ahora el término de Recarga Total del inciso 4.3.1 en la ecuación anterior, se obtendría que:

$$DS = CA + DN_C + DN_{NC} + ES - DN_C - ES$$

Donde:

DS = Disponibilidad de agua subterránea

CA = Cambio de almacenamiento

Reordenando y simplificando términos se tiene:

$$DS = CA + DN_{NC} + DN_C - DN_C + ES - ES$$

De esta forma la Disponibilidad de Agua Subterránea en una unidad hidrogeológica sería igual al cambio de almacenamiento más las descargas naturales no comprometidas.

Este análisis permite demostrar la importancia de considerar la evapotranspiración y el flujo subterráneo en la determinación de la disponibilidad del agua subterránea.

Si este análisis es congruente con los objetivos de la norma, se solicita simplificar la expresión del inciso 4.3.1 y el Apéndice Normativo "B" y considera los comentarios hechos al inciso B.1. En caso contrario deberán realizarse las justificaciones y aclaraciones pertinentes.

**Respuesta:** No procede. El volumen concesionado no es necesariamente equivalente a la extracción de aguas subterráneas; por tanto, no es válido el manejo y la simplificación que se proponen de la expresión 4.3.1 y de la expresión del Apéndice Normativo B.1. En la primera de ellas se utiliza el volumen concesionado de agua subterránea, porque éste es el volumen legalmente comprometido, aun cuando en principio no coincida con la extracción real. Conforme se vaya realizando la verificación física de los aprovechamientos y se hagan los ajustes pertinentes en las concesiones, los volúmenes comprometidos y los extraídos tenderán a ser coincidentes. Por otro lado, en el Apéndice Normativo B.1 se plantea un balance de masa correspondiente a un intervalo de tiempo seleccionado, a partir del cual se deduce el valor de la recarga media, por lo que en la expresión respectiva interviene la extracción de agua estimada para ese intervalo.

**25. Comentario:** Inciso B.3.1.2: Sustituir "... se determina integrando el área bajo el histograma, ..." por "...se determina calculando el valor medio del área bajo el histograma,..." en razón de que sólo se utiliza valor medio y el intervalo para el cálculo del área.

**Respuesta:** No procede, el término adecuado es hidrograma.

**26. Comentario:** Inciso B.3.1.3, último párrafo: Tomando en cuenta que en el territorio nacional confluyen una variedad de climas que modifican en gran medida el factor de evapotranspiración, a tal grado que en ciertas regiones pueden representar volúmenes importantes de agua, es necesario dejar abierta en la norma la posibilidad de determinar este elemento por separado, debido a que "el método establecido debe considerarse como el requerimiento mínimo obligatorio para determinar la disponibilidad media de aguas nacionales".

Por lo anterior se sugiere eliminar el último párrafo del inciso B.3.1.3, dicha modificación no altera los preceptos del apéndice.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se modificará el último párrafo de B.3.1.3, queda como sigue:

La descarga de agua subterránea por evapotranspiración depende de varios factores climáticos, hidrogeológicos y fisiológicos (tipo y densidad de vegetación), que por su amplia variación en el espacio y en el tiempo no son controlables a la escala de una cuenca o de un acuífero. Ante esta dificultad, la magnitud de este componente de descarga no se estimará por separado y su valor quedará implícito en el resultado del balance, lo cual se traducirá en una estimación conservadora de la recarga y de la disponibilidad de agua subterránea.

**Promovente:** Ing. Eduardo Luna Arellano

Presidente de la Cámara Minera de México

**Fecha de recepción:** 2 de octubre de 2001

**1. Comentario:** En INTRODUCCION la redacción del último párrafo de este punto introductorio implica la adopción estricta del método o de los procedimientos descritos en la NOM, dando a otros métodos tan sólo una importancia secundaria al considerarlos como adicionales o complementarios, no obstante que esos otros métodos pueden ser más precisos que el propuesto, como el propio Proyecto de Norma lo reconoce.

La propuesta que se presenta pretende que se reconozca la necesidad de utilizar siempre y en primera instancia el mejor método sin preeminencia de ninguno y consignar la adopción, desde un principio, del que se considere más eficaz.

En tal virtud proponemos se cambie la redacción del último párrafo del apartado cero, por la siguiente:

“El método establecido en el presente Proyecto (la presente Norma) no excluye la aplicación preferente de métodos más laboriosos y precisos, cuando la información disponible lo permita, en cuyo caso la CNA adoptará el más preciso.

En el caso de discrepancia en cuanto a cuál es el método más preciso, entre la CNA y los interesados, la determinación corresponderá al Colegio de Ingenieros Civiles o a la Institución de Educación Superior que se designe por ambas partes.

Para tales efectos, la CNA, 60 días antes de dar inicio a los trabajos para determinar la disponibilidad media de aguas nacionales en una cuenca o subcuenca hidrológica, deberá publicar un aviso en el DOF, en el que identifique la cuenca o subcuenca, los municipios y la entidad federativa en la que aquélla se encuentre y el método que propone utilizar, con el fin de que los interesados puedan formular propuestas de métodos alternos y proporcionar o identificar la información que consideren necesaria para la realización de los cálculos.”

**Respuesta:** Procede parcialmente, se atiende en la respuesta del comentario número 3 de la Subdirección de Ecología.

**2. Comentario:** Objetivo, dado que no se considerará como método único, se propone cambiar el artículo determinado “el” por el artículo indeterminado “un”.

**Respuesta:** No procede, ya que lo que se pretende es normar el método base y se atiende en la respuesta del comentario número 5 de la Subdirección de Ecología.

**3. Comentario:** Campo de Aplicación, por las razones expuestas en el punto 0. y a fin de no considerar el método contenido en este proyecto como excluyente de cualesquier otros, se propone adicionar al final del mismo lo siguiente:

...conforme al último párrafo del punto 0., “Introducción” de esta Norma.

**Respuesta:** No procede, se atiende en la respuesta del comentario número 3 de la Subdirección de Ecología.

**4. Comentario:** Se sugiere modificar en Definiciones 3.3 Cambio de almacenamiento como sigue:

...intervalo de tiempo previamente determinado, conforme a las características específicas de la unidad en estudio.

**Respuesta:** No procede, como se encuentra definido es claro y está correctamente expresado, modificarlo, podría causar confusión y no es recomendable.

**5. Comentario:** Se sugiere modificar en Definiciones 3.10 Descarga natural comprometida considerando que:

Dado que descarga natural comprometida es un elemento esencial de las fórmulas o procedimientos y determinante en su resultado, debe buscarse que su cuantificación sea lo más precisa posible, por lo que al final del párrafo se debe agregar lo siguiente:

...cuyo valor se debe determinar de conformidad con los estudios que se realicen para tal efecto.

**Respuesta:** No procede, porque no existen los estudios realizados exclusivamente para determinar la descarga natural comprometida como aparenta expresar la redacción propuesta.

**6. Comentario:** Se sugiere modificar en Definiciones 3.28 Recarga natural argumentando que:

En la definición actual tan sólo se consideran elementos de esta recarga los provenientes de la superficie, dejándose de considerar el aporte subterráneo.

Ya que el aporte subterráneo en muchos casos puede ser el más cuantioso y que la recarga natural es un elemento determinante para determinar la disponibilidad, estimamos indispensable incorporar el primero para su consideración, mediante la siguiente redacción: considerar este importante elemento, por lo cual la redacción debe modificarse como sigue:

“Volumen que recibe una unidad hidrológica en un intervalo de tiempo específico, a través de sus límites superficiales y subterráneos”.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se atiende en la respuesta del comentario número 12 de la Subdirección de Ecología.

**7. Comentario:** 3.33 Unidad hidrogeológica, deben darse los criterios técnicos para determinar los límites de la unidad en estudio, por lo que el término “convencionalmente” debe cambiarse por “hidrogeológicamente”.

**Respuesta:** No procede, se aclara en la respuesta del comentario número 13 de la Subdirección de Ecología. Adicionalmente, aunque en la delimitación de acuíferos se aplicaron criterios hidrográficos, geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, en algunos casos, para facilitar la administración del recurso subterráneo, fueron sustituidos parte de estos límites por segmentos de límites políticos municipales o estatales cuyo trazo se asemeja al original.

**8. Comentario:** 4. ESPECIFICACIONES 4.2.1 En la fórmula para determinar la “disponibilidad media anual de agua superficial” se señala que ésta será el resultado de restar al “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo”, “el volumen anual actual comprometido aguas abajo”.

Al respecto, si bien en los puntos 4.2.3 a 4.2.8 se dan los elementos para determinar el valor del “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo”, ni en los puntos subsecuentes, ni en el Apéndice Normativo “A”, se dan los necesarios para determinar el valor del “volumen anual actual comprometido aguas abajo”.

La NOM sería deficiente sin señalar estos componentes por lo que se estima necesario incorporarlos.

En la fórmula se está considerando que el volumen anual actual comprometido aguas abajo proviene en su totalidad de la cuenca en estudio de lo que resultaría el contrasentido de considerar que todo el volumen comprometido en la cuenca inferior debe provenir de la inmediata superior, que es la que se evalúa, sin considerar cuál es el volumen que se capta en la primera por aportes desde su propia superficie. Se debe adicionar el volumen que recibe la cuenca aguas abajo de otras fuentes, además de los provenientes de la cuenca en estudio.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se aclara en la respuesta del comentario número 15 de la Subdirección de Ecología.

**9. Comentario:** 4. ESPECIFICACIONES 4.2.1 y 4.2.2.

Existe inconsistencia en la denominación de algunos elementos:

En los puntos 4.2.1 y 4.2.2 se hace referencia al “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo”; sin embargo, en el punto A.1.1.1 del Apéndice Normativo “A” se cita como “volumen anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo” (se suprime la palabra “medio”).

Inconsistencia similar se presenta entre la mención del “volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba”, visible en el punto 4.2.2. y “volumen anual de escurrimiento de la cuenca desde aguas arriba”, visible en el punto A.1.1.1 del Apéndice Normativo “A” (en este último se suprime la palabra “medio” y se dice: “...escurrimiento de la cuenca desde aguas arriba.”, mientras que en el primero se dice: “...escurrimiento desde la cuenca aguas arriba”).

Por razones de técnica legislativa y gramatical, ambos se deben homologar.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se aclara en la respuesta del comentario número 16 de la Subdirección de Ecología.

**10. Comentario:** 4. ESPECIFICACIONES 4.3 Los datos registrados en el REPDA pueden no corresponder a las extracciones reales, por lo cual se propone que el elemento base del cálculo sea el volumen real de extracciones, sin omitir los valores que correspondan a evapotranspiración y al flujo subterráneo según la redacción a los siguientes puntos:

“4.3.1 Se determina por medio de la siguiente expresión:

$$\begin{array}{l} \text{DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL} \\ \text{DE AGUA SUBTERRANEA EN} \\ \text{UNA UNIDAD HIDROGEOLOGICA} \end{array} = \begin{array}{l} \text{RECARGA} \\ \text{TOTAL} \\ \text{MEDIA ANUAL} \end{array} - \begin{array}{l} \text{DESCARGA} \\ \text{NATURAL} \\ \text{COMPROMETIDA} \end{array} - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN REAL} \\ \text{EXTRAIDO} \\ \text{DE AGUA} \\ \text{SUBTERRANEA} \end{array}$$

“4.3.4 La extracción de agua subterránea, se determina sumando los volúmenes anuales reales extraídos de agua, adicionando, de ser el caso, los volúmenes correspondientes a reservas y reglamentos conforme a la Programación Hidráulica.”

**Respuesta:** Procede parcialmente, se aclara en la respuesta del comentario número 19 de la Subdirección de Ecología. El último término de la ecuación debe ser volumen concesionado de agua subterránea.

**11. Comentario:** Apéndice Normativo “B”.

B.3.1.3 La evapotranspiración es un componente de la Descarga Total del acuífero y si se elimina su inclusión, se reduce la disponibilidad. Lo mismo sucede si no se toma en cuenta el caudal base de drenaje del acuífero (B.3.1.1), que en algunos casos no se mide por falta de estaciones hidrométricas.

Es necesario considerar y dar valor a estos elementos.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se aclara en la respuesta del comentario número 26 del Ing. Fernando Hiriart Balderrama.

**12. Comentario:** Capítulo 0 Introducción.

Pág. 34 párrafo 4o. Se menciona que los escurrimientos superficiales y subterráneos que descargan ... constituyen el escurrimiento conocido como natural o “virgen”. En la pág. 36 inciso 3.16 define Escurrimiento natural como: ... el volumen medio anual de agua superficial ... (no incluye el escurrimiento subterráneo). Una de las dos definiciones no debe tomarse en cuenta.

Pág. 34 último párrafo. El método establecido para el cálculo de la disponibilidad media anual es el requerimiento técnico mínimo obligatorio ... y no excluye la aplicación de métodos complementarios más complicados y precisos ... en cuyo caso la CNA determinará cuáles son los que prevalecen. Se debe entender con esto que los métodos complementarios no son sustitutos de los establecidos en el Proyecto y que la CNA podrá tener la última palabra en una controversia, lo que es posible que deje abierta la posibilidad de diálogo entre las partes, si los métodos complicados y precisos proporcionan resultados diferentes al método establecido.

**Respuesta:** El primer comentario procede, por lo que se cambió el término “descarga”, por “salida” para el caso de las aguas superficiales.

El segundo comentario procede parcialmente. En la primera idea, se aclara que efectivamente los métodos complementarios no son sustitutos de los establecidos en el Proyecto; sin embargo, en caso de

controversia, se apegará a la Ley sobre Metrología y Normalización que señala al Comité como responsable de resolver sobre controversias técnicas.

**13. Comentario:** Capítulo 2 Campo de aplicación.

Para usuarios que opten por realizar estudios para la determinación de la disponibilidad media anual de aguas nacionales. Esto es importante, pues en la pág. 39, inciso 4.48, se establece que en el caso de cuencas y unidades hidrogeológicas en estudio, ... serán establecidos ... de la Comisión. Se interpreta que mientras no exista estudio alguno, la CNA determinará la disponibilidad del acuífero con base en la norma y los estudios que tenga para cada caso.

**Respuesta:** No procede, la determinación de la disponibilidad se realizará con la información existente, siempre y cuando esta información sea la mínima requerida en este Proyecto para su cálculo. De no contarse con esta información base, no se publicará valor de disponibilidad para ese acuífero. Se atiende en la respuesta del comentario 3 de la DGCOH.

**14. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.3 Cambio de almacenamiento: Es necesario tomar en cuenta que este valor debe relacionarse con el intervalo de tiempo durante el que se mide.

**Respuesta:** Procede, como está expresado en el Proyecto, sin acotarlo, y aunque se refiere en la definición a un intervalo de tiempo cualquiera, en el Apéndice B, punto 2 se especifica que debe ser el intervalo de tiempo considerado en el balance, tal y como se propone en su observación. Se atiende en la respuesta del comentario 4 de CAMIMEX.

**15. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.7 Cuenca hidrológica: Esta es la unidad de gestión del recurso hidráulico y comprende los acuíferos que se encuentran dentro de ella.

**Respuesta:** No procede, debido a que no necesariamente coinciden acuíferos dentro de las cuencas hidrológicas. En muchos casos los acuíferos transgreden los límites de las cuencas hidrológicas. Adicionalmente, el acuífero es otra unidad de gestión, para el caso de las aguas subterráneas, por lo que 3.7 cuenca hidrológica queda como sigue:

3.9 Cuenca hidrológica: el territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. La cuenca, conjuntamente con los acuíferos, constituyen la unidad de gestión del recurso hidráulico.

**16. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.9 Descarga natural: Se refiere sólo a las descargas, hacia la superficie o subterráneamente, de acuíferos.

**Respuesta:** Procede la observación y se cambió el término "descarga" de aguas superficiales, por el término "salida" de aguas superficiales.

**17. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.10 Descarga natural comprometida (DNC): Se refiere sólo a descargas comprometidas de acuíferos hacia la superficie.

**Respuesta:** No procede, ya que se refiere a las descargas que tienen los acuíferos, tanto a la superficie, como la fracción del caudal base, manantiales, etc., como subterráneamente a otro acuífero, o para mantener el avance de la intrusión marina en acuíferos costeros.

**18. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.13 Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica: Extracción que está disponible de una unidad hidrogeológica adicional a la concesionada (REPDA) y a la descarga natural comprometida (definición 3.10), sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas. La extracción concesionada y la descarga natural comprometida deben ser las que están registradas únicamente en el REPDA (Registro Nacional de Derechos del Agua) y que previenen un impacto ambiental negativo a los ecosistemas, lo que ya debe incluir evitar el poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas. En este concepto de las descargas naturales comprometidas, que son de agua superficial, pueden estar consideradas en la disponibilidad correspondiente a las aguas superficiales y existe el peligro de restarse dos veces.

**Respuesta:** No procede, porque no es la extracción la que está disponible, sino un: "volumen medio anual de agua subterránea, que puede ser extraído.....".

Si existe disponibilidad en una unidad hidrogeológica, ya existe la consideración de que ese volumen podrá ser extraído sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

Adicionalmente, se aclara que el REPDA no tiene registrado el volumen que por concepto de equilibrio ecológico deba mantenerse como salidas o descargas de una cuenca o una unidad hidrogeológica. Este volumen se determina para cada caso de manera individual, apoyándose en la existencia de decretos y en general de la Programación Hidráulica.

**19. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.16 Esguerrimiento natural: De acuerdo con la definición, este volumen incluye la descarga natural comprometida aplicable a los acuíferos y también puede existir una situación en que se reste dos veces.

**Respuesta:** No procede, porque se realizó el análisis y no se detecta la razón por la que se teme que sean restados dos veces este concepto.

En la obtención del balance de aguas subterráneas, se determina la recarga total considerando el total de las descargas naturales. Para determinar la disponibilidad media anual de aguas subterráneas, al total de entradas se le resta la fracción comprometida de esas descargas, o sea, las descargas naturales comprometidas, por lo que no hay riesgo de doble contabilidad.

**20. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.18 Evapotranspiración: A la definición le falta incluir que éste es una componente importante del proceso de descarga de los acuíferos.

**Respuesta:** No procede, se aclara en el último párrafo del punto B.3.1.3. del Proyecto de NOM, se aclara la inquietud correspondiente.

**21. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.25 Recarga total (RT): Igual que el cambio de almacenamiento, el periodo de tiempo utilizado para su cuantificación debe ser el mismo.

**Respuesta:** Procede, aun cuando en la definición no se especifica, en el Apéndice B se señala que el periodo de tiempo considerado será el que corresponda al del balance de aguas subterráneas.

**22. Comentario:** Capítulo 3 Definiciones 3.33 Unidad hidrogeológica: Se refiere a estratos geológicos (acuíferos, acuitados y acuíclados) que se conectan entre sí, horizontal y/o verticalmente delimitados convencionalmente. En este caso deben ser delimitados geométrica e hidráulicamente con la información existente. Debería especificarse si esta unidad contiene acuíferos.

**Respuesta:** No procede, las unidades hidrogeológicas son definidas con criterios hidrográficos, geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos. Sin embargo, para fines de administración fueron realizados algunos ajustes de carácter geopolítico (límites municipales y estatales), razón por la cual se señala el término "convencionalmente". Adicionalmente fue realizado un trabajo de delimitación de unidades hidrogeológicas, mismo que la Comisión Nacional del Agua está por publicar.

**23. Comentario:** Capítulo 4 Especificaciones 4.3 Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica (DMAS).

Considerando que el volumen concesionado de agua subterránea es el registrado en el REPDA, y que todos los términos son medios anuales para el mismo periodo, por definición se obtiene lo siguiente:

$$DMAS = RT - DNC - REPDA - RES - REG \quad (1)$$

RT = Determinada mediante metodología del Apéndice Normativo "B" de este Proyecto.

DNC = Determinada como los registros de concesiones de manantiales en el REPDA, más caudal de flujo base concesionado en ríos y registrado en el REPDA, más caudal de agua ecológico (gasto ecológico) sin definición y, en caso de conexión con unidades hidrológicas adyacentes, descargas de agua subterránea comprometidas como recarga de igual índole en dichas unidades.

REPDA = Volúmenes anuales de agua concesionada y asignada por la CNA mediante títulos registrados e inscritos.

RES = Reservas de agua decretadas para la misma unidad hidrogeológica para usos establecidos en el mismo decreto.

REG = Volúmenes de agua reglamentados que afecten la DMAS, con base en reglamentos para la unidad de gestión, convenios interestatales y/o convenios internacionales.

Los dos últimos términos aparecen en la Ley de Aguas Nacionales y no se encuentran definidos en el Proyecto de Norma. También se establece que para las unidades en estudio serán establecidos en los reglamentos y disposiciones de la CNA, lo que no establece su grado de disponibilidad para consulta pública.

**Respuesta:** No procede, por simplicidad deberá conservarse la ecuación como está, que los casos en los que intervienen los volúmenes de reserva y los reglamentados, están perfectamente aclarados con la nueva redacción que se dio a este párrafo del punto 4.3.4 del Proyecto de NOM.

**24. Comentario:** APENDICE NORMATIVO B. METODOS PARA DETERMINAR LA RECARGA TOTAL DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA.

B.1 Balance de aguas subterráneas. La ecuación de balance es la siguiente:

$$RT = CA + DT \quad (2)$$

RT = definida en inciso 3.25

CA = definida en inciso 3.3

DT = definida en inciso B.3

Los tres conceptos se definen para el mismo periodo de tiempo, y como se establece en el Proyecto, debe comprender años secos y lluviosos. También establece que a falta de datos se utilice un periodo de 1 año, lo que no debe aceptarse sin tomar en cuenta el riesgo que implica.

B.2 Cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica.

Las partes más importantes de este concepto es el coeficiente de almacenamiento y la extensión de la unidad hidrogeológica. Los principales errores provienen de la determinación de la segunda.

B.3 Descarga total.

Tomando en cuenta la definición de la descarga natural, falta incluir la evapotranspiración del almacenamiento y determinar si la extracción es la real o la registrada en el REPDA. En la medida en que sea subestimado este concepto, disminuirá la recarga total. En el inciso B.3.1.3 Evapotranspiración, se indica que ... la magnitud de esta componente de descarga no se estimará ... lo cual se traducirá en una estimación conservadora de la recarga y de la disponibilidad ... En el inciso B.3.2 Extracción, se indica que se obtendrá la extracción ... a partir de ... Registro Público de Derechos de Agua. En algunos acuíferos el REPDA es mayor que la extracción real y en otros es menor.

B.5 Información requerida.

No se establece si la información requerida es para quien haga el estudio, o si es la que debe usar la CNA, o ambos.

**Respuesta:** No procede, con los cambios realizados al Proyecto de NOM, quedan aclaradas las dudas y falta de claridad que se menciona existe en los textos del documento.

El periodo de balance marca el periodo a considerar para la determinación de la recarga total, cambio de almacenamiento y descarga total.

La información es la mínima requerida para todo aquel que desee determinar por su cuenta la disponibilidad media anual de aguas nacionales.

**25. Comentario:** Ecuaciones básicas de la NOM, dentro del cuerpo principal del texto de la NOM se presentan dos ecuaciones básicas, la primera en el apartado 4.3 y la segunda en el Apéndice Normativo "B", que a la letra son:

$$\begin{array}{l} \text{DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL} \\ \text{DE AGUA SUBTERRANEA EN} \\ \text{UNA UNIDAD} \\ \text{HIDROGEOLOGICA} \end{array} = \begin{array}{l} \text{RECARGA} \\ \text{TOTAL MEDIA} \\ \text{ANUAL} \end{array} - \begin{array}{l} \text{DESCARGA NATURAL} \\ \text{COMPROMETIDA} \end{array} - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN} \\ \text{CONCESIONADO DE} \\ \text{AGUA SUBTERRANEA} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{RECARGA TOTAL (SUMA DE} \\ \text{ENTRADAS)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO DE LA} \\ \text{UNIDAD HIDROGEOLOGICA} \end{array} + \begin{array}{l} \text{DESCARGA TOTAL} \\ \text{(SUMA DE SALIDAS)} \end{array}$$

Para simplificar estas expresiones, en el presente documento se sustituyen por:

$$DH = RT - DNC - EXT \quad (1)$$

para la primera expresión, y

$$RT = CAL + DT \quad (2)$$

para la segunda expresión, como se indica en el Apéndice 1.

#### APENDICE 1

##### ANALISIS DE LAS ECUACIONES BASICAS DE LA NOM

Dentro del texto de la NOM se presentan dos expresiones relativas a la disponibilidad de aguas nacionales subterráneas y la recarga total, respectivamente, las que se cambian por:

$$DH = RT - DNC - EXT \quad (1)$$

para la primera expresión, y

$$RT = CAL + DT \quad (2)$$

para la segunda expresión.

De estas dos expresiones se obtiene por sustitución:

$$DH = CAL + DT - DNC - EXT \quad (3)$$

que es una combinación de (1) y (2).

En la expresión (3) cada término está definido como valor medio anual para una unidad hidrogeológica de la siguiente forma:

DH = Disponibilidad de agua subterránea.

CAL = Cambio de almacenamiento.

DT = Descarga total (suma de salidas).

DNC = Descarga natural comprometida.

EXT = Volumen de extracción de agua subterránea.

De acuerdo con el texto de la NOM y del Apéndice Normativo "B", cada uno de los términos anteriores se refieren a lo siguiente:

3.13 DH [Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica: volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de una unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.]

Se entiende que este término es un volumen medio anual disponible dentro de la unidad hidrogeológica para asignarse y/o concesionarse, por lo que de una recarga total menos una descarga natural comprometida y otra registrada como extracción (REPDA), se genera un saldo que puede ser utilizado, aunque dicho aprovechamiento no debe poner en peligro el equilibrio de uno o varios ecosistemas asociados con la unidad hidrogeológica. Si el volumen considerado como descarga natural comprometida incluye el correspondiente al que evita el riesgo del desequilibrio del ecosistema mencionado, se comentará más adelante en ese término de la expresión (3), y si no lo considera incluido, entonces falta definir el procedimiento para calcularlo.

En el caso de que sea necesario el cálculo del volumen comprometido para evitar el riesgo de un desequilibrio en el ecosistema asociado, debería ser aplicado a un ecosistema actual (relativo a la fecha del cálculo de la DH), previo al actual, o posterior al mismo (designándose una fecha). Se considera que el cálculo de este volumen debe estar aplicado a un uso de tipo consuntivo, que corresponda a aquel que mantenga un nivel de saturación con agua de un cuerpo superior de la unidad hidrogeológica, un drenaje

hacia la superficie del terreno y, consecuentemente, una descarga de agua subterránea, si la cuenca donde se encuentra la unidad hidrogeológica es del tipo abierta. Por tanto, se refiere a un volumen medio anual de descarga. La metodología de cálculo de este tipo de volumen no está incluida en el Proyecto de NOM.

B.2 CAL [El cambio de almacenamiento en el intervalo de tiempo considerado en el balance, se determina a partir de la evolución de los niveles del agua subterránea correspondientes al mismo intervalo y de valores representativos del coeficiente de almacenamiento del acuífero. El valor de este coeficiente se determina a partir de pruebas de bombeo y/o con base en consideraciones relativas al tipo y litología del acuífero en estudio.]

Este término de la ecuación está aplicado a una unidad hidrogeológica, la cual se define en el Proyecto de NOM como: Conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas.

Se entiende que el límite lateral de la unidad puede ser un parteaguas fisiográfico, cuando se cumpla el estado de conexión hidráulica de los estratos geológicos o, en su caso, y consecuentemente, debe ser una frontera lateral físicamente, no sólo hidrodinámicamente, impermeable. Por tanto, la convención de su límite lateral para evaluar, manejar y administrar la DH en la unidad debe entenderse hasta el parteaguas fisiográfico o su límite permeable. Este mismo concepto se entiende desde el punto de vista de límite vertical, sin embargo, este Proyecto de NOM no parece establecer diferentes DH para unidades hidrogeológicas que ocupen la misma superficie del terreno superior, pues aparentemente se define acuífero como: formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento, definidos en superficie conforme al catálogo de acuíferos que publique la Comisión Nacional del Agua. Por tanto, si dos acuíferos ocupan una superficie común, se debe entender que cada uno tendrá su propia DH.

Al analizar la definición de CAL, calculada en el intervalo de tiempo considerado en el balance, y hacer uso de la evolución de los niveles del agua subterránea correspondientes al mismo intervalo, se puede cometer el error de sobrevaluar dicho cambio de almacenamiento de agua subterránea al no tomar en cuenta los efectos hidráulicos transitorios, que tienden a estabilizar el nivel de referencia al presentarse el efecto de retraso de alimentación lateral y vertical, y si la unidad hidrogeológica es de menor extensión que la cuenca natural de captación del agua subterránea, se añade otro efecto de sobrevaluación del cambio de almacenamiento de agua subterránea, lo que consecuentemente disminuye el valor de la recarga total en caso de abatimiento y la aumenta en caso de recuperación. Este efecto reduce o aumenta la DH del acuífero y de la unidad hidrogeológica. Las bases para determinar esta convención de los límites laterales e inferiores del acuífero no están incluidas en el Proyecto de NOM, como tampoco los efectos hidráulicos transitorios.

Todo lo anterior es bajo la consideración de que el método para resolver las ecuaciones de balance volumétrico sea el técnicamente adecuado, pues el Proyecto de NOM no lo establece, o bien, que el coeficiente de almacenamiento (medio regional y equivalente) sea determinado a partir de pruebas de bombeo y/o con base en consideraciones relativas al tipo y litología del acuífero en estudio, lo cual aparentemente se debe consultar en la bibliografía que se incluye. En su caso debería de establecerse una norma para el cálculo de dicho coeficiente de almacenamiento, o el procedimiento más adecuado para su evaluación.

B.3 DT [La descarga total de una unidad hidrogeológica en el intervalo de tiempo considerado en el balance, se calcula como la suma de los volúmenes descargados en forma natural y de los extraídos de la misma por medio de captaciones, durante el mismo intervalo.] La expresión de lo anterior es:

$$DT = DN + EXT \quad (4)$$

Donde: DN = Descarga natural

EXT = Extracción

La DN es la suma del caudal base,  $DN_{CB}$ , más manantiales,  $DN_{MAN}$ , más evapotranspiración,  $DN_{EVT}$ , más flujo subterráneo,  $DN_{FS}$  bajo la siguiente expresión integrada a (4):

$$DT = DN_{CB} + DN_{MAN} + DN_{EVT} + DN_{FS} + EXT \quad (5)$$

El primer término de (5),  $DN_{CB}$ , está definido como sigue: La descarga de una unidad hidrogeológica a una corriente superficial, por convención denominada "Caudal Base", se determina a partir de los datos registrados en estaciones hidrométricas instaladas sobre el cauce de la corriente, mediante el análisis de hidrogramas para diferenciar el caudal base, del escurrimiento directo. Si se dispone de varias estaciones hidrométricas, el método mencionado se aplicará a los tramos comprendidos entre ellas, para conocer la distribución de esta descarga a lo largo del cauce. Este valor tiene la particularidad de que se integra al escurrimiento superficial y en la mayoría de los casos se encuentra comprometido aguas abajo o se concesiona y titula bajo el REPDA (superficial). Cuando esto sucede, pasa a ser parte de la DNC.

El segundo término de (5),  $DN_{MAN}$ , está definido como sigue: La descarga de una unidad hidrogeológica a través de un manantial se determina integrando el área bajo el hidrograma, esto es, multiplicando el intervalo de balance por el gasto medio correspondiente. El hidrograma se trazará con base en aforos realizados con frecuencia suficiente para conocer las variaciones estacionales y anuales del gasto. En todo caso, mediante consideraciones topográficas, hidrogeológicas, hidrodinámicas e hidrogeoquímicas, deberá verificarse que el manantial en cuestión es alimentado por una unidad hidrogeológica que se está evaluando. Este segundo valor se integra, igual que el anterior, en la mayoría de los casos, a la DNC.

El tercer término de (5),  $DN_{EVT}$ , está definido como sigue: La descarga de una unidad hidrogeológica a la atmósfera puede tener lugar por evaporación directa de agua freática somera y por la transpiración de plantas que capten agua subterránea a través de sus raíces. La descarga de agua subterránea por evaporación directa se estima multiplicando el área donde tiene lugar el fenómeno por una lámina de agua equivalente a una fracción de la evaporación potencial medida en las estaciones climatológicas. El valor de esa fracción varía entre un máximo de uno, cuando el nivel freático aflora, y cero cuando éste se halla a profundidades mayores que la altura de la faja capilar de los materiales predominantes entre la superficie del terreno y el nivel freático; a falta de información, se supondrá que el valor de la fracción varía entre valores extremos linealmente según la profundidad de dicho nivel. La descarga de agua subterránea por evapotranspiración depende de varios factores climáticos, hidrogeológicos y fisiográficos (tipo y densidad de vegetación), que por su amplia variación en el espacio y en el tiempo no son controlables a la escala de una cuenca o de un acuífero. Ante esta dificultad, la magnitud de esta componente de descarga no se estimará por separado y su valor quedará implícito en el resultado del balance, lo cual se traducirá en una estimación conservadora de la recarga y de la disponibilidad de aguas subterráneas.

Por lo anterior, la DT será menor que la real y, consecuentemente, lo será también la RT y la DH, pues al no considerar este concepto de descarga, automáticamente  $DN_{EVT} = 0$ .

El cuarto término de (5),  $DN_{FS}$ , está definido como sigue: La descarga subterránea del acuífero se determina aplicando la Ley de Darcy a las secciones de salida definidas en la configuración de los niveles del agua subterránea, considerando las variaciones de ésta a lo largo del intervalo de tiempo considerado en el balance. Estas salidas también por, lo general, son comprometidas aguas abajo y se transforman en REPDA superficial o subterráneo.

Finalmente, el quinto término de (5), EXT, está definido como sigue: La extracción de agua subterránea se determina a partir de los volúmenes de agua concesionados según el Registro Público de Derechos de Agua. Esto significa que se transforman en REPDA, que para el caso de un retraso en la titulación disminuyen la RT y la DH, y cuando está sobrevaluado el REPDA aumentan la RT y la DH.

Como resumen de todo lo anterior, de (5) se llega a lo siguiente:

$$DT = DN_{CBC} + DN_{CBNC} + DN_{MANC} + DN_{MANNNC} + (DN_{EVTNC} = 0) + (DN_{EVTNC} = 0) + DN_{FSC} + DN_{FSNC} + REPDA \quad (6)$$

donde: los subíndices con terminación  $_C$  representan volúmenes medios anuales comprometidos y los subíndices con terminación  $_{NC}$  representan volúmenes medios anuales no comprometidos. REPDA

representa el volumen medio anual inscrito en el Registro Público de Derechos del Agua y tanto  $DN_{EVTNC}$  como  $DN_{EVTNC}$  son cero.

4.3.3 DNC [La descarga natural comprometida, se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos alimentados por una unidad hidrogeológica, que están comprometidos como agua superficial, y las descargas que se deben conservar para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes y para sostener el gasto ecológico.]

Tomando en cuenta la definición de DNC se llega a lo siguiente:

$$DNC = DN_{CBC} + DN_{MANC} + (DN_{EVTNC}) + DN_{FSC} \quad (7)$$

en donde las primeras dos,  $DN_{CBC} + DN_{MANC}$ , están mencionadas explícitamente en la definición y las dos últimas  $(DN_{EVTNC}) + DN_{FSC}$ , quedan implícitamente involucradas, pues el gasto ecológico, superficial o subterráneo, se pretende sostener con cualquier combinación de las DNC.

4.3.4 EXT [La extracción de agua subterránea, se determina sumando los volúmenes anuales de agua, asignados y concesionados por la Comisión mediante títulos registrados en el Registro Público de Derechos de Agua para la explotación, uso o aprovechamiento de agua en una unidad hidrogeológica, adicionando, de ser el caso, los volúmenes correspondientes a reservas y reglamentos conforme a la Programación Hidráulica.]

Para este caso, la expresión es la siguiente:

$$EXT = REPDA + RESERVA + REGLAM \quad (8)$$

en donde: REPDA = Mismo significado anterior

RESERVA = Volumen medio anual reservado por la CNA

REGLAM = Volumen medio anual reglamentado por la CNA

Combinando las expresiones de la (3) a la (8) se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} DH = & CAL + DN_{CBC} + DN_{CBNC} + DN_{MANC} + DN_{MANNC} + (DN_{EVTNC} = 0) + (DN_{EVTNC} = 0) \\ & + DN_{FSC} + DN_{FSNC} + REPDA - (DN_{CBC} + DN_{MANC} + (DN_{EVTNC}) + DN_{FSC}) \\ & - (REPDA + RESERVA + REGLAM) \end{aligned} \quad (9)$$

De la expresión (9) se eliminan:  $DN_{CBC}$ ,  $DN_{MANC}$  ( $DN_{EVTNC} = 0$ ), ( $DN_{EVTNC} = 0$ ),  $DN_{FSC}$  y REPDA, quedando de la siguiente forma:

$$DH = CAL + DN_{CBNC} + DN_{MANNC} + DN_{FSNC} - (DN_{EVTNC} + RESERVA + REGLAM) \quad (10)$$

Al analizar la expresión (10) se interpreta lo siguiente: la disponibilidad de aguas nacionales subterráneas DH, es igual a la suma del cambio de almacenamiento CAL, más la descarga natural no comprometida del flujo base y de los manantiales  $DN_{CBNC} + DN_{MANNC}$ , más la descarga natural de flujo subterráneo no comprometido  $DN_{FSNC}$ , menos la suma de la evapotranspiración comprometida y las reservas y reglamentos correspondientes  $DN_{EVTNC} + RESERVA + REGLAM$ .

Analizando los signos de CAL se llega a lo siguiente: **a)** es positivo (+) cuando el nivel medio del almacenamiento se recupera, que sólo puede existir cuando la alimentación que recibe la unidad hidrogeológica es mayor que las descargas en el mismo periodo de tiempo, presentándose cuando hay una alimentación por recarga extraordinaria de lluvias, que se vuelve a descargar, o cuando se tiene una recarga artificial sostenida, o cuando se aplica un régimen de riego también sostenido en un acuífero libre, aunque también se presenta cuando se parte de un estado de abatimiento y se disminuye la extracción; **b)** es negativo (-) cuando el nivel medio de almacenamiento se abate, lo que sólo existe cuando la descarga de la unidad hidrogeológica es mayor que la alimentación; y **c)** es cero cuando la descarga es igual a la recarga. Salvo una recarga artificial y una recarga por régimen de riego, que si no se aprovechan mediante extracción, pues aumenta la descarga natural, el valor de CAL tiende a ser siempre negativo (-).

Cuando existen descargas por caudal base y manantiales, éstas se integran al escurrimiento superficial dentro y/o fuera de la unidad hidrogeológica y se transforman en descargas comprometidas, junto con las de evapotranspiración comprometidas y las de flujo subterráneo no comprometido, pues se transforman en descargas para mantener un ecosistema. Los volúmenes medios anuales de RESERVA y los de REGLAM sólo existen donde se hayan designado. Por tanto, la expresión (10) queda como:

$$DH = DN_{CBNC} + DN_{MANNNC} + DN_{FSNC} - (CAL + DN_{EVT C} + RESERVA + REGLAM) \quad (10)$$

Lo que corresponde a un pronóstico de que en la mayor parte de los acuíferos la DH será negativa o con déficit.

**Respuesta:** En general, no procede debido a que no son intercambiables los términos “volumen de extracción de aguas subterráneas” y “volumen concesionado de aguas subterráneas”, el primero es utilizado para el cálculo del balance de aguas subterráneas y el segundo para la determinación de la disponibilidad media anual de aguas subterráneas. Adicionalmente, se deberá atender a la respuesta dada al punto 24 de la relación de comentarios de la Subdirección de Ecología, de la Dirección General de Minas.

**26. Comentario:** Nuestras áreas técnicas o terceros especialistas deben analizar las dos fórmulas para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales, con el propósito de verificar que científicamente son válidas o, en su caso, para sugerir la aplicación de otras fórmulas que permitan determinar con más precisión tal disponibilidad, así como para permitirnos conocer sus efectos en nuestras áreas de interés y en la industria, en general.

En la fórmula para determinar la “disponibilidad media anual de agua superficial” (4.2.1) se señala que ésta será el resultado de restar al “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo”, “el volumen anual actual comprometido aguas abajo”.

Al respecto, si bien en los puntos 4.2.3 a 4.2.8 se dan los elementos para determinar el valor del “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo”, ni en los puntos subsecuentes, ni en el Apéndice Normativo “A”, se dan los necesarios para determinar el valor del “volumen anual actual comprometido aguas abajo”.

Posiblemente para los operadores o científicos en materia hidráulica este valor resulte obvio o se desprenda de la otros valores; sin embargo, por razones de conocimiento y de técnica legislativa, se estima que tales elementos deben ser incorporados al texto de la norma.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se aclara en la respuesta del comentario número 15 de la Subdirección de Ecología.

**27. Comentario:** Existe inconsistencia en la denominación de algunos elementos:

En los puntos 4.2.1. y 4.2.2. se hace referencia al “volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo”; sin embargo, en el punto A.1.1.1. del Apéndice Normativo “A” se cita como “volumen anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo” (se suprime la palabra “medio”).

Inconsistencia similar se presenta entre la mención del “volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba”, visible en el punto 4.2.2. y “volumen anual de escurrimiento de la cuenca desde aguas arriba”, visible en el punto A.1.1.1. del Apéndice Normativo “A” (en este último se suprime la palabra “medio” y se dice: “...escurrimiento de la cuenca desde aguas arriba.”, mientras que en el primero se dice: “...escurrimiento desde la cuenca aguas arriba”).

Quizás en materia hidráulica ambos conceptos tienen la misma connotación, pero, por razones de técnica legislativa y gramatical, ambos se deben homologar.

**Respuesta:** Procede parcialmente, se aclara en la respuesta del comentario número 16 de la Subdirección de Ecología.

**28. Comentario:** En el proyecto no se aprecia que se considere la aportación de nieve y granizo para determinar las disponibilidades medias; si bien éstas pueden estar consideradas en la definición de

“Recarga Natural” (3.28), en la metodología descrita no se observa ningún procedimiento para su apreciación y valoración.

Se sugiere se defina cómo medir y valorar estas aportaciones de nieve y granizo.

**Respuesta:** No procede, está considerado implícitamente en el aforo o en la medición del escurrimiento.

**29. Comentario:** Los términos “Unidad hidrogeológica” (3.33) y “Acuífero” (3.1), parecen referirse a lo mismo. De ser sinónimos, se propone utilizar sólo uno de los dos, ya que, además, el término “acuífero” prácticamente no es utilizado en el resto del Proyecto de NOM.

**Respuesta:** No procede, ya que la delimitación aunque es convencional, antepone criterios hidrográficos, geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, así como ajustes en algunos trazos que tienen que ver con límites geopolíticos.

**30. Comentario:** En el punto 0 (cero), denominado “Introducción” se hace una afirmación de la que parte, en buena medida, la justificación de esta norma.

Tal afirmación es la siguiente: “Cerca del 70% del volumen de agua precipitado retorna a la atmósfera por evaporación”.

Tal vez este sea un principio reconocido en hidrología; sin embargo, como ya se ha dicho, dado que éste es un elemento esencial en la justificación de la norma, así como en la determinación del volumen de evapotranspiración, con cuyo valor es necesario contar para conocer el de la descarga natural, se sugiere revisar el Apéndice Normativo “A” para determinar si los valores de permeabilidad de suelo son científicamente ciertos y, por tanto, aceptables para los usuarios, quienes recibirán los efectos de la aplicación de la norma, ya que de sus resultados dependerá que se les pueda otorgar o no el uso del agua.

**Respuesta:** No procede, la evaporación está implícitamente considerada en los volúmenes de escurrimiento que son aforados en las estaciones hidrométricas, por lo que no es necesario calcularlos por separado.

**31. Comentario:** En el punto A.1.1.1. “Registros hidrométricos” se remite al Apéndice Informativo “C”, que muestra un ejemplo de cómo determinar, por “método directo” el “volumen medio anual de escurrimiento natural”.

El referido punto A.1.1.1., hace referencia también al “método indirecto” “Precipitación-escurrimiento”, del cual no se da ningún ejemplo ni, desde luego, existe un apéndice informativo.

Se sugiere incorporar este apéndice.

**Respuesta:** No procede, está incluido en el Apéndice D.

Dado en la Ciudad de México, Distrito Federal, el once de enero de dos mil dos.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, **Cristóbal Jaime Jáquez**.- Rúbrica.