

# Guías para la calidad del agua potable

SEGUNDA EDICIÓN

Volumen 3

**Viligancia y control de los  
abastecimientos de agua  
a la comunidad**



Organización Mundial de la Salud  
Ginebra

La Organización Mundial de la Salud fue creada en 1948 como organismo especializado de las Naciones Unidas para que actuara como autoridad directiva y coordinadora en los asuntos sanitarios y la salud pública a nivel internacional. Una de las funciones constitucionales de la OMS consiste en facilitar información y asesoramiento objetivos y fiables en materia de salud humana, responsabilidad que cumple en parte por conducto de su amplio programa de publicaciones.

Mediante sus publicaciones, la Organización se propone apoyar las estrategias sanitarias nacionales y atender las preocupaciones de salud pública más acuciantes de las poblaciones en todo el mundo. Para responder a las necesidades de los Estados Miembros en todos los niveles de desarrollo, la OMS publica guías prácticas, manuales y material de capacitación para categorías específicas de trabajadores sanitarios; directrices y normas internacionalmente aplicables; revisiones y análisis de las políticas y programas de salud y las investigaciones sanitarias; e informes de consenso sobre el estado actual de los conocimientos, en los que se ofrecen asesoramiento técnico y recomendaciones para los decisores. Esas obras están estrechamente vinculadas con las actividades prioritarias de la Organización, que comprenden la labor de prevención y lucha contra las enfermedades, el desarrollo de sistemas sanitarios equitativos basados en la atención primaria de salud, y la promoción de la salud de los individuos y las comunidades. El avance hacia una mejor salud para todos requiere asimismo la difusión y el intercambio mundiales de información basada en los conocimientos y experiencia de todos los países Miembros, así como la colaboración de los líderes mundiales en el campo de la salud pública y las ciencias biomédicas.

Para velar por la disponibilidad más amplia posible de información y orientación autorizadas sobre los asuntos sanitarios, la OMS asegura la amplia distribución internacional de sus publicaciones y estimula su traducción y adaptación. Ayudando a fomentar y proteger la salud y a prevenir y controlar las enfermedades en todo el mundo, las publicaciones de la OMS contribuyen al objetivo principal de la Organización: alcanzar para todos los pueblos el grado más alto posible de salud.

# Guías para la calidad del agua potable

---

SEGUNDA EDICIÓN

---

***Volumen 3***  
***Vigilancia y control de los***  
***abastecimientos de agua a la comunidad***



Organización Mundial de la Salud  
Ginebra  
1998

Catalogación por la Biblioteca de la OMS

Guías para la calidad del agua potable. - 2a ed.

v. 3. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad.

1. Agua potable - normas 2. Recolección de datos - métodos 3. Pautas

ISBN 92 4 354503 5 (Clasificación NLM: WA 675)

La Organización Mundial de la Salud dará consideración muy favorable a las solicitudes de autorización para reproducir o traducir, íntegramente o en parte, alguna de sus publicaciones. Las solicitudes y las peticiones de información deberán dirigirse a la Oficina de Publicaciones, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza, que tendrá sumo gusto en proporcionar la información más reciente sobre cambios introducidos en la obra, planes de reedición, y reimpressiones y traducciones ya disponibles.

#### **Organización Mundial de la Salud 1998**

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Reservados todos los derechos.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Secretaría de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites. Cuando en las cabeceras de los cuadros aparece la designación «país o zona», ésta abarca países, territorios, ciudades o zonas. En los mapas, las líneas discontinuas representan de manera aproximada fronteras respecto de las cuales puede que no haya pleno acuerdo.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o de nombres comerciales de ciertos productos no implica que la Organización Mundial de la Salud los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las denominaciones de productos patentados llevan en las publicaciones de la OMS letra inicial mayúscula.

# Índice

Prefacio	ix
Nota de agradecimiento	xi
Siglas y abreviaturas utilizadas en el texto	xii
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Alcance y propósito	1
1.2 Abastecimiento de agua a las comunidades	1
1.3 Repercusiones en la salud	3
1.3.1 Calidad del agua	5
1.3.2 Enfermedades «lavadas» por el agua	12
1.4 Objetivos de la vigilancia y el control de la calidad	13
1.5 Estructura orgánica	13
1.5.1 El organismo de vigilancia	14
1.5.2 El control de la calidad y la función del abastecedor de agua	15
1.6 Participación de la comunidad	16
1.7 Función de la vigilancia en el mejoramiento de los abastecimientos de agua	16
<b>2. Planificación y ejecución de la vigilancia</b>	<b>18</b>
2.1 Bases legales e institucionales	18
2.1.1 Leyes, reglamentos y normas	18
2.1.2 Marco institucional para la vigilancia de la calidad del agua	20
2.2 Planificación	22
2.2.1 Consideraciones generales	22
2.2.2 Estrategias	23
2.3 Ejecución	25
2.3.1 Inventarios	25
2.3.2 Diseño de los formularios	28
2.3.3 Formación	30
2.3.4 Encuestas preliminares	33
2.3.5 Comienzo de los trabajos sobre el terreno	33

2.3.6	Establecimiento de la vigilancia sistemática	34
2.3.7	Evaluación	34
2.4	Gestión de la información	34
2.4.1	Flujo y uso de la información	34
2.4.2	Intercambio de información con los abastecedores	34
2.4.3	Intercambio de información dentro del organismo de vigilancia	37
2.4.4	Intercambio de información con los consumidores	38
2.4.5	Comunicación con las autoridades locales y nacionales	39
2.4.6	Vínculos de comunicación entre la vigilancia y la acción correctiva	39
2.4.7	Uso de computadoras	41
2.5	Estructura de apoyo	41
2.5.1	Red de laboratorios	41
2.5.2	Transporte	43
2.5.3	Apoyo financiero	44
2.5.4	Dotación de personal	44
<b>3.</b>	<b>Encuestas</b>	<b>46</b>
3.1	Índole y alcance de las encuestas en la comunidad	46
3.2	Inspecciones de saneamiento	48
3.3	Informes sobre las inspecciones de saneamiento	49
3.3.1	Funciones de los formularios para los informes de las inspecciones de saneamiento	49
3.3.2	Diseño de los formularios para los informes de la inspección de saneamiento	50
3.4	Ejecución de las inspecciones de saneamiento	51
3.5	Calendario y frecuencia de las inspecciones de saneamiento	53
3.5.1	Nuevas fuentes	53
3.5.2	Exámenes sistemáticos de los abastecimientos	53
<b>4.</b>	<b>Muestreo y análisis del agua</b>	<b>56</b>
4.1	Muestreo	57
4.1.1	Lugares de muestreo	57
4.1.2	Frecuencia de los muestreos	58
4.1.3	Métodos de muestreo para los análisis microbiológicos	58
4.1.4	Almacenamiento de las muestras para los análisis microbiológicos	58

4.1.5	Métodos de muestreo para los análisis físicoquímicos	61
4.2	Análisis bacteriológicos	61
4.2.1	Microorganismos indicadores	63
4.2.2	Principales técnicas de análisis	66
4.2.3	Elección de los métodos	69
4.2.4	Reducción al mínimo del costo de los análisis	69
4.2.5	Pruebas de laboratorio o pruebas <i>in situ</i>	71
4.2.6	Estuches de ensayo de un solo uso (desechables)	73
4.3	Análisis físicoquímico	73
4.3.1	Cloro residual	73
4.3.2	pH	74
4.3.3	Turbiedad	74
4.4	Parámetros estéticos	75
4.4.1	Color	75
4.4.2	Sabor y olor	75
4.5	Otros análisis de interés para la salud	76
4.6	Vigilancia de la calidad de los análisis y control de calidad	76
4.7	Seguridad	78
<b>5.</b>	<b>Análisis e interpretación de los datos</b>	<b>80</b>
5.1	Introducción	80
5.2	Resultados de las encuestas en la comunidad	80
5.2.1	Evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua	80
5.2.2	Prácticas de higiene	83
5.3	Evaluación de la situación sanitaria	84
5.4	Calidad microbiológica del agua	85
5.5	Evaluación de los riesgos	86
5.6	Presentación de la información	88
5.6.1	Destinatarios	88
5.6.2	Presentación sencilla de los datos	89
5.7	Uso de los resultados de la vigilancia	90
5.7.1	Uso de los datos en el plano local	90
5.7.2	Uso de los datos en el plano regional	90
5.7.3	Uso de los datos para la planificación nacional	90
<b>6.</b>	<b>Intervenciones técnicas</b>	<b>93</b>
6.1	Prevención y medidas correctivas	93
6.2	Protección de las fuentes de agua	97
6.2.1	Protección de la zona de captación	98
6.2.2	Protección de las aguas subterráneas	99

6.3	Pozos	101
6.3.1	Pozos excavados	101
6.3.2	Pozos de extracción manual y mecánica	103
6.4	Manantiales	106
6.5	Captación de aguas pluviales	110
6.6	Tratamiento del agua	110
6.6.1	Extracción	112
6.6.2	Tratamiento preliminar por almacenamiento	112
6.6.3	Simple sedimentación	113
6.6.4	Prefiltrado	115
6.6.5	Filtrado lento con arena	116
6.6.6	Coagulación, floculación y sedimentación	119
6.6.7	Filtrado rápido en arena	122
6.6.8	Aireación	122
6.6.9	Eliminación del fluoruro	125
6.6.10	Control de los nitritos y los nitratos	125
6.6.11	Desinfección	126
6.6.12	Estaciones de tratamiento del agua	127
6.7	Tratamiento y almacenamiento del agua en el hogar	128
6.7.1	Tratamiento del agua en el hogar	131
6.7.2	Almacenamiento del agua en el hogar	138
6.7.3	Depósitos de almacenamiento	140
<b>7.</b>	<b>Educación en materia de higiene</b>	<b>141</b>
7.1	Alcance de la educación en materia de higiene	141
7.1.1	Vigilancia basada en la comunidad	141
7.1.2	Comportamientos en materia de higiene	141
7.2	Planificación de la educación en materia de higiene	143
7.2.1	Participación y capacitación de la comunidad	143
7.2.2	Selección de los comportamientos que se deben modificar	144
7.2.3	Factores que influyen en los comportamientos en materia de higiene y selección del contenido de la educación	145
7.2.4	Selección de los grupos destinatarios	146
7.2.5	Necesidades de información para la educación en materia de higiene	146
7.3	Métodos de educación	147
7.4	Recursos humanos para la educación en materia de higiene	149
7.5	Función del organismo de vigilancia en la educación en materia de higiene	151
7.6	Financiación de las actividades de educación en materia de higiene	153

<b>8. Aspectos legislativos, de reglamentación, de política y de gestión básica</b>	<b>154</b>
8.1 Aplicación de la legislación sobre abastecimiento de agua	154
8.1.1 Objetivos a corto plazo y a plazo medio	154
8.1.2 Observancia: la función del organismo de abastecimiento de agua y la del organismo de vigilancia	155
8.1.3 Necesidades en materia de vigilancia	157
8.1.4 Frecuencias de los muestreos y parámetros	157
8.1.5 Métodos de análisis prescritos	157
8.2 Reglamentos técnicos: códigos de prácticas en materia de construcción, funcionamiento e instalaciones	158
 <b>Bibliografía complementaria</b>	 <b>159</b>
Anexo 1. Lista de colaboradores y especialistas consultados	161
Anexo 2. Ejemplos de formularios para la inspección de saneamiento	165
Anexo 3. Ejemplo de posibles funciones del personal de vigilancia	194
Anexo 4. Métodos de muestreo para análisis bacteriológico	199
Anexo 5. Método de los tubos múltiples para detectar coliformes (fecales) termotolerantes	206
Anexo 6. Método de filtrado con membrana para los coliformes (fecales) termotolerantes	229
Anexo 7. Método de análisis sobre el terreno para detectar coliformes termotolerantes	236
Anexo 8. Prueba de presencia-ausencia para el total de bacterias coliformes	241
Anexo 9. Prueba del cloro libre residual	243
Anexo 10. Turbiedad y pH	248
Anexo 11. Ejemplos de formularios para los informes regionales y nacionales sobre vigilancia de los abastecimientos de agua y sobre la cobertura con instalaciones básicas de saneamiento	251



## Prefacio

La primera edición de *Directrices para la calidad del agua potable* fue publicada por la OMS en 1984-1985 y había de reemplazar las anteriores normas europeas e internacionales. El volumen 1 contenía los valores de orientación para los diversos componentes del agua potable, y el volumen 2 las monografías sobre criterios con respecto a cada sustancia o contaminante en los que estaban basados los valores de orientación; el volumen 3 trataba de la vigilancia de la calidad del agua en las pequeñas comunidades, y en particular en las de las zonas rurales.

Durante el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental (1981-1990) se acumuló un caudal considerable de experiencia en la vigilancia y el mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua para las pequeñas comunidades, en particular gracias a una serie de proyectos de demostración ejecutados con el apoyo de la OMS. La presente nueva edición del volumen 3 de *Directrices para la calidad del agua potable* refleja la experiencia de esos proyectos y de otros muchos relacionados con el mejoramiento de la calidad de los servicios hídricos ejecutados durante el Decenio.

En la primera edición del volumen 3 de las *Directrices* se sentaron varios principios importantes, los cuales siguen constituyendo una parte importante de la segunda edición. Entre ellos figuran las funciones distintas y complementarias del abastecedor de agua y del organismo de vigilancia; la índole específica de los problemas relacionados con la vigilancia de los sistemas de abastecimiento en las pequeñas comunidades (en particular en los países en desarrollo); la función central de la vigilancia microbiológica de los abastecimientos de este tipo; y la importancia de conseguir que la vigilancia se traduzca en mejoras de ingeniería y otras medidas correctivas. La experiencia acumulada durante el Decenio ha subrayado la importancia de otros conceptos fundamentales que han sido incorporados a esta nueva edición, entre ellos la necesidad de tener en cuenta no sólo la calidad del agua potable sino también todos los aspectos de los servicios de abastecimiento de agua que influyen en la salud, y de abordar los problemas de las pequeñas zonas periurbanas no abastecidas por esos servicios.

Aunque las condiciones varían en los distintos países como resultado de las diferencias en los factores económicos, geográficos, culturales y sociales, las estrategias y los procedimientos que aquí se describen deben ser de aplicación muy general. Por esta razón se espera que el presente volumen, lo mismo que la primera edición, resulte útil para todos aquellos que se ocupan del problema del abastecimiento de agua potable a las pequeñas comunidades, a saber: inspectores

de higiene del medio, técnicos de saneamiento, personal de laboratorio, ingenieros hidráulicos, planificadores y todo el personal del sector de la salud y del abastecimiento de agua al que incumbe la responsabilidad de gestión de mejorar los servicios de abastecimiento de agua a las comunidades. En el contexto de la presente publicación, el término «comunidades» se aplica no solamente a las aldeas y los pequeños sistemas de abastecimiento de agua en las zonas rurales sino también a los demás centros de población de las aglomeraciones urbanas o de su inmediata proximidad.

## Nota de agradecimiento

La preparación del presente volumen se inició en la Reunión de Revisión sobre Vigilancia de los Abastecimientos a las Comunidades que se celebró en Harare, Zimbabue, del 24 al 28 de junio de 1991, en la que se estableció un guión pormenorizado. El primer borrador del volumen 3 fue examinado en la Reunión Final del Grupo Especial sobre la Revisión de las *Directrices de la OMS para la calidad del agua potable*, que tuvo lugar en Ginebra del 21 al 25 de septiembre de 1992, y un borrador revisado fue finalizado ulteriormente en una Reunión sobre la Revisión Técnica del volumen 3, celebrada en Tirana, Albania, del 15 al 20 de junio de 1993. La versión definitiva es el resultado de los trabajos de varios colaboradores y revisores, cuyos nombres figuran en el anexo 1, y cuya contribución se agradece en gran manera. El coordinador del volumen 3 de las *Directrices* fue J. Bartram, Administrador, Agua y Desechos, Centro Europeo de la OMS para Medio Ambiente y Salud, Roma, Italia, antiguo miembro del Robens Institute of Health and Safety, Universidad de Surrey, Guildford, Inglaterra.

La primera edición del volumen 3 de las *Directrices* sirvió de base para cierto número de proyectos piloto y programas nacionales en América Central y América del Sur, África, diversas partes de Asia y en la región del Pacífico, financiados conjuntamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Administración para el Desarrollo de Ultramar, del Reino Unido (ODA). Se organizaron cursillos regionales y nacionales, que también recibieron apoyo del Organismo Danés de Desarrollo Internacional (DANIDA) y que permitieron revisar y evaluar los procedimientos propuestos en las *Directrices*. La experiencia acumulada en los proyectos ejecutados en Indonesia, Perú y Zambia fue evaluada y publicada (Lloyd B. Helmer R. *Surveillance of drinking water quality in rural areas*. Harlow, Longman Scientific and Technical, 1991), y sirvió de base para gran parte de la metodología revisada de la segunda edición, incluidos un procedimiento intensificado de inspección de saneamiento y un nuevo sistema de análisis de los riesgos.

La revisión del volumen 3 de las *Directrices* fue posible gracias a una subvención otorgada por la ODA al Robens Institute of Health and Safety, Universidad de Surrey, Guildford, Inglaterra. DANIDA prestó apoyo financiero para las reuniones de revisión.

## Siglas y abreviaturas utilizadas en el texto

CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
DIM	distancia inocua mínima
DPD	dietil- <i>p</i> -fenilendiamina
FM	filtración con membrana
HAP	hipoclorito de alta prueba
ISO	Organización Internacional de Unificación de Normas
NA	no aplicable
NMP	número más probable
OEA	organismos externos de apoyo
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	organización no gubernamental
PA	prueba de presencia-ausencia
TM	tubo múltiple
UCR	unidad de color real
UFC	unidades formadoras de colonias
UNT	unidad nefelométrica de turbiedad
UTJ	unidad de turbiedad de Jackson

# 1.

## Introducción

### 1.1 Alcance y propósito

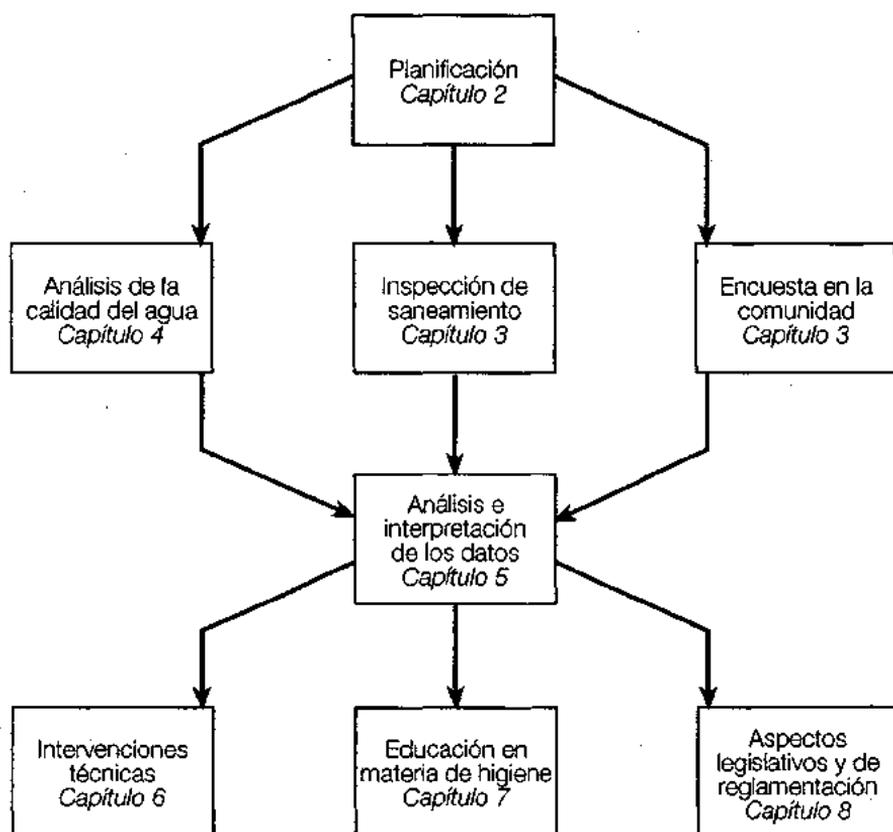
En el presente volumen de *Directrices para la calidad del agua potable* se describen los métodos empleados en la vigilancia de la calidad del agua teniendo en cuenta los problemas especiales de los sistemas de abastecimiento para las pequeñas comunidades, en particular las de los países en desarrollo, y se exponen a grandes rasgos las estrategias necesarias para conseguir que la vigilancia sea eficaz. También se examinan aquí los vínculos entre vigilancia y acción correctiva, así como la forma que debe adoptar esta última.

La estructura del presente volumen refleja las principales etapas del desarrollo de la vigilancia, que se resumen en la figura 1.1. Así, el capítulo 2 trata de la planificación, y los capítulos siguientes versan sobre los procedimientos usados en el acopio de información (inspección de saneamiento y encuestas en la comunidad) (capítulo 3), y sobre el análisis de la calidad del agua (capítulo 4). En el capítulo 5 se trata del análisis y la interpretación de la información reunida y de su empleo en el mejoramiento de los servicios de abastecimiento de agua. Los tres últimos capítulos versan sobre las estrategias de mejoramiento, a saber, intervenciones técnicas (capítulo 6), educación en materia de higiene (capítulo 7), y legislación y reglamentación (capítulo 8).

### 1.2 Abastecimiento de agua a las comunidades

La definición precisa de un «abastecimiento de agua a la comunidad» presentará variaciones. Una definición basada en el tamaño de la población o en el tipo de abastecimiento puede resultar apropiada en muchos casos, pero con frecuencia son la administración y la gestión las que sitúan aparte los abastecimientos a la comunidad, y ello es particularmente cierto en los países en desarrollo. La participación creciente de miembros de la comunidad corrientes, a menudo no adiestrados y a veces no retribuidos, en la administración y el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua es característica de las pequeñas comunidades; aquí aparece una distinción clara entre el abastecimiento de agua a las comunidades y los sistemas de abastecimiento de las villas y ciudades. Sin embargo, los sistemas de abastecimiento de agua en las zonas periurbanas – las comunidades que viven alrededor de las grandes villas y ciudades – con frecuencia son análogos, en cuanto a su organización, a los de las comunidades rurales; estos

**Fig. 1.1 Etapas clave en el desarrollo de la vigilancia de los abastecimientos de agua y estrategias de mejoramiento**



WHO 96536S

sistemas pueden clasificarse también como «abastecimientos de agua a las comunidades» y por esto se incluyen en el presente volumen.

La calidad inocua del agua suministrada a las comunidades es una consideración importante en la protección de la salud y el bienestar humanos, pero no es el único factor que afecta a los consumidores. El *acceso al agua* es una preocupación básica, y, por consiguiente, deben tenerse en cuenta otros factores, tales como la población servida, la fiabilidad del abastecimiento y el costo para el consumidor. En la conferencia de las Naciones Unidas celebrada en Mar del Plata en 1977, que proclamó el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, se adoptó sin ambigüedades este principio: «*todos los pueblos, cualesquiera que sean su etapa de desarrollo y su condición social y económica, tienen derecho a tener acceso al agua potable en la cantidad y de la calidad que correspondan a sus necesidades básicas*».

El acceso al agua puede resultar restringido por diversas causas, por ejemplo,

unas cargas prohibitivas, unas fluctuaciones diarias o estacionales en la disponibilidad, o la inexistencia de suministros a las zonas remotas, y muchos países tienen planteados problemas de esta clase. En algunas partes del mundo donde el agua es escasa y debe transportarse a largas distancias por carretera o a pie, el costo del agua potable puede absorber una proporción considerable de los ingresos diarios medios. En otros lugares, ciertos factores estacionales, geográficos e hidrológicos pueden confabularse para hacer inaccesible a determinados hogares o a comunidades enteras un abastecimiento fiable y continuo de agua potable. Durante las estaciones secas, los manantiales pueden menguar, las cisternas agotarse y las demandas excesivas por parte de un grupo pueden limitar el suministro a sus vecinos. Los problemas de esta clase no están limitados a los países más pobres; también se plantean con frecuencia creciente en los países industrializados donde la gestión de la demanda ha sido ineficaz o el desarrollo de los recursos hídricos se ha rezagado con respecto al crecimiento de la población.

Para poder evaluar correctamente el funcionamiento de un sistema de abastecimiento de agua a la comunidad deben tenerse en cuenta varios factores. En algunos países que han establecido estrategias nacionales para la vigilancia y el control de la calidad de los sistemas de abastecimiento de agua se han adoptado unos *indicadores cuantitativos del servicio* aplicables a los diversos planos, nacional, regional y de la comunidad. Estos indicadores suelen incluir:

- calidad: la proporción de muestras o suministros que se ajustan a los valores de orientación fijados para la calidad del agua potable y a los criterios mínimos para el tratamiento y la protección de las fuentes
- cobertura: el porcentaje de la población que dispone de un sistema de abastecimiento de agua identificable (generalmente público)
- cantidad: el volumen de promedio de agua utilizada por los consumidores para usos domésticos (expresado en litros diarios por habitante)
- continuidad: el porcentaje del tiempo durante el cual se dispone de agua (diariamente, semanalmente o estacionalmente)
- costo: la tarifa que pagan los consumidores domésticos

En conjunto, estos cinco indicadores del servicio sirven de base para el establecimiento de objetivos para el abastecimiento de agua a la comunidad. Constituyen una guía cuantitativa para comparar la eficiencia de los organismos abastecedores de agua y proporcionan a los consumidores una medida objetiva de la calidad general del servicio y, por ende, del grado de protección de la salud pública de que gozan.

### 1.3 Repercusiones en la salud

La provisión de un abastecimiento suficiente de agua inocua era uno de los ocho componentes de la atención primaria de salud identificados en la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud celebrada en Alma-Ata en 1978.

Las directrices que aquí se presentan concuerdan plenamente con el espíritu de la declaración de Alma-Ata sobre la atención primaria de salud, que amplió el concepto de la atención de salud para incluir en él las nociones más amplias de asequibilidad, accesibilidad, autorresponsabilidad, colaboración intersectorial, participación de la comunidad, sostenibilidad y justicia social.<sup>1</sup>

En la mayoría de los países los principales riesgos para la salud humana asociados al consumo de agua contaminada son de índole microbiológica (aunque no se debe subestimar la importancia de la contaminación química). Como se indica en el capítulo 18 del «Orden del día 21» de la CNUMAD, «Aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el consumo de agua contaminada y, en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se sacrifica a las enfermedades relacionadas con el agua.»

El riesgo de contraer una infección transmitida por el agua aumenta con el nivel de contaminación con microorganismos patógenos. Sin embargo, la relación no es necesariamente simple y depende muchísimo de factores tales como la dosis infecciosa y la susceptibilidad del huésped. El agua de beber es tan sólo uno de los vehículos de transmisión de enfermedades. Algunos agentes pueden transmitirse primordialmente de persona a persona y, en el caso de las bacterias capaces de multiplicarse en los alimentos, la transmisión por conducto de éstos puede ser más importante que la transmisión por el agua de beber. Otros agentes, sin embargo, tales como *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Giardia lamblia* y el virus de la hepatitis A, se transmiten con frecuencia a través del agua de beber contaminada y, en estos casos, el mejoramiento de la calidad del agua de beber puede redundar en reducciones considerables de la prevalencia de las enfermedades.

A causa de esta multiplicidad de las vías de transmisión, las mejoras en la calidad y la disponibilidad de agua, en la evacuación de las excretas, y en la higiene en general son factores importantes en la reducción de la morbilidad y la mortalidad por diarrea.

Las investigaciones epidemiológicas indican que todos los aspectos de la calidad de los servicios de abastecimiento de agua influyen en la salud, lo mismo que el comportamiento higiénico y el sancamiento. La experiencia ha mostrado que el análisis de la incidencia de las enfermedades (vigilancia epidemiológica) no resulta útil como instrumento para orientar ni siquiera los programas correctivos en gran escala sobre abastecimiento de agua a las comunidades. Resulta un procedimiento costoso y sus datos son difíciles de interpretar.

De la misma manera que se ha comprobado que los indicadores de la calidad de los servicios de abastecimiento de agua resultan útiles para orientar la acción correctiva, también conviene usar los indicadores de las prácticas de higiene.

---

<sup>1</sup> Alma-Ata 1978: atención primaria de salud. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1978.

### 1.3.1 Calidad del agua

En el volumen 1 de las *Directrices para la calidad del agua potable* figuran valores orientativos para la calidad del agua potable y se explica además cómo se deben interpretar estos valores. En el volumen 2 se resumen los criterios de salud utilizados para establecer dichos valores. Un valor orientativo de la calidad del agua de beber representa la concentración de un constituyente que no presenta ningún riesgo significativo para la salud del consumidor a lo largo de un consumo de toda la vida. El agua de beber debe ser adecuada para el consumo humano y para todos los usos domésticos corrientes. Cuando se rebasa un valor orientativo, hay que averiguar la causa y adoptar una medida correctiva. La medida en que se puede exceder un valor orientativo, y durante cuánto tiempo, sin poner en peligro la salud humana depende de la sustancia de que se trate.

Para establecer las normas nacionales sobre calidad del agua de beber habrá que tener en cuenta varios factores, locales, geográficos, socioeconómicos y culturales. Como resultado de ello, las normas nacionales pueden diferir considerablemente de los valores orientativos.

Puede resultar necesario establecer unas *normas provisionales* a modo de objetivo a plazo medio, como un paso hacia el logro de los valores orientativos a largo plazo. Nada puede objetarse a este enfoque gradual siempre que se consulte a las autoridades pertinentes de cada país, en particular al ministro de salud o su equivalente, y que estas autoridades lo aprueben. Sería peligroso dejar estas cuestiones totalmente en las manos de los organismos responsables del abastecimiento de agua ya que podrían surgir conflictos de intereses.

Aunque los abastecimientos que no se ajusten a los criterios ideales no se deben dar por buenos ni cabe ignorar su existencia, las normas provisionales permiten dirigir primordialmente los recursos hacia las comunidades donde los problemas son más graves. Estas normas constituyen un incentivo para corregir los defectos más que para criticarlos, lo cual es particularmente importante en los países sujetos a graves limitaciones económicas. En este contexto es útil establecer categorías de contaminación bacteriológica de los abastecimientos de las pequeñas comunidades, aspecto que se examina más pormenorizadamente en el capítulo 5.

En algunos países, las autoridades sanitarias han adoptado normas provisionales para ciertos contaminantes difíciles de eliminar, como el fluoruro, en espera de que se encuentren tratamientos apropiados para eliminarlos de los abastecimientos de la comunidad.

No se intentará aquí fijar valores orientativos para otros indicadores de los servicios aparte de los correspondientes a la calidad del agua potable, como podrían ser los relativos a la cobertura, la continuidad y el costo de los abastecimientos de agua para las comunidades. Corresponde a las autoridades nacionales establecer los objetivos a plazo medio y a largo plazo para estos factores. Ello se debe realizar sobre una base multisectorial, ya que el establecimiento de estos objetivos tendrá cierto número de repercusiones sociales y económicas. Sin embargo, habida cuenta de la importancia que tiene para la salud pública un

**Cuadro 1.1 Valores orientativos para la calidad bacteriológica<sup>a</sup>**

Organismos	Valor orientativo
<b>Todo el agua destinada a la bebida</b>	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes <sup>b,c</sup>	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
<b>Agua tratada que entra en el sistema de distribución</b>	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes <sup>b</sup>	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
Total de bacterias coliformes	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
<b>Agua tratada en el sistema de distribución</b>	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes <sup>b</sup>	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
Total de bacterias coliformes	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml. En el caso de grandes suministros en los que se examinen suficientes muestras, no deben estar presentes en el 95% de las muestras tomadas a lo largo de cualquier período de 12 meses

- Si se detectan *E. coli* o bacterias coliformas totales es necesario emprender una acción de investigación inmediata. Como mínimo, en el caso de las bacterias coliformas totales, hay que repetir el muestreo; si en la muestra repetida se detectan estas bacterias, hay que determinar inmediatamente la causa mediante una nueva investigación.
- Aunque *E. coli* es el indicador más preciso de contaminación fecal, el recuento de las bacterias coliformes termotolerantes es una solución alternativa aceptable. Si es necesario, deben realizarse las pruebas confirmatorias adecuadas. Las bacterias coliformas totales no son indicadores aceptables de la calidad sanitaria de los abastecimientos de agua rurales, en particular en las zonas tropicales, donde se encuentran muchas bacterias que carecen de importancia sanitaria en casi todos los suministros no tratados.
- Se ha comprobado que en la gran mayoría de los abastecimientos de agua rurales de los países en desarrollo la contaminación fecal es muy corriente. En estas condiciones, el organismo nacional de vigilancia debe establecer metas a plazo medio para el mejoramiento gradual de los abastecimientos de agua.

acceso suficiente al agua inocua, se recomienda encarecidamente la adopción de normas en este sector.

### **Aspectos microbiológicos**

En un plano ideal, el agua de beber no debe contener ningún microorganismo del que se sepa que es patógeno – capaz de causar enfermedad – ni ninguna bacteria indicativa de contaminación fecal. Para cerciorarse de que un abastecimiento de agua de beber satisface estas directrices es necesario examinar periódicamente muestras de esta agua. La detección de *Escherichia coli* constituye una prueba decisiva de contaminación fecal; en la práctica, la detección de bacterias coliformes termotolerantes (fecales) constituye una alternativa aceptable.

En el volumen 1 de las *Directrices* figuran los valores orientativos para los abastecimientos de agua potable bacteriológicamente inocuos. Aunque fueron establecidos para los grandes sistemas de abastecimiento de agua, los valores

para abastecimientos de agua tratada y no tratada son también aplicables a los abastecimientos a la comunidades, y por esta razón se reproducen en el cuadro 1.1. En el capítulo 4 se suministra información de base sobre la importancia y elección de los microorganismos indicadores, así como sobre la selección de los métodos de análisis.

La OMS y algunos otros organismos han propugnado una estrategia complementaria para garantizar la inocuidad microbiológica de los abastecimientos de agua de beber, basada en un tratamiento mínimo para determinados tipos de agua. Así se contribuye a asegurar la eliminación de patógenos fecales, especificando las condiciones que se deben observar y los tratamientos que se deben aplicar en la estación de tratamiento del agua. Por ejemplo, los quistes de protozoos como *Giardia* y *Cryptosporidium* se eliminan eficazmente mediante el uso de filtros lentos de arena. De manera análoga, los virus entéricos se inactivan manteniendo un residuo desinfectante de por lo menos 0,5 mg/litro de cloro libre durante un mínimo de 30 minutos en aguas con una turbiedad de menos de 1 UNT y un pH de menos de 8,0. Otro aspecto del procedimiento del tratamiento mínimo consiste en la protección de las fuentes y las zonas de captación con el fin de reducir al mínimo tanto la contaminación como la complicación de los procedimientos de tratamiento necesarios para garantizar la potabilidad.

No es fácil fijar directrices de aplicación general para los demás riesgos biológicos, en particular para los protozoos y helmintos parásitos. La aplicación de todo procedimiento y directriz que se propongan debe regirse por consideraciones epidemiológicas por lo menos en dos aspectos:

- Muchos parásitos tienen una distribución geográfica compleja y puede ser innecesario adoptar precauciones contra los que no están presentes en el plano local.
- La mayoría de los parásitos que se transmiten por el agua son también transmisibles por otras vías, por ejemplo a través de los alimentos o por transmisión directa fecal-oral, y estas vías también se deben tener en consideración al formular las estrategias de lucha.

Entre las especies de protozoos de los que se sabe que han sido transmitidos por la ingestión de agua de beber contaminada figuran *Entamoeba histolytica* (causante de la amibiasis), *Giardia* spp., y *Cryptosporidium*. Estos microorganismos pueden introducirse en un abastecimiento de agua por contaminación fecal humana, y, en algunos casos, animal. Los microorganismos coliformes no parecen constituir un buen indicador de *Giardia* o de *E. histolytica* en el agua de beber: los enterovirus y los protozoos son más resistentes a la desinfección que *E. coli*, de modo que la ausencia de *E. coli* no indica necesariamente la exención de estos microorganismos.

Las fases infecciosas de muchos helmintos, tales como los ascárides y platelmintos parásitos, pueden transmitirse al hombre a través del agua de beber. Una sola larva madura o un solo huevo fertilizado pueden causar infección, y estas fases infecciosas deben estar ausentes del agua de beber. Sin embargo, la vía

hídrica es relativamente poco importante, excepto en el caso de *Dracunculus medinensis* (causante de la dracunculosis), que se encuentra principalmente en los abastecimientos de agua al descubierto. Aunque hay métodos para detectar este parásito, no son adecuados para una vigilancia sistemática.

### **Desinfección**

La desinfección terminal es indispensable para las aguas de superficie después de su tratamiento y para los manantiales subterráneos protegidos siempre que se detecten *E. coli* o coliformes (fecales) termotolerantes. El cloro, en una forma u otra, es el desinfectante de uso más común en todo el mundo.

Para la cloración terminal, debe haber un residuo de cloro libre de por lo menos 0,5 mg/litro después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos a un pH de menos de 8,0, lo mismo que para la inactivación de los virus entéricos. Cuando se usa el cloro como desinfectante en sistemas de distribución por tuberías, es deseable mantener un residuo de cloro libre de 0,2–0,5 mg/litro en toda la instalación, para reducir el riesgo de una nueva proliferación microbiana y el riesgo para la salud de una nueva contaminación. En situaciones de emergencia, por ejemplo, en campos de refugiados, durante los brotes de enfermedades que pueden ser transmitidas por el agua, o cuando se detecta la contaminación fecal de un abastecimiento de agua, debe aumentarse la concentración de cloro libre a más de 0,5 mg/litro a lo largo de todo el sistema.

Un nivel alto de turbiedad puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de las bacterias y provocar una demanda considerable de cloro. Para una desinfección eficaz es necesario que la turbiedad sea de menos de 5 UNT; lo ideal es que la turbiedad media se sitúe por debajo de 1 UNT.

Es fácil vigilar y controlar el cloro como desinfectante del agua de beber, y se recomienda una vigilancia periódica y frecuente siempre que se practique la cloración. La determinación del cloro se describe en la sección 6.6.11. En el caso del agua que se suministra al público, el valor orientativo para el cloro libre, desde el punto de vista sanitario, es de 5 mg/litro. Sin embargo, las concentraciones que son detectables por los consumidores y suelen provocar un rechazo pueden ser muy inferiores (normalmente, de 0,6–1 mg/litro); por consiguiente, debe establecerse un límite máximo sobre la base de la experiencia local.

La desinfección es de importancia incuestionable en el abastecimiento de agua inocua para beber. La destrucción de los patógenos microbianos es indispensable y generalmente exige el empleo de agentes químicos reactivos como el cloro. El uso de desinfectantes químicos suele dar lugar a la formación de subproductos químicos, algunos de los cuales pueden ser peligrosos, pero los riesgos para la salud que presentan estos subproductos son sumamente pequeños en comparación con los inherentes a una desinfección insuficiente. Es importante no comprometer la eficacia de la desinfección tratando de controlar estos subproductos.

### **Aspectos químicos**

En las zonas rurales de los países en desarrollo, la gran mayoría de los problemas de calidad del agua relacionados con la salud son resultado de una contaminación bacteriológica o por otros agentes biológicos. Sin embargo, un número considerable de problemas muy graves pueden ser resultado de la contaminación química de los recursos hídricos.

En las zonas rurales donde un empleo excesivo de productos agroquímicos da lugar a unas concentraciones considerables de plaguicidas en el agua pueden producirse efectos potencialmente crónicos. La presencia de nitrato y nitrito en el agua puede ser el resultado de una aplicación excesiva de fertilizantes o de la lixiviación de aguas servidas o de otros desechos orgánicos en las aguas subterráneas o de superficie. Aunque puede ser difícil detectar los efectos en las poblaciones humanas, estos contaminantes pueden representar un riesgo para la salud.

En las zonas donde las aguas son agresivas o ácidas, el uso de tuberías y accesorios o de soldaduras de plomo puede dar lugar a altas concentraciones de plomo en el agua de beber, lo cual, después de una exposición prolongada, puede afectar al desarrollo mental de los niños. La exposición a concentraciones altas de fluoruro naturalmente presente en el agua puede causar la aparición de manchas en los dientes y, en los casos graves, fluorosis del esqueleto e invalidez. De manera análoga, puede haber arsénico presente naturalmente en el agua, y una exposición prolongada al mismo a través del agua de beber puede representar un riesgo para la salud.

Entre los efectos más graves para la salud que resultan de la contaminación química de los sistemas de abastecimiento a las pequeñas comunidades figuran la metahemoglobinemia en los lactantes causada por altas concentraciones de nitrato, y las toxicosis debidas a descargas accidentales o de otra clase de disolventes y metales pesados procedentes de las actividades de minería.

Para determinar si existen o no problemas de este tipo, puede ser necesario medir cierto número de parámetros fisicoquímicos. Sin embargo, puede resultar al mismo tiempo muy costoso y físicamente impracticable abarcar un gran número de parámetros, sobre todo en el caso de los sistemas de abastecimiento de agua para las zonas rurales de los países en desarrollo.

Si algunos contaminantes químicos revisten particular importancia en el plano local, deben medirse sus concentraciones y evaluar los resultados a la luz de los valores orientativos y de las demás recomendaciones contenidas en el volumen 1. Debe señalarse además que algunos de los efectos en la salud pueden producirse como resultado de deficiencias químicas específicas en la dieta, de la que el agua forma parte. Son ejemplos importantes de ello el bocio oftálmico causado por la deficiencia de yodo y la caries dental que resulta de una ingesta baja de fluoruro. En las presentes directrices no se ha tratado de definir una concentración mínima deseable de estas sustancias en el agua de beber.

### **Aspectos físicos y estéticos**

La calidad química y física del agua puede influir en su aceptabilidad para los consumidores. La turbiedad, el color, el sabor y el olor, naturales o de cualquier otro origen, influyen en las percepciones y el comportamiento de los consumidores. En casos extremos, los consumidores pueden rechazar abastecimientos de agua perfectamente inocuos pero inaceptables estéticamente en favor de manantiales de agua más agradables pero menos saludables.

Aunque las directrices para la calidad del agua potable están basadas en el mejor asesoramiento de salud pública disponible, nada asegura que los consumidores se sientan satisfechos o insatisfechos con los abastecimientos de agua que se ajusten o no a estas directrices. Por esto es aconsejable conocer las percepciones del consumidor y tener en cuenta tanto las directrices relacionadas con la salud como los criterios estéticos a la hora de evaluar los abastecimientos de agua de beber.

- Una *turbiedad* de más de 5 UNT (5 UTJ) puede resultar visible y, por consiguiente, repelente para los consumidores.
- En el agua de beber, el *color* puede deberse a la presencia de sustancias orgánicas como las de origen húmico, de metales como el hierro y el manganeso, o de desechos industriales muy coloreados. La experiencia ha demostrado que los consumidores pueden recurrir a otras fuentes, que quizás no sean inocuas, cuando su agua muestra concentraciones de color estéticamente desagradable, generalmente de más de 15 UCR. Lo ideal es que el agua potable sea incolora.
- En el agua, el *olor* se debe principalmente a la presencia de sustancias orgánicas. Algunos olores son indicativos de un aumento de la actividad biológica, mientras que otros pueden derivarse de la contaminación industrial. Cuando se identifican problemas de olor, las encuestas de saneamiento deben incluir investigaciones sobre el origen de estos problemas.

A la percepción combinada de las sustancias detectadas por los sentidos del gusto y el olor, suele llamársele «sabor». Los problemas de «sabor» de los abastecimientos de agua de beber son con frecuencia la causa principal de las quejas del consumidor. Los cambios en el sabor normal de un abastecimiento público de agua pueden derivarse de cambios en la calidad de la fuente original o de deficiencias en el proceso de tratamiento.

El agua debe estar exenta de sabores y olores molestos para la mayoría de los consumidores.

### **Parámetros críticos de la calidad del agua potable en los sistemas de abastecimiento a la comunidad**

Los principales riesgos para la salud humana asociados a los abastecimientos de agua a la comunidad son microbiológicos, y ha habido tradicionalmente cierta tendencia a basarse en un número relativamente corto de pruebas de la calidad

del agua para determinar la inocuidad de los suministros. Algunos organismos denominan a esta estrategia «*vigilancia mínima*» mientras que otros usan el término «*ensayo de los parámetros críticos*». El criterio se basa en la presunción de que las autoridades sanitarias estarán al corriente de otras fuentes específicas de riesgo en la región, tales como la contaminación química, y las incluirán en el plan de vigilancia. Es mucho más eficaz vigilar un corto número de parámetros clave con la mayor frecuencia posible (*en conjunción* con una inspección sanitaria) que llevar a cabo, con menos frecuencia, análisis completos pero que llevan mucho tiempo y que en gran parte no son de interés.

Los parámetros recomendados para la vigilancia mínima de los abastecimientos a la comunidad son los que mejor determinan el estado higiénico del agua y, por ende, el riesgo (si existe) de infección transmitida por el agua. Los parámetros críticos de la calidad del agua son los siguientes:

- *E. coli*; los coliformes (fecales) termotolerantes son aceptados como sustitutos adecuados;
- cloro residual (si se practica la cloración).

Estos parámetros se deben suplementar, cuando sea apropiado, con los siguientes:

- pH (si se practica la cloración);
- turbiedad (si se efectúa algún tratamiento).

El valor y la aplicación de estas pruebas se describen con más detalle en el capítulo 4. Sin embargo, una ventaja que vale la pena señalar aquí es que estos parámetros críticos se pueden medir *in situ* con un equipo de ensayo relativamente sencillo. El ensayo *in situ* es indispensable para determinar la turbiedad y el cloro residual, que cambian rápidamente durante el transporte y el almacenamiento; también es importante en el caso de los demás parámetros donde se carece de apoyo de laboratorio o donde los problemas de transporte harían difícil o imposible el muestreo y el análisis convencionales.

Los abastecedores de agua deben realizar una serie más amplia de análisis relativos al funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento y distribución del agua, además de los parámetros relacionados con la salud fijados en las normas nacionales sobre calidad del agua. Los análisis deben incluir además el concepto de aceptabilidad: en el volumen 1 se señala que el agua suministrada para beber debe ser aceptable para los consumidores, quienes pueden recurrir a una fuente más agradable al paladar, pero que puede no ser inocua, si el agua suministrada se considera inaceptable; así pues, la aceptabilidad se incluye también entre los parámetros críticos. Y puede evaluarse mediante la observación (sabor, color, olor, turbiedad visible), sin necesidad de determinaciones de laboratorio.

También se deben medir otros parámetros de importancia local relacionados con la salud. A veces puede ser útil incluir el total de coliformes en el análisis bacteriológico, por ejemplo si se practica la cloración y hay una red de distribución extensa.

### **Otros análisis importantes**

Cuando las fuentes de abastecimiento se investigan por primera vez o cuando se trata de explotar nuevas fuentes, es prudente emprender una gran diversidad de análisis con el fin de averiguar el grado de inocuidad y de salubridad general del agua.

En el momento de elegir las técnicas de extracción y de tratamiento de nuevos recursos es indispensable tener plenamente en cuenta todos los factores de la calidad del agua. Las variaciones estacionales en la turbiedad de las aguas superficiales no tratadas pueden ser muy grandes, y esto es algo que es preciso tener muy presente; las estaciones de tratamiento deben diseñarse en previsión de las peores condiciones y no en función del promedio de calidad del agua, ya que, de otro modo, los filtros pueden taponarse rápidamente o los depósitos de sedimentación pueden sobrecargarse. La agresividad química de algunas aguas subterráneas puede influir en la integridad de los revestimientos de las perforaciones y de las bombas, lo que podría dar lugar a concentraciones inaceptablemente altas de hierro en el agua, a posibles averías y a costosos trabajos de reparación. En tales casos podría reducirse tanto la calidad como la disponibilidad del agua y ponerse en peligro la salud pública.

En la mayoría de las fuentes de agua, en particular en las aguas subterráneas, la mayoría de los parámetros químicos varían relativamente poco con el paso del tiempo. Así pues, en las evaluaciones sistemáticas es aconsejable investigar los parámetros que guardan más estrecha relación con los riesgos para la salud y/o los que es más probable que varíen al cabo de cortos periodos de tiempo.

### **1.3.2 Enfermedades «lavadas» por el agua**

Un suministro fiable de agua inocua desempeña una función importante en la prevención de enfermedades, especialmente porque facilita la higiene personal, doméstica y de los alimentos. Las enfermedades en las que más influye la disponibilidad de cantidades suficientes de agua con fines higiénicos son las llamadas «*lavadas por el agua*», que pueden dividirse en los tres grupos siguientes:

- Enfermedades transmitidas por la vía fecal-oral, tales como la hepatitis A, la disentería bacilar, y muchas enfermedades diarreicas; todas ellas son transmitidas por el agua y también por otros medios, por ejemplo los alimentos o las manos. Por esto el mejoramiento de la higiene contribuye a combatirlas.
- Infecciones de la piel y los ojos, como el tracoma, las infecciones cutáneas, y las enfermedades fúngicas de la piel. La prevalencia de estas enfermedades guarda relación con la falta de higiene.
- Infecciones transmitidas por piojos o ácaros, tales como la sarna (ácaros) y el tifus epidémico transmitido por el piojo (causado por *Rickettsia prowazeki* y transmitido principalmente por el piojo del cuerpo humano). Una buena higiene personal puede ayudar a combatir estas enfermedades.

La provisión de agua para usos domésticos en cantidad y calidad suficientes

contribuirá a reducir la incidencia de las enfermedades transmitidas por la vía fecal-oral y otras enfermedades transmisibles.

## **1.4 Objetivos de la vigilancia y el control de la calidad**

La vigilancia es una actividad de investigación que se emprende con el fin de identificar y evaluar los factores asociados al agua de beber que pueden presentar riesgos para la salud. La vigilancia contribuye a la protección de la salud pública fomentando el mejoramiento de la calidad, la cantidad, la cobertura, el costo y la continuidad de los suministros de agua. Es una actividad preventiva – al detectar los riesgos para poder aplicar la acción necesaria antes de que se presenten los problemas de salud pública – y al mismo tiempo correctiva por cuanto permite identificar el origen de los brotes de enfermedades transmitidas por el agua y adoptar prontamente las oportunas medidas correctivas.

La vigilancia requiere un programa sistemático de encuestas en el que se combinen los análisis, la inspección de saneamiento, y una serie de aspectos institucionales y comunitarios. La inspección sanitaria debe abarcar el conjunto del sistema de abastecimiento de agua, es decir, los manantiales, las conducciones, las estaciones de tratamiento, los depósitos de almacenamiento, y la distribución.

La vigilancia es indispensable para el establecimiento de estrategias racionales aplicables al mejoramiento de la calidad de los servicios de abastecimiento de agua.

El control de la calidad tiene por objeto velar por que los servicios de abastecimiento de agua se ajusten a las normas nacionales y a los objetivos institucionales convenidos.

Los abastecedores de agua son responsables en todo momento de la calidad y la inocuidad del agua que distribuyen, lo que pueden conseguir mediante una combinación de prácticas operativas y un mantenimiento preventivo correctos, respaldados por el control de la calidad. La responsabilidad de este control incumbe al abastecedor de agua y supone el establecimiento de salvaguardas en la producción y distribución del agua potable así como la práctica de análisis sistemáticos de la calidad del agua para asegurarse de que se cumplen las normas nacionales.

El control de la calidad se distingue de la vigilancia sobre la base de las responsabilidades institucionales y de la frecuencia de las actividades de vigilancia desplegadas. El organismo de vigilancia es responsable de la revisión independiente (externa) y periódica de todos los aspectos de inocuidad, mientras que el abastecedor de agua es responsable en todo momento del control periódico de la calidad, y de la vigilancia y la aplicación de prácticas correctas en el funcionamiento del sistema.

## **1.5 Estructura orgánica**

En los dispositivos orgánicos encaminados a mejorar los servicios de abastecimiento de agua deben tenerse en cuenta las funciones indispensables y complementarias

del organismo responsable de la vigilancia y del abastecedor de agua. Conviene que las dos funciones descritas a grandes rasgos en la sección 1.4, es decir, la vigilancia y el control de la calidad, corran a cargo de entidades distintas e independientes, dados los conflictos de intereses que surgen cuando las dos funciones se combinan. Sin embargo, puesto que las dos son esencialmente complementarias, en la vigilancia de los servicios de abastecimiento de agua deben intervenir tanto el organismo de vigilancia como el abastecedor.

Entre los aspectos importantes de un programa de vigilancia figuran los siguientes:

- El organismo de vigilancia debe tener la responsabilidad exclusiva dentro de la autoridad sanitaria de prestar servicios de vigilancia para proteger al público de las enfermedades transmitidas por el agua y de los demás riesgos asociados al suministro de agua.
- La vigilancia del abastecimiento de agua debe integrarse con las demás medidas de higiene del medio, en particular con el saneamiento.
- La vigilancia requiere unos conocimientos especializados; así pues, el organismo debe contar con personal especialmente adiestrado en ingeniería sanitaria, salud de la comunidad, epidemiología, química, biología, etc. Debe prestarle apoyo adicional la profesión médica, en particular durante un brote de enfermedad entérica.
- Las autoridades sanitarias deben disponer de laboratorios centralizados y de los demás servicios necesarios para los programas de vigilancia de los abastecimientos de agua.
- Deben presentarse al gobierno informes periódicos sobre el estado de los abastecimientos de agua del país en relación con la salud pública.

En los países donde los abastecedores de agua para las zonas urbanas han establecido un control de calidad eficaz, el organismo de vigilancia puede optar por centrar más su atención en los problemas de las poblaciones menos atendidas. La presente publicación va dirigida específicamente a estas poblaciones, en las que se incluyen tanto las comunidades rurales como las zonas periurbanas.

### 1.5.1 El organismo de vigilancia

En la mayoría de los países, el organismo encargado de la vigilancia de los servicios de abastecimiento de agua potable es el ministerio de salud (o de salud pública) y sus oficinas regionales o departamentales. En algunos países hay un organismo de protección del medio ambiente; en otros, los departamentos de higiene del medio del gobierno local pueden asumir parte de la responsabilidad. El organismo de vigilancia debe ser preferentemente una institución establecida, designada por la legislación nacional, debe estar representado en el plano nacional, y debe operar en los planos central, provincial (departamental o regional) y local (distrito). Sus responsabilidades deben abarcar la vigilancia del grado de observancia

de las normas sobre servicios de abastecimiento (con inclusión de la calidad, la cobertura, la cantidad, la continuidad y el costo), la aprobación de las fuentes de agua potable y la vigilancia de la provisión de agua potable a la población en su conjunto.

La vigilancia se ejerce sobre *toda* el agua usada con fines domésticos por la población, tanto si es suministrada por un organismo formal de abastecimiento de agua como si se obtiene de fuentes o suministros individuales. Así pues, la zona de responsabilidad del organismo abarca todas las fuentes o procedencias del agua que se utiliza para el consumo humano o que se distribuye precisamente con este fin. Sin embargo, en muchos países en desarrollo, especialmente donde hay muchas fuentes cada una de las cuales puede abastecer a una población pequeña, este objetivo puede ser difícil y costoso de alcanzar. Por esto se debe dar prioridad a los sistemas que abastecen de agua a poblaciones más grandes y a aquellos de los que se sospecha que presentan un riesgo considerable para la salud humana, y a la identificación de los riesgos y las deficiencias más comunes en los sistemas de abastecimiento.

### 1.5.2 El control de la calidad y la función del abastecedor de agua

Lo dicho hasta ahora no excluye a los organismos de abastecimiento de agua y de construcción de la participación en la vigilancia; de hecho su participación es de importancia capital. Aunque incumbe al organismo de vigilancia la responsabilidad de generar y resumir los datos derivados de la vigilancia y de promover las mejoras, es el sector de abastecimiento de agua el que habrá de llevar a cabo muchas de las acciones encaminadas a mejorar los suministros. Además, los organismos de abastecimiento y construcción son responsables del control de la calidad de los servicios que prestan. Sin embargo, es posible que la división de las responsabilidades entre el sector de la salud y el de abastecimiento de agua no siempre esté clara. En algunos casos, la diversidad de instituciones profesionales, gubernamentales, no gubernamentales y privadas puede ser mayor y más compleja de lo dicho. Cualquiera que sea el marco existente, es importante que se establezcan estrategias y estructuras claras para la ejecución de la vigilancia y del control de la calidad, el acopio y resumen de los datos, la notificación y difusión de los resultados obtenidos, y la adopción de medidas correctivas. Igualmente es indispensable definir claramente las vías de comunicación y determinar quién debe responder ante quién.

Los dispositivos orgánicos para la ejecución de las actividades de vigilancia y de control de la calidad pueden modificarse a medida que el programa pasa de la fase piloto a la fase regional y luego nacional. Es importante que desde el principio se establezcan los marcos básicos en los planos local, regional y nacional para evitar toda confusión subsiguiente, pero estos marcos se pueden mejorar y perfeccionar sobre la base de la experiencia acumulada durante la ejecución de las actividades. Es preferible desarrollar y construir sobre la base de unos marcos

preexistentes que imponer cambios radicales inmediatamente antes de emprender un programa o durante su ejecución.

## **1.6 Participación de la comunidad**

La participación de la comunidad es un componente indispensable del marco de vigilancia. Como beneficiarios directos del mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua, los miembros de la comunidad tienen derecho a tomar parte en la adopción de decisiones sobre su propio futuro. Representan un recurso del que cabe esperar conocimientos locales, experiencia, apoyo financiero y mano de obra. Serán seguramente los primeros en darse cuenta de los problemas que se plantean en el abastecimiento de agua y, por consiguiente, quienes podrán aplicar inmediatamente las medidas de corrección oportunas. Estableciendo una auténtica asociación con la comunidad se crea un clima de confianza y entendimiento que genera a su vez interés y entusiasmo. Todo ello constituye una buena base para otras actividades de educación, tales como el fomento del uso de letrinas y la adopción de buenas prácticas de higiene.

La función de la comunidad en la planificación y la ejecución de la vigilancia puede incluir útilmente las siguientes formas de participación:

- ayudar a establecer los procedimientos de vigilancia;
- ayudar al acopio de datos;
- ayudar a los agentes sobre el terreno a recoger muestras de agua;
- vigilar la cantidad y calidad del agua e informar periódicamente de los resultados al personal de vigilancia;
- velar por un uso apropiado de los suministros de agua;
- fijar prioridades para las medidas correctivas, con inclusión del mejoramiento de los abastecimientos de agua, el saneamiento y la higiene;
- encargarse del mantenimiento y las reparaciones sencillas;
- notificar al personal experto los problemas que requieren particular atención.

Para que la participación de la comunidad en la vigilancia sea realmente útil es importante:

- establecer un método eficaz que puedan aplicar los voluntarios para identificar los riesgos para la salud asociados al abastecimiento de agua;
- adiestrar a los miembros de la comunidad en la ejecución de encuestas sobre saneamiento y en la adopción de medidas correctivas, y prever un sistema de apoyo para este adiestramiento con el fin de garantizar su sostenibilidad.

## **1.7 Función de la vigilancia en el mejoramiento de los abastecimientos de agua**

Para que la vigilancia de los abastecimientos de agua redunde en un mejoramiento de los servicios de abastecimiento es de importancia capital que se identifiquen y utilicen mecanismos para promover este mejoramiento.

En el cuadro 1.2 figura una lista de mecanismos para el mejoramiento de los abastecimientos de agua sobre la base de los resultados de la vigilancia. Conceptos análogos cabe aplicar a los programas de control de la calidad, pero en este caso es probable que se haga más hincapié en el establecimiento de prioridades de la inversión en los planos regional y nacional que en la educación en materia de higiene y de exigencia del cumplimiento de las normas. En los capítulos subsiguientes se examinan con más detalle todos y cada uno de los mecanismos propuestos.

La información por sí sola no basta. Una gestión eficaz y el uso de la información generada por la vigilancia son lo que hace posible el mejoramiento racional de los abastecimientos de agua; en este contexto, el término «racional» presupone que los recursos disponibles se utilicen para conseguir los máximos beneficios en la salud pública.

**Cuadro 1.2 Mecanismos para el mejoramiento de los servicios de abastecimiento de agua sobre la base de los resultados de la vigilancia de los abastecimientos**

---

- **Establecimiento de las prioridades nacionales**  
Una vez identificados los problemas y las deficiencias de los sistemas de abastecimiento de agua cabe formular estrategias nacionales para su mejoramiento y para la adopción de medidas correctivas; estas estrategias pueden incluir modificaciones en la formación (de los directores, los administradores, los ingenieros o el personal sobre el terreno), programas de rehabilitación o mejoramiento, o cambios en las estrategias de financiación para necesidades específicas.
  - **Establecimiento de las prioridades regionales**  
Las oficinas regionales de los organismos de abastecimiento de agua pueden decidir cuáles son las comunidades y las actividades correctivas prioritarias; para establecer estas prioridades deben aplicarse criterios de salud pública.
  - **Establecimiento de la educación en materia de higiene**  
No todos los problemas identificados mediante la vigilancia son de índole técnica, y no todos los resuelven los organismos de abastecimiento y construcción; la vigilancia también se ocupa de los problemas que se plantean en los abastecimientos privados, la recogida y el transporte de agua, y el tratamiento y almacenamiento domésticos de la misma. Es probable que la solución de muchos de estos problemas requiera actividades de educación y promoción coordinadas por el organismo de salud.
  - **Observancia de las normas**  
En muchos países hay leyes y normas relativas a los abastecimientos públicos de agua. La información derivada de la vigilancia se puede utilizar para evaluar el grado de observancia de las normas por parte de los organismos de abastecimiento. Cabe emprender acciones correctivas si es necesario, pero debe tenerse en cuenta su viabilidad, y la imposición de la observancia de las normas debe estar vinculada a las estrategias de mejoramiento gradual.
  - **Funcionamiento y mantenimiento a cargo de la comunidad**  
Una autoridad designada debe prestar apoyo al adiestramiento de algunos miembros de la comunidad para que éstos puedan asumir la responsabilidad del funcionamiento y el mantenimiento de sus abastecimientos de agua.
-

# 2.

## Planificación y ejecución de la vigilancia

### 2.1 Bases legales e institucionales

#### 2.1.1 Leyes, reglamentos y normas

La eficacia de los programas de control de la calidad del agua de beber depende idealmente de la existencia de una legislación, unas normas y unos códigos adecuados. Una de las funciones de la legislación básica es definir las funciones, la autoridad y las responsabilidades del organismo de abastecimiento de agua y del organismo de vigilancia. En las normas y los códigos se deben especificar la calidad del agua que deberá suministrarse al consumidor, las prácticas que se aplicarán en la selección y el desarrollo de las fuentes de agua y en los procesos de tratamiento y de distribución, y los procedimientos que deberán seguirse para aprobar los sistemas de abastecimiento de agua en cuanto a la calidad de ésta. La índole precisa de la legislación dependerá en cada país de consideraciones nacionales, constitucionales y de otros órdenes.

La experiencia ha demostrado que la legislación básica debe limitarse a sentar los principios generales y a especificar las infracciones y la penalización de las contravenciones. La autoridad para establecer y revisar las normas sobre el agua potable, los códigos de prácticas y las demás reglamentaciones técnicas deberán delegarse en el ministro adecuado del gobierno – preferiblemente el ministro de salud – , quien es responsable de velar por la calidad de los abastecimientos de agua y por la protección de la salud pública. La autoridad para establecer las normas de calidad y los reglamentos y velar por su observancia puede recaer en un ministro distinto del que suele ser responsable de la salud pública y/o de la higiene del medio. En este caso se debe exigir que las normas sobre calidad de agua sean promulgadas solamente después de su aprobación por la autoridad de salud pública o de higiene del medio, con el fin de asegurarse de que estas normas se ajustan a los principios de protección de la salud.

En esta legislación se suele prever el establecimiento y la modificación de las normas y directrices sobre calidad del agua potable, así como las reglamentaciones para el desarrollo de las fuentes de agua potable, y la producción, el mantenimiento y la distribución de agua para beber inocua. También se establecen en general las funciones y responsabilidades jurídicas del organismo abastecedor de agua, y se hace constar claramente que, como organización que vende y/o suministra agua al consumidor, este organismo tiene el deber legal de suministrar agua sana e inocua que se ajuste a las normas establecidas por la ley sobre calidad del agua.

## 2. PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA VIGILANCIA

Además, incumbe al organismo la responsabilidad de velar por la calidad del agua de manera continua y eficaz, así como la del control de calidad de los abastecimientos de agua, con inclusión de la inspección, la supervisión, el mantenimiento preventivo, el análisis sistemático de la calidad del agua y la adopción de las medidas correctivas oportunas.

Al organismo de abastecimiento de agua debe considerársele responsable de la inocuidad y la calidad del suministro de agua hasta un punto determinado del sistema de distribución, generalmente la conexión con las viviendas o con las fuentes públicas.

Con frecuencia una empresa o una organización gubernamental nacionales o regionales que se ocupan del abastecimiento de agua suministran agua potable a un organismo municipal de abastecimiento de agua o a una empresa o un grupo local de distribución de agua. Como «mayorista», el abastecedor primario debe ser legalmente responsable de la calidad del agua hasta el punto de conexión con las cañerías del suministrador local; la organización que abastece directamente al público pasa a ser entonces un «detallista». Dicho de otro modo, cada organización debe asumir la responsabilidad legal de la calidad del abastecimiento de agua hasta el punto de entrega al «cliente».

Los gobiernos deben además examinar la conveniencia de promulgar legislación que permita a los individuos o a las organizaciones de la comunidad emprender acciones legales para exigir la observancia de las normas y los reglamentos sobre calidad del agua. Asimismo conviene que prevean en su legislación el derecho de los organismos abastecedores de agua de emprender acciones legales para proteger sus manantiales y su sistema de distribución de toda fuente de contaminación. Esto es particularmente importante en las zonas donde no existe ningún programa gubernamental eficaz que controle la contaminación.

Hay que otorgar al organismo de vigilancia los poderes necesarios para administrar y exigir la observancia de las leyes, los reglamentos, las normas y los códigos sobre calidad del agua. También debe poder delegar estos poderes en otros organismos específicos, tales como los consejos municipales, los departamentos locales de salud, las autoridades regionales, las organizaciones no gubernamentales (de la comunidad), las universidades y los servicios de análisis privados calificados y autorizados por el gobierno.

Muchos países carecen de legislación básica de esta clase, y en otros la legislación vigente está muy anticuada. Sin embargo, bajo la legislación vigente en materia de salud en general, alimentación y bienestar cabe imponer medidas provisionales para garantizar la calidad del agua. La ejecución de programas encaminados a proporcionar agua potable inocua no se debe demorar por falta de una legislación apropiada.

Aun en los lugares donde no se han promulgado todavía directrices o normas impuestas por la ley sobre el agua potable, puede ser posible estimular y aun imponer el suministro de agua potable sana mediante una acción educativa o acuerdos comerciales y contractuales entre el cliente y el suministrador sobre la base del derecho civil.

En el capítulo 8 se examina el tema de la aplicación de la legislación sobre abastecimiento de agua.

## 2.1.2 Marco institucional para la vigilancia de la calidad del agua

La función principal de la vigilancia en la gestión de los abastecimientos de agua para las comunidades consiste en evaluar la inocuidad y la aceptabilidad del agua que se suministra al público, de modo que los consumidores estén protegidos de manera permanente y fiable contra los riesgos para la salud que presentan los suministros contaminados. La vigilancia aumenta, pues, considerablemente el valor del agua, en particular para uso doméstico. Facilita la recuperación de su costo y aumenta sus beneficios para la salud.

La vigilancia de la calidad del agua necesita un marco institucional que refleje sus objetivos y funciones y atribuya las responsabilidades clave a los órganos pertinentes, no solamente a los organismos encargados de suministrar el agua y de promover la salud sino a todas las instituciones con funciones normativas, de desarrollo, de educación y de control pertinentes.

En el centro de este marco, comparten la principal responsabilidad de la vigilancia dos organismos cuyas actividades deben ser al mismo tiempo complementarias y mutuamente exclusivas. El organismo abastecedor de agua es responsable de la calidad e inocuidad del agua que produce y distribuye, mientras que el organismo de vigilancia asume la responsabilidad general de velar por que todos los suministros de agua de beber de su jurisdicción estén exentos de riesgos para la salud. Indirectamente, sin embargo, los riesgos para la salud relacionados con la ingestión u otra forma de utilización de agua contaminada procedente de fuentes no protegidas pueden ser achacables al organismo abastecedor si éste ha incumplido su mandato, provocando así que el público use suministros peligrosos.

El organismo abastecedor difiere también del organismo de vigilancia en cuanto que lleva a cabo sistemáticamente los análisis y la vigilancia de la calidad del agua que produce, mientras que el organismo de protección de la salud pública lleva a cabo inspecciones independientes de vigilancia de la calidad del agua para determinar si el organismo abastecedor asume como es debido sus responsabilidades.

El principio básico clave en la ejecución de un programa fiable de vigilancia de la calidad del agua de beber es que este sistema en dos planos es absolutamente necesario. Es imperativo que el organismo de protección de la salud pública esté debidamente equipado para desempeñar su función de reglamentación. Si no lo está, el organismo de vigilancia puede subcontratar sus tareas a un tercero, por ejemplo una empresa privada, por un costo que se pueda recuperar, por ejemplo en el precio de venta del agua. La vigilancia por el organismo abastecedor de la calidad de su propio producto o del de una filial nunca se puede considerar como un sustituto satisfactorio de la vigilancia independiente.

Otro principio importante es que los dispositivos institucionales y legales de vigilancia de la calidad del agua deben prestarse a la descentralización y también

a la cooperación intersectorial. Lo mismo que todas las actividades relacionadas con el agua, la promoción y el control de la calidad del agua están fragmentados horizontalmente entre un gran número de productores, usuarios y organismos de planificación, financiación y vigilancia, y también verticalmente entre organismos nacionales y regionales con unas posibilidades limitadas de descentralización, numerosas autoridades locales con escasos recursos, y un número muy grande de puntos de consumo, sobre todo en los países en desarrollo.

La cooperación intersectorial es necesaria en todas las actividades relacionadas con la promoción y la vigilancia de la calidad del agua, desde las funciones normativas hasta el abastecimiento de agua propiamente dicho, la vigilancia de la calidad del agua y la aplicación de medidas preventivas y correctivas. En la etapa normativa, los organismos responsables de la protección de la salud pública y del abastecimiento de agua deben establecer, de común acuerdo y en consulta mutua, unas normas sobre calidad del agua que garanticen esta calidad y sean aplicables en la práctica. Para asegurarse de que estas normas serán aceptables también para los consumidores, conviene que las comunidades atendidas participen también en su establecimiento, juntamente con los principales usuarios del agua, entre ellos las empresas industriales o agrícolas que pueden competir por beneficiarse de la misma fuente o el mismo suministro público de agua.

Las demás funciones normativas o de reglamentación incumben a determinados ministerios, como los de obras públicas, vivienda, recursos naturales o medio ambiente, a los que interesa en particular el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua y de evacuación de los desechos, las normas sobre equipo, los códigos y reglas sobre fontanería, la asignación del agua, la protección y conservación, y la recogida, el tratamiento y la evacuación de los desechos. El servicio de planificación económica (para la asignación de los recursos), los ministerios y organismos encargados de los asuntos internos y del gobierno local (para los asuntos comunitarios), y el ministerio de hacienda (en relación con las tarifas del agua) deben ser consultados sobre las cuestiones de sus respectivos sectores de competencia. También los abastecedores de agua privados y autónomos deben participar en la elaboración de las normas si su intervención está justificada por su tamaño e importancia individuales o colectivos; las reglamentaciones nacionales, reajustadas si es necesario, deben ser siempre aplicables a esta categoría de abastecedores de agua. Para que la coordinación intersectorial sea eficaz es preciso que los organismos responsables del desarrollo de la comunidad y de la educación en materia de higiene participen en todas las actividades y en todos los niveles; generalmente es más fácil descentralizar estos organismos que las autoridades del sector del agua. Con frecuencia los organismos de salud pública están más cerca de la comunidad que los encargados de su abastecimiento con agua. En el plano local, también interactúan con otros sectores, por ejemplo, el de educación, y su acción combinada es indispensable para conseguir una participación activa de la comunidad.

Los equipos de vigilancia de la salud pública operan en los planos nacional, provincial y de distrito, tanto en las poblaciones como en los centros de salud

rurales. Sin embargo, es posible que los laboratorios de salud pública sólo se encuentren en las grandes ciudades, en cuyo caso el uso de estuches para los trabajos de campo (véanse las páginas 71–73 ) a cargo de equipos móviles de vigilancia puede contribuir a cubrir el vacío existente entre los laboratorios fijos y las comunidades remotas.

En los lugares donde pueden operar en zonas remotas con poblaciones muy dispersas, los equipos de vigilancia pueden además aportar información epidemiológica esencial que cabe utilizar luego en la planificación, e información sobre las principales deficiencias que resulte valiosa en la organización del mantenimiento. En los lugares donde los equipos de vigilancia de la calidad del agua no pueden operar, las organizaciones no gubernamentales pueden prestar ayuda, y, además, cabe dar formación a voluntarios de la comunidad. En algunos países, las misiones religiosas, los organismos de ayuda y los institutos científicos desempeñan funciones importantes en la vigilancia de la calidad del agua.

## 2.2 Planificación

### 2.2.1 Consideraciones generales

Para que sean eficaces, la vigilancia de los abastecimientos de agua y el control de su calidad deben responder a una buena planificación, y la definición de los objetivos es fundamental en todo proceso de planificación. Además de los principales objetivos de la vigilancia y el control de la calidad identificados en la sección 1.4, habrá cierto número de objetivos complementarios. Estos variarán según sean las condiciones en las que deberán ejecutarse las actividades, y casi siempre abarcarán las actividades que deberán emprenderse durante la ejecución. Cabe citar a modo de ejemplos:

- la provisión de equipo y de formación;
- la determinación de las tendencias en la calidad del servicio de abastecimiento de agua de beber con el paso del tiempo, según ciertos indicadores específicos;
- la aportación de información a las autoridades públicas con fines de protección de la salud pública general (es decir, la difusión de información);
- la identificación de las fuentes de contaminación;
- la investigación de las redes de distribución canalizadas;
- la identificación de estrategias correctivas;
- la evaluación del funcionamiento y la eficacia de las estaciones de tratamiento del agua;
- la participación de las comunidades en el proceso de vigilancia.

Las metas sirven de vínculo entre los objetivos y el plan de trabajo, y deben revisarse a intervalos regulares, por ejemplo una vez al año. En el establecimiento de un programa de vigilancia, las primeras metas suelen incluir:

- la preparación de un inventario completo de los abastecimientos de agua;
- el establecimiento de metodologías preliminares estándar (por ejemplo,

## 2. PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA VIGILANCIA

para los procedimientos de análisis, los trabajos sobre el terreno, y la elaboración de informes);

- el establecimiento de laboratorios regionales capaces de realizar análisis específicos;
- la formación del personal encargado del análisis de las muestras de agua en los planos regional y local;
- visitas de encuesta preliminares a cierto número de comunidades, y obtención de la participación de miembros de la comunidad en las encuestas y las sesiones de información como preparación para el ejercicio de sus funciones en la vigilancia basada en la comunidad;
- metas de la ejecución, tales como la cobertura (número de comunidades visitadas);
- análisis de los datos obtenidos y difusión de los resultados a cada comunidad, a las autoridades locales y regionales, a los organismos de abastecimiento de agua y de salud en los planos regional y nacional, y a la institución nacional responsable de la planificación y la coordinación;
- educación en materia de higiene con base en la comunidad.

Está muy claro que la vigilancia no se debe limitar al acopio de datos. Por ejemplo, si se observa que hay una necesidad particular de fomentar la participación pública en las cuestiones de abastecimiento de agua o de emprender una acción apropiada de educación sanitaria, puede decidirse que debe hacerse particular hincapié en estas actividades. Es importante evitar que las metas y los objetivos específicos sean demasiado ambiciosos; es necesario que estén claramente definidos y que sea posible alcanzarlos en un plazo determinado y razonable.

Los objetivos no se deben establecer en la capital del país para imponerlos luego a quienes deberán ejecutar el programa en el plano nacional. Los objetivos deben debatirse y acordarse en todos los niveles después de un periodo de consulta genuina y de base amplia, iniciada en el plano de la comunidad. Si la población concuerda en una meta y una serie de objetivos comunes, muchos de los problemas que suelen plantearse durante la ejecución se resolverán fácilmente y con buena voluntad.

### 2.2.2 Estrategias

La gestión comunitaria de los servicios de abastecimiento de agua fue uno de los principios básicos sentados en la Consulta Mundial sobre Agua y Saneamiento Inocuos en Nueva Delhi en septiembre de 1990, celebrada como final del Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental. La aplicación de este principio supone que las decisiones deben adoptarse en el nivel apropiado más bajo, previa consulta pública y con la participación de los usuarios en la planificación y la ejecución de los proyectos de abastecimiento de agua. Los programas gubernamentales deben prestar ayuda y apoyo a las comunidades en la gestión de sus propios sistemas de control de la calidad del agua.

La ejecución de los programas de abastecimiento de agua y la consiguiente vigilancia es una responsabilidad nacional. En diversos grados, la responsabilidad del funcionamiento de los sistemas de abastecimiento y de vigilancia debe delegarse a todos los niveles administrativos, hasta llegar a la comunidad y al individuo servidos. Por consiguiente, las autoridades nacionales deben establecer mecanismos para la colaboración en todos los planos; ello resulta particularmente importante para aprovechar plenamente los enfoques de base comunitaria y la autorresponsabilidad como instrumentos para alcanzar la sostenibilidad. Las mujeres deben participar en todos los aspectos de los sistemas de abastecimiento y de vigilancia, incluidas la planificación, la adopción de decisiones, la ejecución y la evaluación. Deben establecerse además programas educativos de base amplia, centrados principalmente en la higiene, la gestión local y la reducción de los riesgos.

En los lugares donde constituya una actividad nueva para los organismos de salud o de higiene del medio, la ejecución de las actividades de vigilancia debe iniciarse en el plano piloto, pasar luego al plano regional y ampliarse finalmente al plano nacional. El principio de una ejecución inicial en el plano piloto es importante y se ha comprobado que su aplicabilidad es muy amplia y general. También existen otros procedimientos para una ejecución gradual; por ejemplo, a veces puede ser apropiado empezar con grandes centros de población y bajar luego gradualmente hasta los sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. En ambos casos es importante que las actividades se inicien a escala de proyecto piloto y que se sometan a evaluación y mejoramiento.

Si la extensión al plano nacional tiene lugar con demasiada rapidez pueden surgir dificultades. Ello es particularmente cierto en los casos en que la ejecución en los planos piloto y regional depende de una autoridad nacional. En estas circunstancias, la extensión a un programa nacional de vigilancia o de control de la calidad puede provocar demandas súbitas y graves en los recursos humanos y financieros de este organismo. En todos los casos es necesario preparar cuidadosamente la formación y la provisión de recursos.

Las actividades de control de la calidad se deben iniciar cada vez que se construya un nuevo sistema de abastecimiento, y deben continuar después de manera sistemática. Así pues, estas actividades no deben ejecutarse de manera gradual, a menos que la función de control de la calidad nunca se haya iniciado o se haya frustrado y deba rehabilitarse. Aquí se considera únicamente la ejecución gradual de la vigilancia de los abastecimientos de agua, dado que en muchas comunidades puede constituir una actividad nueva. Sin embargo, muchos de los detalles relativos a los inventarios, el diseño de formularios, la formación y los trabajos sobre el terreno son aplicables igualmente a las actividades de un abastecedor de agua en materia de control de la calidad.

La disponibilidad limitada de recursos (especialmente en los países en desarrollo) hace que sea aconsejable iniciar la vigilancia con un programa básico que se desarrolle de manera planificada. Las actividades desplegadas en las primeras etapas deben generar suficientes datos útiles para demostrar el valor de la vigilancia. Ulteriormente, el objetivo debe ser avanzar hacia una vigilancia más

completa a medida que lo permitan los recursos y las condiciones. Cabe identificar tres fases distintas: la inicial, la intermedia y la avanzada. Las actividades correspondientes a cada fase se resumen en el cuadro 2.1.

### 2.3 Ejecución

Las actividades de vigilancia difieren de país a país y de región a región, entre las comunidades urbanas y las rurales y según los tipos de abastecimiento de agua. Estas actividades deben adaptarse a las condiciones locales y a la disponibilidad local de recursos financieros, de personal, de infraestructura y de conocimientos de base. Entre los factores que influyen en las actividades de vigilancia cabe citar:

- el tipo y el tamaño de los sistemas de abastecimiento de agua;
- el equipo existente y el que cabe obtener;
- las prácticas locales de empleo, y el grado de formación del personal;
- las oportunidades para la participación de la comunidad;
- las condiciones geográficas (por ejemplo, la accesibilidad de los sistemas);
- las condiciones climatológicas (que pueden impedir las actividades durante ciertas estaciones);
- la infraestructura de comunicaciones y de transporte.

En la práctica, la secuencia de las actividades en el desarrollo de la vigilancia suele ser análoga a la que se resume en la figura 2.1.

#### 2.3.1 Inventarios

Los métodos de suministro del agua de beber son muy variados. Pueden incluir el uso de redes canalizadas con o sin tratamiento y con o sin bombeo (suministros mediante conexión doméstica o fuente pública), la distribución mediante camión cisterna o animales de carga, o la recogida directa de fuentes subterráneas (manantiales o pozos) o de fuentes de superficie (lagos, ríos y otras corrientes de agua). Todos los miembros de la población reciben agua de una manera u otra, y es importante que el organismo de vigilancia elabore un cuadro de la frecuencia de uso de los diferentes tipos de abastecimiento, especialmente como paso preliminar en la planificación del programa de vigilancia. De poco servirá emprender solamente la vigilancia de los sistemas de abastecimiento mediante tuberías si estos sistemas sólo están al alcance de una pequeña proporción de la población. Aunque el organismo de abastecimiento debe ser responsable del control de la calidad de todos sus suministros, sus fuentes de agua sólo raramente incluirán los pozos excavados abiertos y los suministros privados, que pueden estar mucho más contaminados. Para las fuentes de esta clase la vigilancia es de importancia capital.

El organismo de vigilancia debe elaborar un inventario de todos los sistemas de abastecimiento de agua, basándose en los conocimientos de la comunidad local. El inventario debe incluir un registro de las comunidades, juntamente con datos sobre su población total; esta información se obtiene con frecuencia a partir

**Cuadro 2.1 Actividades que se deben desplegar en las fases inicial, intermedia y avanzada de la vigilancia de los abastecimientos de agua**

---

**Fase Inicial**

- Establecer las necesidades de desarrollo institucional
- Prever la formación del personal del programa
- Iniciar los inventarios de los sistemas de abastecimiento
- Empezar encuestas sobre muestras para identificar las zonas prioritarias
- Desarrollar metodologías adecuadas para la zona
- Iniciar la vigilancia sistemática en las zonas prioritarias
- Limitar los análisis de la calidad del agua a los parámetros críticos y a las sustancias de las que se sabe que crean problemas
- Organizar los sistemas de notificación, archivo y comunicaciones (sobre papel, mejor que informatizados)
- Realizar mejoras conforme a las prioridades identificadas
- Organizar el envío de informes a los abastecedores locales, las comunidades y las autoridades regionales
- Establecer enlaces con las comunidades; identificar las funciones de la comunidad en la vigilancia y los medios para fomentar la participación de la comunidad

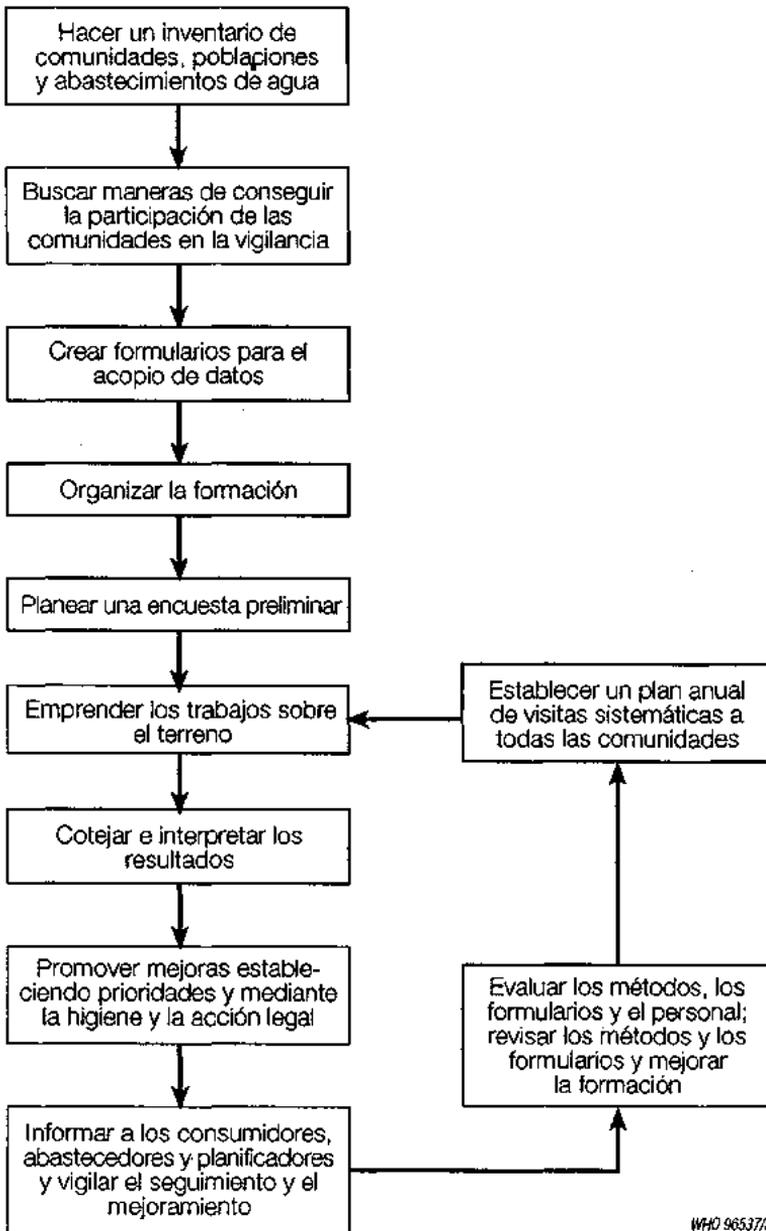
**Fase Intermedia**

- Dar formación al personal del programa
- Completar los inventarios de los sistemas de abastecimiento
- Establecer y ampliar la vigilancia sistemática
- Ampliar la capacidad de análisis (con frecuencia mediante los laboratorios regionales, mientras que los laboratorios nacionales se encargarán en gran medida del control de la calidad de los análisis y de la formación del personal de los laboratorios regionales)
- Empezar encuestas sobre contaminantes químicos utilizando una mayor diversidad de métodos de análisis
- Evaluar todas las metodologías (muestreo, análisis, etc.)
- Utilizar métodos estándar (por ejemplo, métodos de análisis, procedimientos de trabajo sobre el terreno)
- Establecer un archivo de base de datos (y si es posible informatizarlo)
- Identificar los problemas comunes, y mejorar las actividades encaminadas a abordarlos en los planos regional y nacional
- Ampliar el sistema de informes para incluir la interpretación en el plano nacional
- Redactar o revisar las normas y la legislación nacional
- Recurrir a la coerción legal cuando sea posible
- Conseguir que las comunidades participen sistemáticamente en la ejecución de la vigilancia

**Fase avanzada**

- Dar formación al personal del programa
  - Establecer la vigilancia sistemática de todos los parámetros de salud y aceptabilidad con una frecuencia definida
  - Utilizar toda la red de laboratorios centrales, regionales y locales (incluido el control de la calidad de los análisis)
  - Utilizar las normas y la legislación nacionales
  - Mejorar los servicios de agua sobre la base de las prioridades nacionales y locales, la educación en materia de higiene y la observancia de las normas
  - Difundir los datos en todos los niveles (local, regional y nacional)
  - Conseguir que las comunidades participen sistemáticamente en la ejecución de la vigilancia
-

**Fig. 2.1** *Secuencia de las actividades en el desarrollo de la vigilancia*



WHO 96537/S

de los censos. Debe incluir asimismo la descripción de todos los sistemas de abastecimiento de agua de cuya existencia se tiene noticia, con pormenores sobre sus componentes físicos, los aspectos administrativos y la población atendida, así como cualquier otra información de interés (por ejemplo, sobre las necesidades de acceso y de transporte).

Parte de la información necesaria para un inventario inicial puede reunirse por medio de un estudio practicado en la oficina, pero su exactitud debe comprobarse sobre el terreno, mediante inspecciones y reuniones con grupos de la comunidad y dirigentes locales. Ello es particularmente importante cuando la información sobre los sistemas de abastecimiento de agua se obtiene de un organismo central. En tales casos es casi inevitable que los datos sean incompletos, porque es posible que los sistemas hayan sido construidos por organismos diferentes, posiblemente antes de que se llevara un registro de los mismos, o por personas individuales o por las comunidades mismas. Un formulario clásico para la confección de un inventario de los abastecimientos de agua de una comunidad es el que se presenta a modo de ejemplo en la figura 2.2; por supuesto, el modelo deberá adaptarse a las circunstancias locales.

Si en el inventario inicial no constan los medios de abastecimiento de que dispone una proporción considerable de la población, deberá emprenderse una encuesta para determinar si la información es incompleta y de qué manera se abastece de agua el resto de la población.

Además de ofrecer una idea general de la forma en que la población obtiene el agua necesaria para los usos domésticos, el inventario permite realizar una evaluación preliminar del trabajo que deberá llevar a cabo el organismo de vigilancia y del apoyo que se necesitará sobre el terreno para conseguir la participación de la comunidad en la vigilancia. De esta manera se puede estimar el costo de la ejecución del programa. Es importante que estas estimaciones sean realistas. Dado que es muy probable que no se hayan identificado todos los sistemas de abastecimiento existentes, es posible que se deban realizar encuestas adicionales, por ejemplo si se descubre que los pozos excavados abiertos constituyen una importante fuente de abastecimiento y, por ende, se deben tener muy en cuenta. También es probable que las estimaciones sobre tiempo de trabajo y necesidades de transporte no sean exactas, y, por consiguiente, será prudente prever en las mismas cierto margen para los posibles errores.

### 2.3.2 Diseño de los formularios

Es necesario diseñar cuidadosamente unos formularios fáciles de cumplimentar para las encuestas en la comunidad y las inspecciones de saneamiento. Estos formularios deben adoptar la forma de listas gráficas o escritas que garanticen la obtención de respuestas estandarizadas y ayuden a la persona que lleva a cabo el trabajo a evaluar rápidamente la calidad de los servicios de abastecimiento de agua. El lector encontrará ejemplos de formularios de esta clase en la figura 2.2 (encuestas en la comunidad) y en el anexo 2 (inspección sanitaria); su diseño se



demás indicadores del servicio de abastecimiento de agua, además del correspondiente a la calidad del agua, es decir, el costo, la cobertura, la continuidad y la cantidad.

En los países donde hay muchos tipos diferentes de abastecimiento puede ser necesario utilizar varias clases de formularios también diferentes para las encuestas sanitarias; de lo contrario, un formulario estándar único debería tener varias páginas.

El diseño, la evaluación y la revisión de los formularios de las encuestas sanitarias son importantes para el desarrollo de un programa de vigilancia. Sólo se debe recoger la información indispensable para no sobrecargar al personal que opera sobre el terreno con una masa de datos superfluos. El orden en que se dispongan las preguntas debe coincidir con el orden en que se realizan los trabajos. En los casos en que ha de haber información *in situ*, el formulario debe contener, o llevar adjunta, una sección extra apropiada para informar al miembro de la comunidad responsable del abastecimiento o encargado del mismo. En lo posible, las preguntas, claramente formuladas, deben poderse responder con un sí o un no: las respuestas estandarizadas facilitan los análisis estadísticos, con lo cual se reduce al mínimo la subjetividad de los informes y se potencia al máximo la utilidad de las observaciones realizadas.

### 2.3.3 Formación

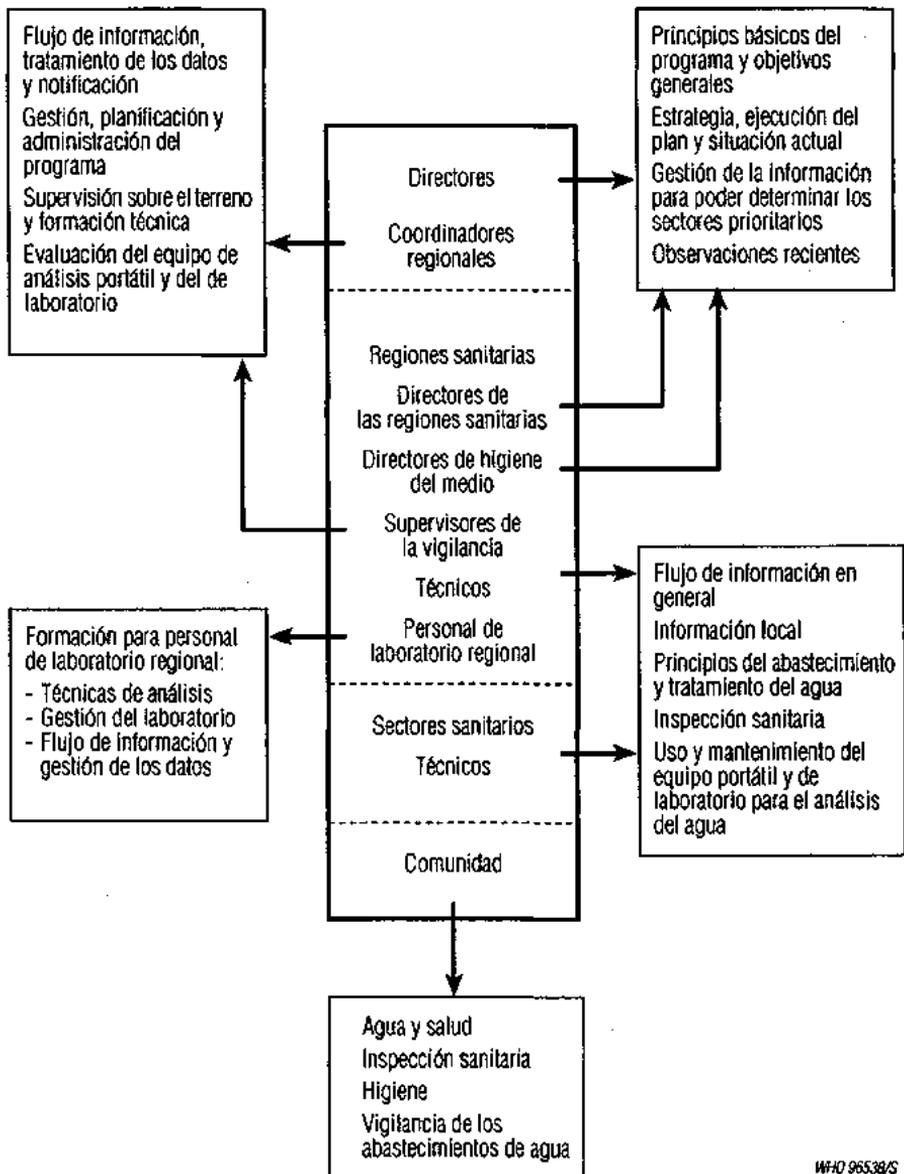
La calidad de la información recogida en un programa de vigilancia dependerá en gran medida de la de los trabajos realizados por el personal responsable de los contactos con las comunidades, que cumplimenta los formularios de las encuestas sanitarias y realiza los análisis de la calidad del agua. Por consiguiente, es necesario que el personal encargado de recoger los datos sobre el terreno reciba formación en una serie de competencias, por ejemplo en materia de entrevistas, de colaboración con la comunidad, de observación, de muestreo y de análisis de la calidad del agua. Una formación adecuada en estos sectores contribuirá a conseguir que los resultados de la vigilancia estén estandarizados en todo el programa y no estén sujetos a variaciones regionales o locales.

Nunca se insistirá bastante en la importancia de la formación. Las estrategias de formación dependerán:

- de la formación y la experiencia previas del personal destinado a la vigilancia;
- de la diversidad de actividades que deberán desarrollar el organismo de vigilancia y su personal (por ejemplo, la educación en materia de higiene puede incumbir o no al personal de terreno);
- de las prácticas locales en materia de abastecimiento de agua;
- de la organización práctica de la vigilancia (por ejemplo, si los análisis de la calidad del agua se realizarán *in situ* a cargo del personal de terreno o en un laboratorio).

Para que el organismo de vigilancia funcione eficazmente es necesario dar

**Fig. 2.3 Estrategia de formación para la vigilancia**



**Cuadro 2.2 Temas típicos para un módulo de formación de dos semanas en materia de vigilancia de los abastecimientos de agua para técnicos de saneamiento**

---

Salud, transmisión fecal-oral de enfermedades  
Barreras para la lucha contra las enfermedades transmisibles  
Agua, alimentos, saneamiento y educación sanitaria  
Vigilancia de los abastecimientos de agua y control de la calidad

Abastecimientos de agua: tipos de sistema y características básicas  
Protección de los abastecimientos en el punto de origen  
Sistemas alimentados por gravedad a partir de fuentes protegidas - características y terminología  
Componentes de los sistemas alimentados por gravedad a partir de fuentes protegidas - puntos de riesgo  
Evaluación e inspección sanitaria de los sistemas alimentados por gravedad a partir de fuentes protegidas  
Visitas sobre el terreno a los sistemas alimentados por gravedad a partir de fuentes protegidas

Indicadores de contaminación fecal, normas de calidad del agua  
Demostraciones del equipo de análisis de agua y prácticas de laboratorio con el mismo  
Muestreo y conservación de las muestras

Principios del tratamiento del agua  
Componentes de los sistemas rurales de tratamiento del agua de beber  
Visitas sobre el terreno a las estaciones rurales de tratamiento, con inclusión de la inspección, el muestreo y los análisis

Flujo de la información en el programa de vigilancia; informes

Evaluación del servicio (costo, cantidad, continuidad), evaluación de la calidad del agua  
Actividades sobre el terreno para la evaluación de la calidad del servicio y de la calidad del agua en la red de distribución  
Inspecciones sanitarias y formularios para los informes de inspección  
Visita sobre el terreno: inspección sanitaria y muestreo

Colaboración con las comunidades  
Técnicas de aprendizaje en la participación  
Sesión de taller para planificar las actividades de ejecución  
Debate en mesa redonda  
Evaluación del cursillo  
Evaluación de los participantes (antes y después de la formación)

---

formación al personal de todos los niveles. Hay que organizar cursillos diferentes y separados para el personal de terreno, el de laboratorio, los administradores regionales y nacionales, etc. Aunque no puedan considerarse propiamente como actividades de formación, los talleres y seminarios organizados para difundir los resultados de la vigilancia son también importantes por razones de promoción y motivación.

Es aconsejable que el organismo de vigilancia establezca una estrategia general para el desarrollo de los recursos humanos. Esta estrategia debe incluir una definición clara de las líneas de responsabilidad de un nivel respecto del nivel superior, las descripciones de los distintos puestos, las estructuras de carrera y los mecanismos para fomentar la motivación del

personal de todas las categorías. En la figura 2.3 se presenta un modelo de estrategia de formación adecuado para un organismo de vigilancia estructurado en cuatro categorías.

Para el personal de terreno encargado del enlace con las comunidades, de los análisis *in situ* de la calidad del agua, de la inspección de saneamiento y de la notificación de datos, el periodo mínimo de formación debe ser de dos semanas, si el personal ya tiene una formación de base en materia de higiene del medio; si no es así, el periodo de formación deberá ser considerablemente más largo. En el cuadro 2.2 se presenta una lista de materias para un cursillo de formación de dos semanas adecuado para técnicos de saneamiento destinados a operar sobre el terreno.

La formación no se debe considerar como una actividad que empieza y termina de una sola vez sino como una actividad continuada, en la que se contribuirá a la formación en el servicio mediante la celebración de cursillos de seguimiento y de talleres de revisión y la organización de un sistema de supervisión sobre el terreno.

### 2.3.4 Encuestas preliminares

La elaboración de los planes de trabajo vendrá determinada en gran medida por las condiciones locales, tales como la distancia y la accesibilidad (tiempo de viaje), los problemas de transporte de índole estacional, y las disponibilidades de personal, de costos y de transporte. Las metas para las frecuencias mínimas de la inspección sanitaria y de los análisis de la calidad del agua se examinan en los capítulos 3 y 4 respectivamente. En muchos países, incluso estas metas pueden ser difíciles de alcanzar a corto plazo, y deben ser consideradas como objetivos a plazo medio.

### 2.3.5 Comienzo de los trabajos sobre el terreno

La información sobre las encuestas en las comunidades y la inspección sanitaria, y sobre muestreo y análisis del agua figura en los capítulos 3 y 4 respectivamente. Sin embargo, conviene examinar aquí dos aspectos importantes de la metodología aplicable sobre el terreno en el contexto de la planificación de la vigilancia de la calidad del agua y del control de su calidad. En primer lugar, el personal encargado de las actividades sobre el terreno debería en principio advertir por adelantado de su visita a las autoridades locales, en particular cuando es necesario que un representante de estas autoridades esté presente para facilitar el acceso a algunas partes del sistema de abastecimiento; en lo posible, el personal debe acudir acompañado de un representante del organismo de abastecimiento. En segundo lugar, después de la inspección *in situ* y del análisis de las observaciones realizadas, los problemas o defectos pueden señalarse sobre el terreno a las autoridades locales o a los representantes del organismo abastecedor.

### 2.3.6 Establecimiento de la vigilancia sistemática

Una vez terminada satisfactoriamente la encuesta preliminar es posible planear la vigilancia sistemática. Los resultados de la encuesta preliminar pueden tener repercusiones profundas en las actividades de vigilancia subsiguientes; por ejemplo, en la vigilancia hay que tener debidamente en cuenta el método más generalmente usado de abastecer de agua para usos domésticos o el que presente mayores riesgos para la salud pública de la población.

Los métodos y estrategias aplicados en la encuesta preliminar se deben evaluar y revisar si es necesario. Esta revisión debe reflejarse en la formación, la planificación de la vigilancia sistemática, la ampliación de la cobertura de la vigilancia, la gestión de la vigilancia y las estrategias para la promoción de las medidas correctivas.

### 2.3.7 Evaluación

La evaluación es una etapa indispensable en la ejecución de los programas de vigilancia. Facilitan en gran medida la evaluación unos objetivos y metas claramente definidos en relación con los cuales puedan medirse los progresos. Para que la evaluación sea útil debe tener unos objetivos definidos, incluidas las comparaciones con los objetivos y metas adoptados desde el principio. La evaluación – en la que ha de participar personal de todas las categorías – debe traducirse en un cambio cuando resulte indicado. Una vez alcanzadas las metas iniciales se pueden fijar otras nuevas. En la figura 2.4 se presenta un procedimiento de ciclo dual para la evaluación de la vigilancia de los abastecimientos de agua y para la promoción y la vigilancia de las mejoras.

## 2.4 Gestión de la información

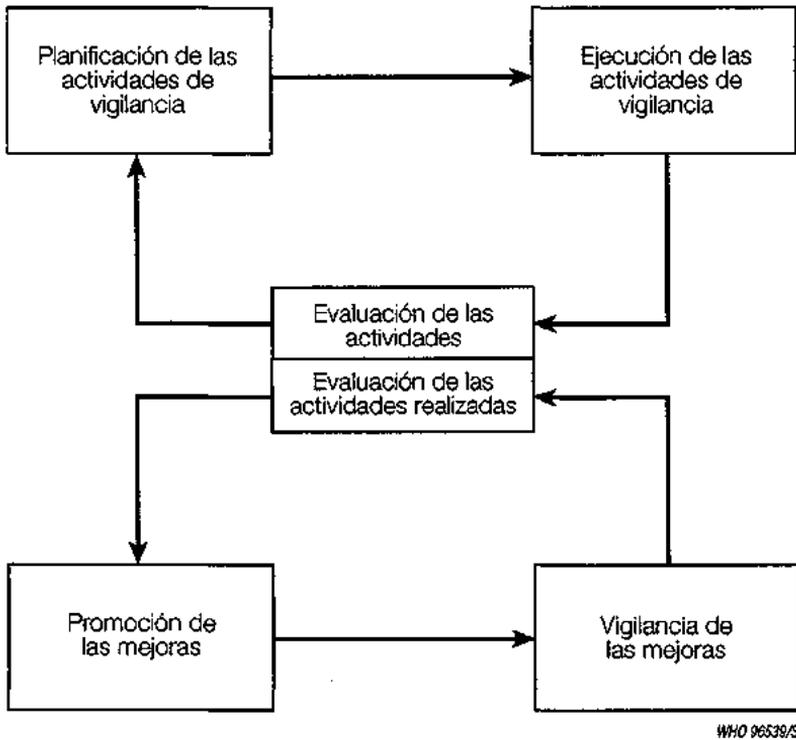
### 2.4.1 Flujo y uso de la información

En la figura 2.5 se presenta un plan general para el flujo de la información entre los organismos de abastecimiento de agua y los de vigilancia y en el interior de los mismos. Está claro que incumbe a ambos tipos de organismo la obligación de comunicarse eficazmente - tanto lateralmente como verticalmente - con el fin de mejorar al máximo la calidad del servicio a los consumidores y de proteger la salud pública.

### 2.4.2 Intercambio de información con los abastecedores

Como primera etapa, el organismo de vigilancia debe informar a la oficina local del abastecedor de agua. Esta notificación debe ser objeto de seguimiento, y si no se aplican en un plazo de tiempo razonable las medidas correctivas viables y recomendadas puede ser necesario informar de ello a la autoridad superior. El

**Fig.2.4 Procedimiento del doble ciclo para la evaluación de la vigilancia de los abastecimientos de agua**



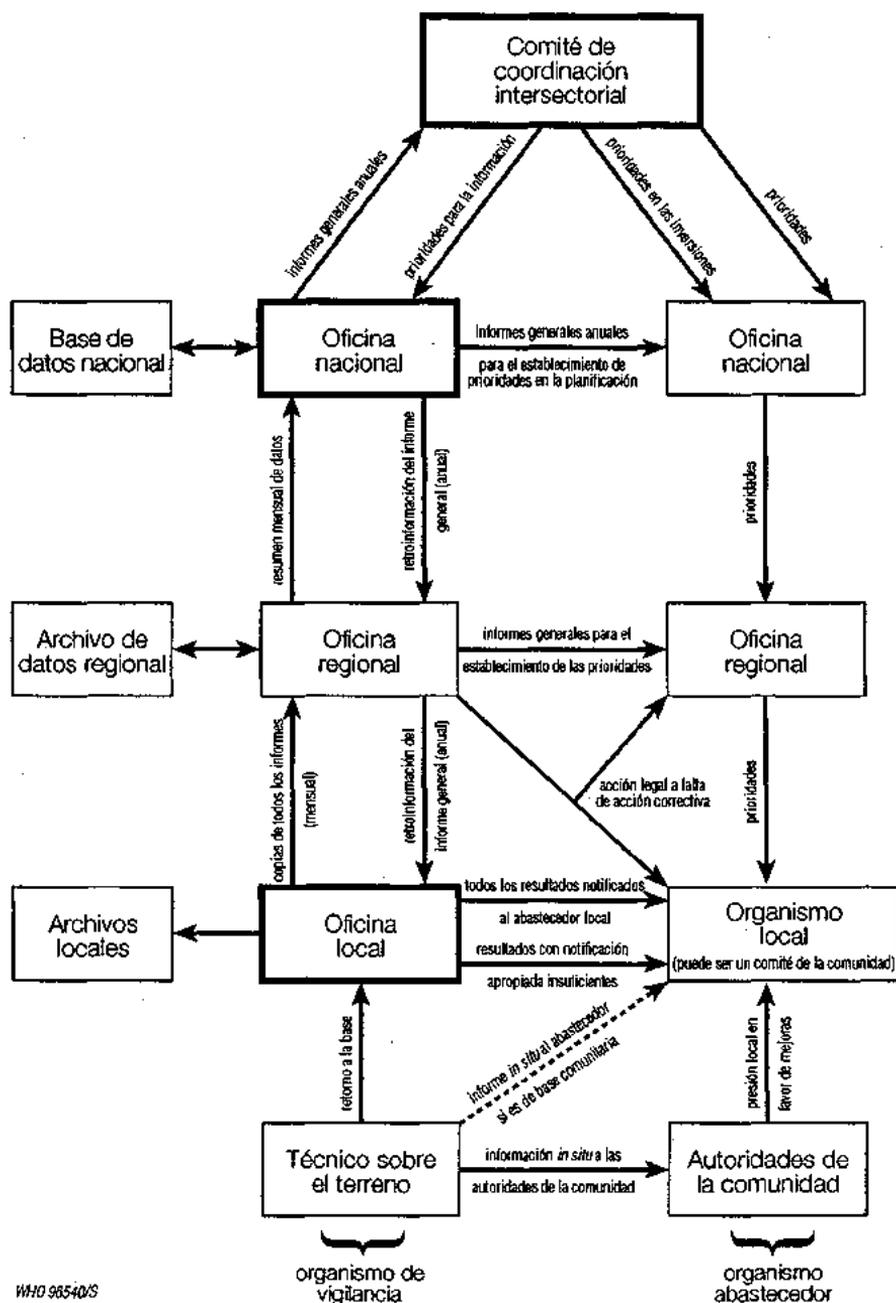
nivel al que deben enviarse estas notificaciones puede variar según sea el organismo abastecedor, pero, en general, debe ser el nivel donde radica la responsabilidad final del abastecimiento.

Como mínimo, la información suministrada por el organismo de vigilancia al abastecedor debe incluir:

- un resumen de la calidad del servicio que se está prestando y de la condición del abastecimiento; y
- una indicación de los aspectos que se consideran deficientes y que requieren la adopción de medidas (con referencia a la legislación nacional).

En determinadas circunstancias, también puede ser necesario recomendar medidas correctivas, tales como la desinfección urgente del abastecimiento. Algunas recomendaciones pueden requerir una acción no sólo por parte del abastecedor sino también por parte del organismo de vigilancia. Por ejemplo, si se observa en el agua de beber una grave contaminación fecal, el problema no se puede resolver a corto plazo y se puede considerar aconsejable que la población

**Fig. 2.5 Plan general para el flujo de información entre los organismos de abastecimiento de agua y los de vigilancia y en el interior de los mismos**



WHO 96540/S

hierva el agua. Advertir a la población de la necesidad de hacerlo puede ser entonces obligación de las autoridades sanitarias (es decir, del organismo de vigilancia). Otro ejemplo: si el abastecimiento de agua es de buena calidad pero no es continuo, la gente se ve obligada a almacenar el agua en el hogar, donde puede contaminarse; a menos que sea posible establecer rápidamente un abastecimiento continuo, puede recomendarse un programa de educación sobre almacenamiento de agua en el hogar. La responsabilidad de esta acción también recaerá probablemente en el organismo de vigilancia o en otro organismo del sector de la salud.

El intercambio de información entre los organismos de vigilancia y los de abastecimiento no debe limitarse a los problemas de funcionamiento. Los dos organismos deben coordinar sus actividades para asegurar la atención a las prioridades regionales, lo que requiere una estrategia eficaz en materia de comunicación e información. No es necesario que los informes destinados a ayudar a establecer las prioridades regionales sean frecuentes; probablemente bastará una notificación anual, en particular si el informe se envía en el momento oportuno para que coincida con la programación de las inversiones del organismo de abastecimiento para el año siguiente. En estos informes las comunidades y los sistemas se deben clasificar por orden de prioridad en las intervenciones, orden que se establecerá sobre la base de criterios sociales y de salud pública. Con este fin cabe atribuir una puntuación a cada una de las diversas comunidades (véase el capítulo 5). El orden de prioridad debe establecerse no solamente basándose en la calidad del agua sino teniendo en cuenta además todos los parámetros del servicio de abastecimiento de agua de beber.

### 2.4.3 Intercambio de información dentro del organismo de vigilancia

Es indispensable que el agente sobre el terreno o el laboratorio local lleve un registro pormenorizado de todos los abastecimientos de agua del sector. En los registros deben constar por orden cronológico los resultados de todas las inspecciones y de todos los análisis. Los registros se deben utilizar conjuntamente con el inventario, que debe incluir un plano esquemático de cada sistema, juntamente con detalles de los componentes del sistema y de la población servida.

En el plano local, la información se suele almacenar sobre papel, generalmente con un archivador para cada abastecimiento de agua. En los planos regional y nacional, la necesidad de un mejor análisis de los datos justificará cada vez más su informatización, aunque en muchos países este nivel de sofisticación sigue siendo inapropiado en el plano local.

La oficina local de vigilancia del agua debe enviar sus informes a cada autoridad comunitaria y al organismo de abastecimiento pertinente lo antes posible después de una visita sobre el terreno. La información debe transmitirse además a las autoridades regionales para hacer posible el seguimiento si no se aplican las recomendaciones de acción correctiva; esta transmisión puede ser

menos urgente y bastará efectuarla a intervalos menos frecuentes, por ejemplo semanalmente o mensualmente. Sin embargo, para situaciones de emergencia debe preverse un medio para el envío rápido de los informes. Los centros regionales pueden informar a la autoridad nacional de vigilancia cada trimestre o cada semestre.

### 2.4.4 Intercambio de información con los consumidores

El derecho de los consumidores a recibir información sobre los parámetros relacionados con la salud correspondientes al agua que se les suministra con fines domésticos es fundamental. Sin embargo, en muchas comunidades el mero derecho a tener acceso a la información no permitirá que los individuos se enteren de la calidad del agua que se les suministra; además, las probabilidades de consumir agua en malas condiciones son relativamente altas. Los organismos responsables de la vigilancia deben, pues, establecer estrategias para difundir los resultados que obtienen y que son de interés para la salud.

La clase de información que se notificará a los consumidores vendrá determinada en gran medida por los datos obtenidos. Sin embargo, los datos brutos (tales como las concentraciones de contaminantes) deberán acompañarse de algún tipo de interpretación siempre que sea posible – por ejemplo, si se cumplen o no las normas nacionales – en beneficio de los que no son especialistas. La difusión de información sobre la calidad del agua de beber debe ir unida, cuando ello sea apropiado, a unas recomendaciones de acción (por ejemplo, la necesidad de hervir el agua), y debe estar vinculada a la participación de la comunidad en la vigilancia y a la educación del público en los problemas de la calidad del agua.

En los casos en que los informes incluyen recomendaciones sobre medidas correctivas en el plano local, puede ser oportuno emplear formularios gráficos, a base de dibujos. En algunos programas esta clase de formularios se han impreso juntamente con los formularios para los informes sobre el terreno. En la práctica, se destacan los puntos que requieren especial atención, por ejemplo encerrándolos en un círculo. El resumen gráfico se desprende luego del informe y se entrega a la persona responsable, juntamente con una explicación completa de las medidas recomendadas. En el anexo 2 se presentan ejemplos de formularios gráficos.

El envío de las notificaciones puede resultar difícil, especialmente en las comunidades remotas de los países en desarrollo, y, por consiguiente, hay que buscar la manera de resolver este problema. Cuando es el organismo de vigilancia mismo el que debe hacer llegar las notificaciones y las distancias son considerables, el costo puede ser muy alto. En tales casos la relación costo-eficacia puede ser más positiva si se emplea equipo para los análisis *in situ* y el personal sobre el terreno pernocta en las comunidades. Si este personal está debidamente adiestrado en la interpretación de los resultados y la notificación de las observaciones realizadas, puede informar inmediatamente a la comunidad antes de regresar a su base o de pasar a la comunidad siguiente. Sin embargo, la práctica más común sigue siendo

la demora en el envío de los informes tras el análisis de las muestras en un laboratorio local o regional. En tales casos se deben utilizar medios adecuados para hacer llegar los informes a sus destinatarios. Pueden resultar apropiados diferentes medios de comunicación, según sean aquellos de que se dispone, la urgencia de la medida correctiva que se deba aplicar, y las posibilidades de aplicar la acción correctiva recomendada. Con frecuencia resultará suficiente la notificación por escrito, aunque pueda tardar unos días en llegar a su destino, pero si es necesario adoptar una medida urgente, por ejemplo cuando se trata de advertir a la población de la necesidad de hervir el agua, pueden resultar más apropiados unos medios de comunicación más rápidos (teléfono, telegrama, radio, etc.). A la notificación por vía rápida deberá seguir siempre una confirmación por escrito.

### 2.4.5 Comunicación con las autoridades locales y nacionales

En el plano nacional, las prioridades deben fijarse y darse a conocer por medio de un informe anual y acompañarse de las correspondientes recomendaciones. El informe se debe hacer llegar a todos los organismos de vigilancia y de abastecimiento, a las autoridades nacionales de planificación, y a los organismos que intervienen en la coordinación dentro del sector del abastecimiento de agua, por ejemplo, los ministros responsables del gobierno local, de los recursos naturales, de salud y de hacienda. Según las circunstancias locales, el informe se puede enviar también a los organismos de apoyo exterior y en algunos casos a ciertas organizaciones no gubernamentales. El intercambio de información con las autoridades nacionales de planificación puede proporcionar un medio para establecer una relación de apoyo mutuo entre los organismos de vigilancia y los de abastecimiento.

El gobierno local debe asegurarse de que el organismo que abastece de agua de beber al área observa como es debido la legislación y la reglamentación sobre vigilancia. Deben facilitarse informes anuales que incluyan información acerca de toda infracción de las normas y de todas las exenciones o desviaciones autorizadas en relación con las normas nacionales sobre calidad del agua. El gobierno local debe además promover activamente la vigilancia dentro de la zona que administra, y estimular tanto a los productores como a los consumidores a que consideren la vigilancia como un medio positivo de proteger la calidad del abastecimiento de agua.

### 2.4.6 Vínculos de comunicación entre la vigilancia y la acción correctiva

Una vez establecidas las actividades de vigilancia sistemática de los abastecimientos de agua, hay que institucionalizar los vínculos entre las medidas correctivas y la vigilancia. Las actividades más importantes – que deberán desarrollarse en el orden siguiente – son las que se mencionan a continuación:

- El organismo regional responsable de la vigilancia de los abastecimientos de agua prepara un plan anual y fija un número determinado de abastecimientos

de agua que deberán ser objeto de inspección, muestreo y análisis, sobre la base de los inventarios disponibles.

- La acción se coordina con la comunidad. Los técnicos de saneamiento llevan a cabo las inspecciones sanitarias juntamente con representantes o voluntarios de la comunidad. Las muestras de agua se analizan *in situ* o se transportan a un laboratorio para su análisis.
- Los resultados de la inspección sanitaria y de los análisis de la calidad del agua se combinan y se comunican a la comunidad durante la visita si el análisis se realiza *in situ*, o se le comunican lo antes posible si las muestras se analizan en un laboratorio. En este último caso, los resultados de la inspección sanitaria se pueden comunicar durante la visita. En los informes se deben identificar los riesgos y los puntos que requieren atención.
- Se prepara un informe mensual de resumen que abarque todos los puntos de riesgo para cada instalación y los resultados de los análisis.
- El informe mensual se transmite al coordinador regional, quien evalúa la urgencia relativa de las intervenciones para cada instalación (véase también el capítulo 5) e identifica las medidas correctivas y de educación en materia de higiene más prioritarias.
- El coordinador regional envía una lista de las medidas urgentes a la autoridad apropiada para su adopción y al técnico de saneamiento encargado de vigilar esta clase de intervenciones.
- La autoridad apropiada aplica las medidas correctivas.
- El técnico de saneamiento controla la aplicación de estas medidas juntamente con la comunidad. Una vez terminada la intervención, el coordinador (o la coordinadora) repite la inspección y los análisis con la comunidad y comunica los resultados al coordinador regional, juntamente con un resumen de la medida correctiva aplicada.
- El coordinador elabora un resumen anual de las medidas correctivas aplicadas y de las mejoras conseguidas para su examen a cargo de las autoridades de abastecimiento y del personal superior del organismo de vigilancia. El informe – en el que se señalan las deficiencias más comunes – sirve de base para identificar los cambios de estrategia que el organismo de abastecimiento debe llevar a cabo.
- El coordinador regional elabora un resumen anual de las prioridades en materia de educación sobre higiene. De acuerdo con la autoridad de la educación en esta materia, se adopta una estrategia para las actividades que deberán desplegarse durante el año siguiente, y el plan de operaciones se comunica a los técnicos de saneamiento responsables de la vigilancia.
- El técnico de saneamiento controla las actividades de educación en materia de higiene con la comunidad. Al término de las mismas, evalúa las mejoras con la comunidad y comunica los resultados al coordinador regional, juntamente con un resumen de las actividades de educación desplegadas.
- En el plan anual de los organismos de abastecimiento y de construcción se incluye la corrección de las deficiencias comunes identificadas en el informe anual, y se asignan los recursos necesarios para formación, rehabilitación, etc.

### 2.4.7 Uso de computadoras

El análisis de los datos en el plano nacional entraña la gestión de grandes volúmenes de datos, lo que constituye un argumento de peso en favor de la informatización. Es el organismo nacional el que recibe la mayor cantidad de datos, todos los cuales deben ser almacenados; y este mismo organismo debe además poder emprender un análisis completo de los datos para facilitar el establecimiento de las prioridades en el plano nacional.

En los casos en que se usan computadoras para la gestión de los datos en el plano nacional puede ser también ventajoso extender la informatización a los centros regionales, si el volumen de datos que manejan lo justifica. Ello ofrece la ventaja adicional de descentralizar el requerimiento de aportación de datos y de reducir el número total de transcripciones, especialmente si los datos se transmiten de los centros regionales a los nacionales en forma informatizada, con lo que se reducen las posibilidades de error.

En el plano regional, la informatización constituye un medio eficiente de almacenar información, y posiblemente también para comparar los resultados con los criterios de observancia, tales como las normas nacionales o las metas provisionales establecidas de acuerdo con el abastecedor. El tipo de comunicación que se envíe al abastecedor de agua variará según la índole del incumplimiento de las normas, y una computadora puede utilizarse además para preparar las cartas estándar apropiadas.

La informatización no se debe considerar como una solución universal para todos los problemas. Lo mismo que ocurre con todos los demás sistemas de gestión de datos, los resultados obtenidos sólo serán correctos en la medida en que lo sean los datos recibidos; así pues, un flujo eficaz de datos eficientes es una necesidad perentoria.

## 2.5 Estructura de apoyo

Lo ideal es que se establezca una sección especial dentro del organismo responsable, encargada de supervisar y ejecutar las actividades relacionadas con el programa de vigilancia. Para ello es necesario disponer de una red de laboratorios, oficinas, medios de transporte, apoyo financiero y personal suficiente.

### 2.5.1 Red de laboratorios

La red de laboratorios puede presentar grandes variaciones según cierto número de criterios. En el caso de los laboratorios de vigilancia de los abastecimientos de agua, los parámetros que deberán medirse serán aquellos cuya relación con la salud es conocida, juntamente con los que pueden ser causa de que el agua sea rechazada por los consumidores (véase la sección 1.3.1). En algunos casos, es posible que ya exista una infraestructura de laboratorios que incluya los laboratorios de los hospitales en el caso de la vigilancia y los laboratorios de las estaciones de tratamiento del agua de los organismos abastecedores.

En principio, todos los análisis deberían llevarse a cabo en un laboratorio situado lo más cerca posible del lugar donde se toman las muestras, habida cuenta de ciertas limitaciones tales como la dotación de personal y el equipo disponible, factores, ambos, que guardan estrecha relación con el número de muestras que se deben analizar y con la frecuencia con que se deben realizar los análisis. Un análisis realizado al poco tiempo de la toma de la muestra reduce al mínimo la deterioración de ésta durante el transporte (lo que reviste particular importancia en el caso de las muestras microbiológicas) y, por otra parte, la mayor proximidad posible del laboratorio reduce los costos de transporte de las muestras.

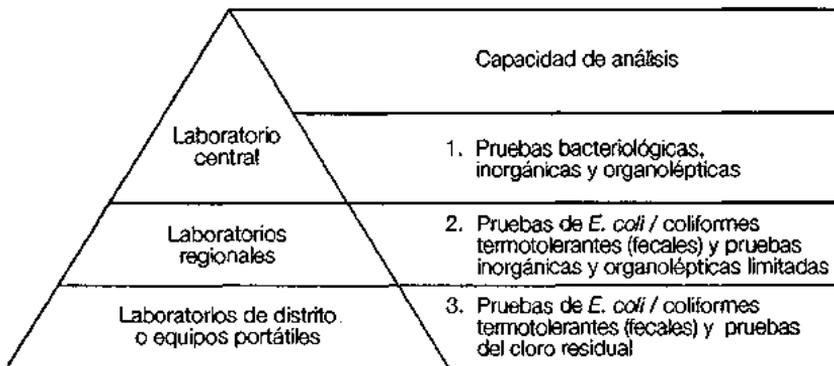
Es posible que, con el tiempo, se imponga la necesidad de aumentar gradualmente la diversidad de los tipos de análisis, así como el número de muestras y la frecuencia del muestreo. Inicialmente, la estrategia puede requerir tan sólo el análisis de los coliformes (fecales) termotolerantes, el cloro residual y la turbiedad, antes de que se extienda a la incorporación de laboratorios con una capacidad analítica limitada. Para los fines de control de la calidad, la diversidad y la frecuencia de los análisis pueden estar especificadas en las normas nacionales, pero deberán aumentarse si las condiciones se deterioran o si hay alguna razón para sospechar que la calidad del servicio está en peligro.

Casi siempre será necesaria una estructura basada en un laboratorio central, cierto número de laboratorios regionales y una serie de laboratorios sencillos en el plano del distrito. Esta estructura se puede complementar con personal de salud equipado con instrumentos portátiles para efectuar la medición *in situ* de los parámetros más importantes, con lo que se conseguirá una mayor descentralización y una cobertura más eficaz (véanse las páginas 71-73).

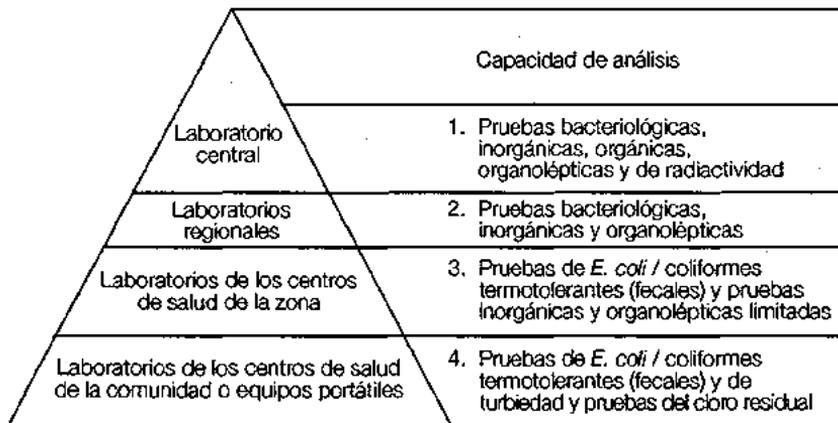
Debe establecerse un laboratorio central para la ejecución de toda la serie de diferentes análisis físicos, químicos y microbiológicos. A esta clase de laboratorios se les denomina a veces «laboratorios de referencia», aunque en la práctica no desempeñen realmente una función de referencia. El laboratorio central debe dar formación a personal analítico de todas las categorías, incluido el personal que ha de utilizar el equipo portátil *in situ*. También debe garantizar la plena calidad de sus propios análisis y ejercer el control externo de la calidad de los análisis realizados por los laboratorios subsidiarios. Además, le incumbe la función de realizar análisis más complicados cuya ejecución no se puede descentralizar a causa del alto costo del equipo necesario. Entre los análisis de esta clase pueden figurar, por ejemplo, los de la presencia de metales pesados mediante espectroscopia de absorción atómica, o de plaguicidas mediante cromatografía en fase gaseosa.

Los laboratorios regionales deben estar capacitados para realizar una serie moderada de diferentes análisis. Deben prestar además servicios de apoyo a las zonas remotas, suministrando medios de cultivo y material consumible al personal que lleva a cabo un número limitado de pruebas utilizando equipo de ensayo *in situ* o en la oficina local.

En la figura 2.6 se presentan ejemplos de la infraestructura inicial y final de los servicios de laboratorio para el análisis de la calidad del agua.

**Fig. 2.6 Ejemplos de infraestructura de los servicios de laboratorio**

(a) Estructura inicial



(b) Estructura final

WHO 96541/S

### 2.5.2 Transporte

Los medios de transporte preferibles pueden variar mucho según el terreno, las condiciones climáticas y las costumbres locales; las diversas posibilidades incluyen el uso de vehículos de cuatro ruedas motrices, animales de carga, canoas, bicicletas y motos, aparte de los transportes a pie (que siempre se utilizan en mayor o menor medida). Entre los factores que deben tenerse en cuenta al elegir un medio de transporte figuran la necesidad de enviar las muestras al laboratorio lo más rápidamente posible (véase la sección 4.1.4), la adecuación de las diversas formas de transporte a las condiciones que prevalecen en la época de vigilancia,

y el precio, así como los costos de funcionamiento y de mantenimiento, no menos que la duración previsible del medio de transporte de que se trate.

En muchos países la práctica común ha sido la utilización de vehículos de cuatro ruedas motrices para la ejecución de las actividades de vigilancia y de control de la calidad. En algunas zonas se ha comprobado la gran utilidad de las motos: generalmente son capaces de transportar tanto los instrumentos portátiles de análisis como el material didáctico, constituyen una opción mucho más barata, y pueden transportar rápidamente al personal sobre el terreno. También es menos probable que sean requisadas para otros fines.

### 2.5.3 Apoyo financiero

Generalmente las instituciones centralizadas, tales como los gobiernos regionales o nacionales, prestan un apoyo sustancial para las actividades de vigilancia, aunque no cubren su costo total. También la comunidad misma puede aportar contribuciones considerables (con frecuencia principalmente en especie). Además, los costos se pueden reducir de varias maneras, y el organismo de abastecimiento de agua debe funcionar sobre la base de la recuperación de los costos.

En la sección 1.6 se han señalado la función y la importancia de la participación de la comunidad. Interesar directamente a la comunidad para que participe en las decisiones acerca del establecimiento de un programa de vigilancia puede servir para crear un sentimiento de propiedad y una voluntad de compartir algunos de los costos de la vigilancia, del mantenimiento y de las medidas correctivas. Una forma de actuar en este sentido consiste en aprovechar las estructuras que ya existen en la comunidad, tales como los comités que se ocupan de los problemas del agua, para obtener contribuciones y para que se encarguen del mantenimiento corriente.

Cabe adoptar varias estrategias para reducir al mínimo los costos de la vigilancia. Los más altos suelen ser los correspondientes al personal y el transporte, y, por lo tanto, es importante centrar la atención en éstos. Los viajes repetidos para volver a tomar muestras o para transmitir los informes a las autoridades de la comunidad (indispensables si no existe un servicio postal adecuado u otro similar) resultan muy caros, y debe hacerse todo lo posible para reducir su necesidad. En las regiones con abastecimientos de agua remotos, con frecuencia cabe recurrir para ello al uso de equipo para los análisis *in situ*, en particular si hay la posibilidad de que el personal de terreno pernocte en las comunidades y entregue los resultados a la mañana siguiente. Si se adopta esta estrategia, en muchos casos es apropiado que el personal de terreno se encargue además de la educación sobre salud e higiene así como de las actividades de vigilancia.

### 2.5.4 Dotación de personal

Las necesidades de personal para la ejecución de un programa de vigilancia de los abastecimientos de agua varían mucho, y no hay ningún método de aplicación

## 2. PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA VIGILANCIA

general para poder determinar el número de personal necesario para una población dada o para un número determinado de abastecimientos de agua. Para estimar las necesidades de personal hay que tener presentes los factores siguientes:

- Los viajes de ida y vuelta a los abastecimientos de agua constituyen un problema importante para el personal que trabaja sobre el terreno (muestreo, inspección sanitaria, enlace con las comunidades); por consiguiente, es necesario hacer una estimación realista desde las primeras etapas, y hacer constar los tiempos de viaje confirmados en el inventario con fines de planificación. Además, ciertos factores estacionales tales como los monzones pueden limitar los desplazamientos a ciertas épocas y reducir por tanto el tiempo disponible para las actividades.
- La descentralización de los análisis y/o los análisis *in situ* ofrecen más ventajas cuanto mayor es el tiempo de los viajes y cuanto más dispersos se encuentren los abastecimientos de agua.
- La distribución del volumen de trabajo entre las fuentes puntuales, las comunidades nucleares y los abastecimientos de agua canalizados influirá en el ritmo en que se terminarán los trabajos.
- El tipo de abastecimiento también influirá en el tiempo necesario; por ejemplo, la inspección sanitaria y el análisis *in situ* llevará una hora en el caso de un pozo excavado, mientras que la inspección de un sistema de distribución por cañerías con una fuente a varios kilómetros de distancia, aun para una pequeña comunidad, probablemente llevará todo un día.
- Una mayor participación de la comunidad permitirá una vigilancia más eficaz y más efectiva, bien sea porque la comunidad presta su apoyo o interviene en su ejecución, o porque serán necesarias visitas menos frecuentes del inspector de saneamiento.
- Los agentes que operan sobre el terreno desempeñan con frecuencia una función de educación, por ejemplo, haciendo que la comunidad tenga mayor conciencia de las repercusiones de los abastecimientos de agua en la salud.

En el anexo 3 se sugieren las posibles responsabilidades del personal de diversas categorías en materia de vigilancia.

# 3.

## Encuestas

### 3.1 Índole y alcance de las encuestas en la comunidad

Una encuesta en la comunidad es una evaluación de todos los factores y recursos (materiales y humanos) que influyen en el servicio de abastecimiento de agua, el saneamiento y la higiene del medio de una comunidad. En la figura 3.1 se presenta un ejemplo de un formulario de informe para una encuesta en una comunidad; el formulario variará según el lugar y en él se deberán tener en cuenta las condiciones locales.

Al comienzo de los programas de vigilancia, y subsiguientemente a intervalos menos frecuentes que los especificados (por el organismo de vigilancia) para la inspección sanitaria, es necesario practicar una encuesta en la comunidad como punto de partida para una base de datos completa. La encuesta completa en la comunidad debe ser realizada por la oficina local del organismo de vigilancia (o por la autoridad de la zona en los países pequeños) y debe incluir los cuatro componentes siguientes:

1. Los datos básicos sobre las instalaciones de abastecimiento de agua y saneamiento, con los cuales se actualizarán los inventarios. Los inventarios básicos se han descrito en la sección 2.3.1, y en la figura 2.2 de la página 29 se presenta un ejemplo de inventario. Lo ideal es que la responsabilidad de los datos sobre abastecimiento de agua (y, en determinadas circunstancias, de los de saneamiento) incumba al organismo de abastecimiento de agua; el funcionario del organismo de vigilancia que opera sobre el terreno sólo debe confirmar la información. Sin embargo, en muchos países la realidad es que en la construcción de los sistemas de abastecimiento de agua intervienen varios organismos, con el resultado de que los inventarios son con frecuencia incompletos. En tales casos, pues, es posible que el organismo de vigilancia deba participar en la elaboración del inventario.
2. La inspección sanitaria (con inclusión de los análisis de la calidad del agua). La inspección sanitaria puede correr a cargo tanto del organismo de abastecimiento de agua como del organismo de vigilancia; la información generada por ambos se comparte.
3. Un diagnóstico cuantitativo resumido de los cinco indicadores clave de los servicios de abastecimiento de agua (calidad, cantidad, cobertura, continuidad y costo).

**Fig. 3.1 Ejemplo de un formulario para encuestas en la comunidad**

Distrito .....	Aldea .....
Fecha de la visita .....	(Año) N° de código .....
Tipo de fuente .....	Tipo de sistema: <input type="checkbox"/> abierto/cerrado <input type="checkbox"/> canalizado/no canalizado
<b>Población</b>	<b>Cobertura</b>
Número de hogares .....	
Número de fuentes públicas .....	= $\frac{\text{n}^\circ \text{ de fuentes y grifos} \times 100\%}{\text{n}^\circ \text{ de hogares}}$
Número de conexiones domésticas (grifos) .....	
¿Escuela? ..... ¿Grifos escuela? .....	= .....%
<b>Datos caudal</b>	<b>Cantidad suministrada</b>
Caudal entrada fuente ..... litros por segundo	= $\frac{\text{litros por segundo suministrados} \times 86\,400}{\text{habitantes}}$
Exceso (s) ..... litros por segundo	= ..... x 86 400
Caudal entrada a grifos ..... litros por segundo	= .....litros por persona al día
<b>Funcionamiento del sistema</b>	<b>Continuidad</b>
¿Agua que entraba en el sistema el día de la inspección? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Proporción de grifos en funcionamiento (póngase una cruz)	
Grifo 1                      Grifo 2                      Grifo 3	
<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Suministro todo el día? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	General = $\frac{\text{total de "sí"} \times 100\%}{6}$
¿Suministro todo el año? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
	<b>Costo</b>
¿Cuántas familias pagan una tarifa? .....	
Porcentaje de familias que pagan .....	Tarifa mensual.....%
	<b>Calidad</b>
Recuento de coliformes termotolerantes (fecales) por 100 ml	Calidad bacteriológica
Recuento en la fuente...../100 ml	Grado de coliformes fecales: A:B:C:D
Recuento máximo en la distribución ...../100 ml	
Inspección de saneamiento (véase la hoja adjunta)	Puntuación del riesgo sanitario
<b>Prioridad de la medida correctiva</b>	<input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Intermedia <input type="checkbox"/> Urgente
Inspector .....	Firma .....

4. Una encuesta sobre higiene. Lo ideal es que las encuestas sobre higiene corran a cargo del organismo de vigilancia.

El diagnóstico cuantitativo resumido de los indicadores de los servicios de abastecimiento de agua debe transmitirse al organismo regional y/o nacional con miras a la planificación de la estrategia. En la figura 3.1 se presenta un formulario de informe apropiado. Los indicadores deben incorporarse a una base de datos nacional y utilizarse para asignar los recursos destinados al desarrollo y el mejoramiento de los abastecimientos de agua sobre la base de las necesidades prioritarias.

En la figura 3.1, el primer indicador calculado es la *cobertura*, lo cual resulta lógico ya que de poco serviría emprender inspecciones sanitarias antes de que se haya establecido una infraestructura básica en una proporción considerable de las comunidades. También es necesario demostrar que se ha alcanzado una cobertura sustancial con abastecimientos de agua tanto en las diversas comunidades individualmente como en una mayoría de las comunidades del distrito de que se trata.

### 3.2 Inspecciones de saneamiento

Una inspección de saneamiento es una inspección practicada *in situ*, con la evaluación correspondiente, por personas competentes, de todas las condiciones, los materiales y las prácticas del sistema de abastecimiento de agua que presentan o pueden presentar peligros para la salud y el bienestar del consumidor. Es una actividad encaminada a comprobar hechos y a identificar las deficiencias del sistema; no sólo las fuentes de contaminación actual sino también las insuficiencias y la falta de integridad del sistema que podrían dar lugar a una contaminación.

En las comunidades pequeñas, donde las visitas oficiales del funcionario de vigilancia son poco frecuentes, es indispensable que los miembros responsables de la comunidad ayuden, de una parte, al funcionario a realizar la encuesta, y, de otra parte, aprendan a realizarla por sí mismos. Cuando sea posible, estos miembros deben firmar un informe y comprometerse a actuar según las recomendaciones que reciban (véase el capítulo 6)

Las dos actividades principales son la inspección de saneamiento y el análisis de la calidad del agua. Se ha sugerido que la inspección de saneamiento debería tener prioridad por encima del análisis, pero siempre que sea posible conviene que las dos actividades se lleven a cabo conjuntamente, puesto que son complementarias: la inspección identifica los posibles riesgos, y el análisis revela si hay contaminación, y, en tal caso, cuál es su intensidad.

La inspección de saneamiento es indispensable para una interpretación correcta de los resultados de laboratorio. Ninguna encuesta analítica, bacteriológica o química, por más cuidadosamente que se haya realizado, puede sustituir al conocimiento completo de las condiciones existentes en la fuente de agua y dentro del sistema de distribución, de la eficacia del tratamiento del agua y de la competencia y la eficacia del personal encargado del sistema. Las muestras revelan las condiciones en un determinado momento, y – aun en los casos en que el muestreo y los análisis son frecuentes – los resultados son notificados *después* de

haber ocurrido la contaminación, en particular en los sistemas sin almacenamiento prolongado. La contaminación microbiológica con frecuencia es esporádica y es posible que un muestreo ocasional no revele su existencia.

### 3.3 Informes sobre las inspecciones de saneamiento

El informe de la inspección de saneamiento es la parte de la encuesta basada en la inspección *in situ* de las fuentes de agua (y de los sistemas de abastecimiento canalizado en su caso), es decir, una encuesta sobre el terreno; por consiguiente, constituye un método directo para identificar todos los riesgos posibles y las causas actuales de contaminación del abastecimiento. La inspección versa sobre la estructura física del abastecimiento, su funcionamiento y los factores ambientales externos. Los defectos registrados durante la inspección con frecuencia son tangibles y observables, y se pueden utilizar junto con los datos de los análisis para evaluar los riesgos.

Así pues, las inspecciones de saneamiento aportan información indispensable acerca de los riesgos inmediatos y posibles asociados a un abastecimiento de agua para la comunidad, aun en ausencia de pruebas microbiológicas o químicas de contaminación. Además, la inspección de los abastecimientos durante un periodo de años facilita una perspectiva a largo plazo y ayuda a identificar y reducir al mínimo los riesgos causados por la deterioración gradual de cualquier aspecto del abastecimiento.

#### 3.3.1 Funciones de los formularios para los informes de las inspecciones de saneamiento

Los formularios de inspección deben constituir un medio sencillo y rápido de evaluar e identificar los riesgos asociados a los sistemas de abastecimiento de agua. Siempre que se lleven a cabo inspecciones de saneamiento, habrá que considerar inevitablemente una diversidad de sistemas, y habrá que decidir entonces si elaborar un solo formulario de inspección que verse sobre todos los tipos de sistema o elaborar una serie de formularios, uno para cada tipo diferente. Parte de la información que puede ser útil incluir en un formulario de inspección puede haber sido recogida ya con fines de inventario. Una vez más, habrá que decidir qué volumen de esta clase de detalles será apropiado incluir.

El formulario de inspección debe incluir por lo menos una lista de los componentes del abastecimiento de agua, desde la fuente hasta la distribución, e incorporar todos los puntos donde pueden introducirse riesgos. Cualquier problema identificado durante la inspección deberá hacerse constar de modo que pueda facilitarse en seguida un informe a la comunidad, con copias para el organismo de abastecimiento y la autoridad de salud.

El informe de inspección sanitaria tiene las siguientes funciones específicas:

- identificar las fuentes y los puntos posibles de contaminación del abastecimiento de agua;
- cuantificar el riesgo (*puntuación del riesgo*) atribuible a las fuentes y al abastecimiento;

- constituir un medio claro y gráfico de exponer los riesgos al operador/ usuario;
- señalar claramente la acción correctiva necesaria para proteger y mejorar el abastecimiento;
- suministrar los datos brutos que se utilizarán en la planificación sistemática y estratégica de las mejoras.

El informe de la inspección de saneamiento puede ser considerado como parte integrante de la encuesta en la comunidad tal como viene definida en la sección 3.1. Por consiguiente, no deberá restringirse a los factores de la calidad del agua que pueden causar problemas sino que en él habrá que tener en cuenta los demás indicadores del servicio, por ejemplo, la cobertura, el costo, la continuidad y la cantidad. Ello es particularmente importante para los organismos de abastecimiento que quizás deseen prestar especial atención a estos factores desde el punto de vista del funcionamiento y el mantenimiento. Sobre la base de la lista de comprobación debe ser posible determinar una medida general del estado sanitario del abastecimiento, y esta puntuación del riesgo puede utilizarse para decidir el orden de prioridad de la acción correctiva que deberá emprender la comunidad o el organismo más idóneo para intervenir y conseguir mejoras.

### 3.3.2 Diseño de los formularios para los informes de la inspección de saneamiento

El diseño, la evaluación y el perfeccionamiento de los formularios para la inspección de saneamiento figuran entre los aspectos más importantes de la ejecución de un programa de vigilancia o de control de la calidad. Hay dos maneras posibles de concebir este diseño: el uso de dibujos y de unas listas de comprobación breves, o el uso de listas de comprobación más pormenorizadas con notas explicativas. Cualquiera de las dos formas puede resultar eficaz. Sin embargo, en algunos países donde el nivel de formación de los inspectores de higiene del medio o de los técnicos de saneamiento puede no ser muy alto, el uso de formularios de inspección ilustrados puede ser el método más eficaz, y por esta razón lo tenemos en cuenta aquí.

Lo ideal es que los formularios sean diseñados de tal manera que la comunidad o el propietario del abastecimiento pueda llevar a cabo la encuesta o se le pueda entregar un resumen de los problemas identificados antes de que se marche el inspector. Esto significa que cualquier acción que sea necesaria en el plano local pueda ser adoptada de común acuerdo y que la ejecución pueda iniciarse inmediatamente. Cuando las medidas sean requeridas por otros, por ejemplo el organismo de abastecimiento de agua o el de salud, también habrá que informar a la comunidad de las recomendaciones que se formulen. Se enviará copia de toda la encuesta sanitaria a todas las autoridades pertinentes, lo que se facilitará con un buen diseño de los formularios de inspección, por ejemplo con hojas duplicadas o triplicadas y papeletas arrancables para las medidas recomendadas.

En el anexo 2 se presenta una serie de modelos de formularios para los informes de inspección. Con una sola excepción, su formato es de doble página e incluyen ilustraciones de una serie de abastecimientos de agua fáciles de reconocer; los posibles riesgos se identifican y aparecen numerados. Los formularios incluyen detalles del tipo de instalación, el abastecimiento, la fecha de la visita de inspección, etc. La lista de comprobación de 10 o más puntos permite asignar una puntuación del riesgo sobre la base del número total de riesgos identificados.

En algunos países puede ser necesario tener en cuenta otros riesgos diferentes de los ilustrados en el anexo 2, riesgos que también se deben incluir en la lista de comprobación. Los formularios para la inspección de saneamiento se deben diseñar de modo que se ajusten a las circunstancias locales; los inspectores deben poder utilizarlos correctamente, y los destinatarios de la información han de poder comprenderlos para actuar en consecuencia. Cualquier dibujo que se incluya en ellos debe trazarse cuidadosamente de modo que refleje las culturas y las situaciones que ha de describir. Los formularios de la serie que se presenta en el anexo 2 cubren la mayoría de los principales tipos de pequeñas instalaciones de abastecimiento de agua. Sin embargo, la lista no es exhaustiva, y las variaciones locales en el diseño y en los hábitos culturales pueden tener profundas repercusiones en el diseño de estos formularios.

El principio por el que se rige el diseño de los formularios para los informes de inspección de saneamiento es que toda deficiencia que pueda reducir la calidad del abastecimiento debe figurar en la lista y comprobarse durante la inspección. Cada deficiencia representa un riesgo sanitario. Toda deficiencia adicional aumenta las probabilidades de contaminación; por consiguiente, el número total de los riesgos puede servir para establecer una puntuación del riesgo, pero esto supone que todos los riesgos sean igualmente graves. Sin embargo, es sumamente improbable que así sea y que la puntuación final sea directamente proporcional a la intensidad de la contaminación resultante. Es importante, pues, tener en cuenta las diferencias de gravedad entre los distintos riesgos teniendo en cuenta las condiciones locales, lo cual permitirá interpretar mejor la información y adoptar la acción correctiva más idónea.

### 3.4 Ejecución de las inspecciones de saneamiento

El personal encargado de las actividades de inspección de saneamiento sobre el terreno deberá siempre tratar de *anunciar de antemano su visita a los representantes de la comunidad local*, en particular cuando la presencia de éstos es indispensable para tener acceso a ciertos puntos del sistema de abastecimiento o cuando la ayuda de los miembros de la comunidad es necesaria para llevar a cabo la inspección.

A su llegada a la comunidad, el funcionario de vigilancia debe verificar los datos básicos con los representantes de la comunidad, tal como se indica en el capítulo 2 (figura 2.2). Deberán examinarse los registros que lleve la comunidad, por ejemplo sobre tarifas, y tomarse nota de la información correspondiente, con

inclusión de la cantidad que se carga al usuario y del número de familias que pagan.

Antes de visitar la comunidad, el funcionario de vigilancia puede tener un conocimiento previo del tipo y el número de abastecimientos, fuentes y grifos. Los datos que ya posea deberán contrastarse con los registros locales y los mapas de que disponga el puesto de salud local o el centro de salud, por ejemplo. Si no se dispone de ningún mapa, deberá intentarse preparar por lo menos un mapa esquemático de los suministros o las fuentes.

Gran parte de la información necesaria para la investigación de los servicios de abastecimiento de agua potable se obtendrá entrevistando a los miembros de la comunidad; esto es particularmente importante cuando se visita a las familias para evaluar la continuidad del servicio. Siempre que sea posible, el funcionario encargado de la vigilancia deberá verificar las informaciones obtenidas, mediante la observación directa durante la encuesta sobre el terreno.

Aunque pueda parecer lógico que la inspección y el muestreo empiecen en la fuente de la red de distribución y sigan a lo largo del sistema con el flujo del agua, lo cierto es todo lo contrario. Si se opera a contracorriente (es decir, empezando en la red de distribución y avanzando hacia la fuente) es menos probable que algunas de las muestras que se tomen hayan sido contaminadas accidentalmente por el muestreador aguas arriba del sistema, por ejemplo, al abrir las tapaderas poco utilizadas de los depósitos o de las fuentes protegidas.

El encargado de la vigilancia debe completar el informe de la inspección sanitaria *in situ* juntamente con los representantes de la comunidad. Siempre que sea posible hay que aprovechar las oportunidades que se presenten para señalar los problemas o defectos sobre el terreno a los miembros de la comunidad, a sus representantes o al cuidador u operador del sistema. También puede ser oportuno llevar a cabo al mismo tiempo reparaciones sencillas, por ejemplo, cambiar las arandelas de los grifos de las fuentes públicas.

Terminada la inspección, el encargado de la encuesta deberá rodear con un círculo cada uno de los puntos de riesgo en el diagrama, a ser posible con tinta roja. El diagrama (véase el anexo 2) deberá separarse del formulario de inspección y se entregará a un miembro del comité de las aguas o a un representante de la comunidad. Antes de abandonar el lugar, el encargado de la vigilancia debe debatir con la comunidad las posibles acciones de seguimiento, llegar a un acuerdo al respecto y fijar el calendario de actuaciones. Asimismo, indicará la fecha de la próxima encuesta.

El funcionario que lleve a cabo la encuesta sanitaria deberá consignar si se efectuarán muestreos o análisis. A veces se puede ahorrar trabajo y tiempo realizando los análisis sobre el terreno al mismo tiempo que la inspección; en otros casos, los análisis del agua pueden formar parte del seguimiento y las muestras se llevarán a un laboratorio para su análisis.

En algunos países se han creado unas postales especiales que la comunidad puede utilizar para denunciar problemas graves o para pedir intervenciones correctivas; estas postales se envían por correo al organismo encargado del

funcionamiento y el mantenimiento, el cual actúa en consecuencia y aporta el apoyo técnico necesario.

En la figura 3.2 se resumen los distintos pasos del procedimiento de ejecución de una encuesta sobre saneamiento.

### 3.5 Calendario y frecuencia de las inspecciones de saneamiento

Las inspecciones de saneamiento deben llevarse a cabo periódicamente, a ser posible con las frecuencias indicadas en el cuadro 3.1.

#### 3.5.1 Nuevas fuentes

Una de las encuestas más importantes es la que se lleva a cabo cuando se trata de explotar nuevas fuentes de agua. Estas encuestas deben aportar información bastante para poder juzgar si la fuente es aprovechable y el tratamiento que será necesario antes de que el agua se pueda considerar adecuada para el consumo humano. Cuando se trata de elegir entre varias posibles fuentes, habrá que examinarlas todas, una por una. Durante las encuestas de captación de aguas, cuando se exploran nuevas fuentes para evaluar la posibilidad de disponer de nuevos abastecimientos, deben practicarse análisis físicos, bacteriológicos y químicos. Cuando se llevan a cabo encuestas hidrogeográficas, los análisis necesarios son de tipo bacteriológico y químico. El principio básico es que *no se debe aprobar ningún nuevo abastecimiento público de agua sin su previa inspección sanitaria*.

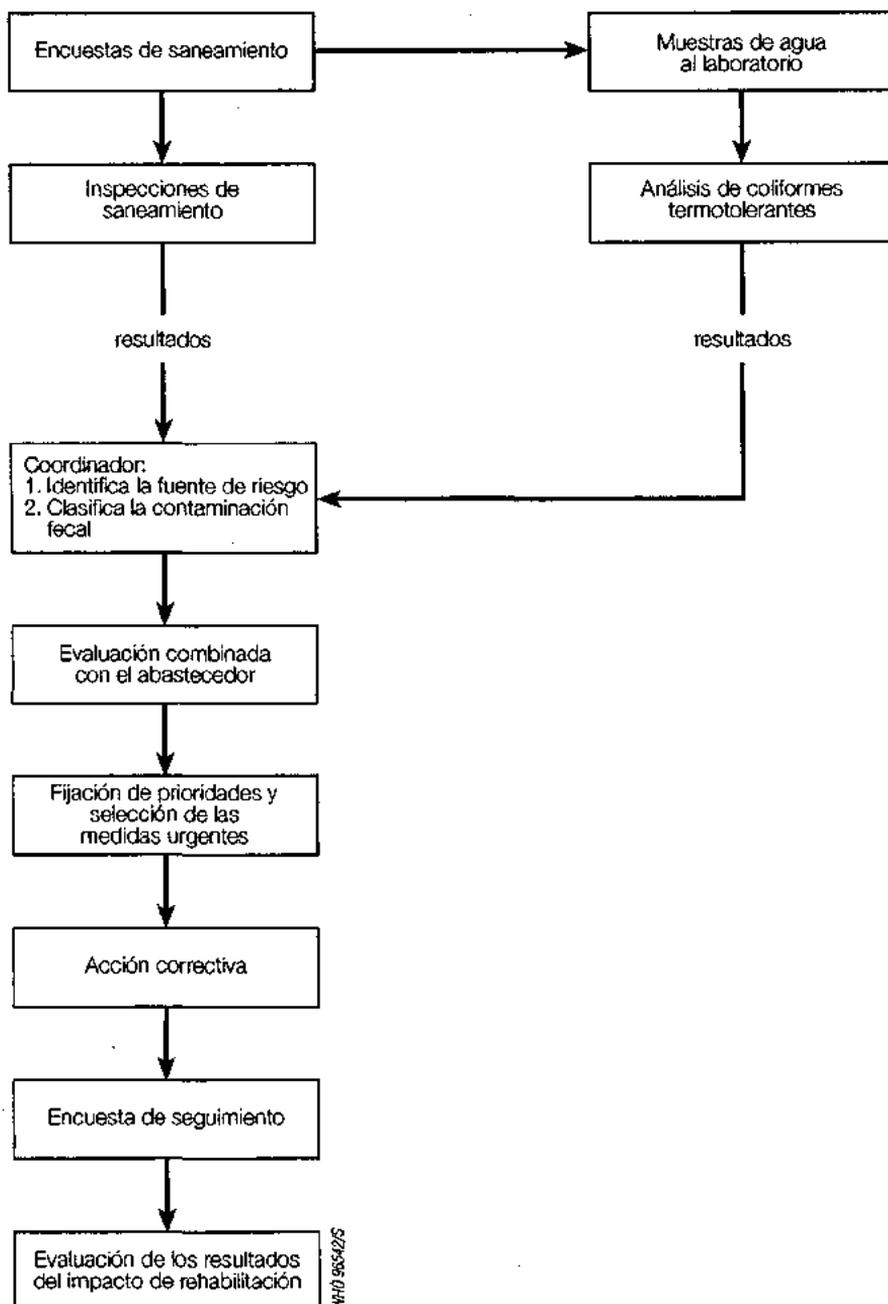
Las fuentes de aguas de superficie pueden resultar sumamente difíciles de inspeccionar, sobre todo en las zonas rurales remotas y en los lugares donde las formas de uso cambian rápidamente. No sólo se deben tener en cuenta las modificaciones diarias y estacionales del caudal sino que, además, las variaciones en las características físicas, químicas y bacteriológicas hacen necesaria la práctica de análisis a lo largo del año para tener en cuenta los efectos de los cambios en el régimen de lluvias.

#### 3.5.2 Exámenes sistemáticos de los abastecimientos

Aunque en la mayoría de los casos no sería realista esperar que el organismo de vigilancia consagre más de uno o dos días por sistema cada año a una encuesta, esta proporción apenas se puede considerar suficiente. Así pues, además del organismo de vigilancia es necesario que el de abastecimiento de agua realice también periódicamente encuestas de saneamiento.

Tradicionalmente, la frecuencia de las inspecciones y de los análisis se ha basado en el tamaño de las poblaciones. En el caso de los abastecimientos para las comunidades, es necesario conseguir la participación de los miembros de la comunidad, en particular si no existe ningún organismo oficial de abastecimiento

**Fig. 3.2 Pasos del procedimiento de ejecución de una encuesta de saneamiento**



**Cuadro 3.1 Frecuencia anual mínima sugerida para las inspecciones de saneamiento**

Fuente y modo de abastecimiento	Comunidad <sup>a</sup>	Organismo de abastecimiento <sup>b</sup>	Organismo de vigilancia <sup>a,b,c</sup>
Pozo excavado (sin torno)	6	—	1 <sup>d</sup>
Pozo excavado (con torno)	6	—	1 <sup>d</sup>
Pozo excavado con bomba manual	4	—	1 <sup>d</sup>
Pozo tubular profundo o poco profundo con bomba manual	4	—	1 <sup>d</sup>
Captación de aguas pluviales	4	—	1 <sup>d</sup>
Manantial por gravedad	4	—	1 <sup>d</sup>
Abastecimiento canalizado: fuentes subterráneas (manantiales y pozos), con y sin cloración	—	1	1
Fuente de superficie de abastecimiento canalizado, con cloración:			
<5000 habitantes	12	1	1
5000-20 000 habitantes	—	2	1
Sistema de distribución de abastecimiento canalizado <sup>e</sup>	—	12	1

- <sup>a</sup> Cuando las instalaciones son de propiedad familiar (por ejemplo, pozos excavados con o sin bomba manual), la familia es responsable de las inspecciones, con el apoyo del organismo de vigilancia.
- <sup>b</sup> Todas las fuentes nuevas deben ser inspeccionadas antes de entrar en servicio.
- <sup>c</sup> En casos de urgencia, tales como un brote de enfermedades epidémicas, la inspección deberá tener lugar inmediatamente.
- <sup>d</sup> Cuando resulte prácticamente imposible inspeccionar todas las instalaciones de esta clase, debe inspeccionarse una muestra que sea estadísticamente significativa.
- <sup>e</sup> De la limpieza de las fuentes públicas se encarga la comunidad si la población es de menos de 5000 habitantes. El organismo de abastecimiento de agua mantiene el sistema de distribución y los grifos si la población se sitúa entre 5000 y 20 000 habitantes.

de agua. La diversidad de instalaciones de abastecimiento de agua y de dispositivos administrativos hace difícil sentar apenas más que unas directrices generales en cuanto a la frecuencia de estas encuestas, como se sugiere en el cuadro 3.1. Sin embargo, es importante señalar que las frecuencias indicadas son valores mínimos. También es vital que cualquier informe de la comunidad que indique la presencia de riesgos graves sea registrado oficialmente y que el organismo de vigilancia emprenda la acción subsiguiente.

# 4.

## Muestreo y análisis del agua

Lo ideal es disponer de una infraestructura de laboratorios que permita que todas las muestras lleguen a un laboratorio central o regional a las pocas horas de haber sido tomadas. Ello depende, sin embargo, de si se dispone de una buena red de carreteras y de medios de transporte motorizado para todos los encargados del muestreo, cosa que no ocurre en muchos países. Así, aun cuando sea posible establecer laboratorios centrales y aun regionales bien equipados, puede ser necesario contentarse con un número relativamente pequeño de análisis sencillos. Como se señala en el capítulo 1, a esta forma de proceder se la denomina a veces análisis de los parámetros críticos relativos al agua.

El factor más importante que se debe tener en cuenta es que, en la mayoría de las comunidades, el principal riesgo para la salud humana se deriva de la contaminación fecal. En algunos países puede haber además riesgos asociados a contaminantes químicos específicos, tales como fluoruros o arsénico, pero es poco probable que las concentraciones de estas sustancias cambien significativamente con el tiempo. Así pues, si se lleva a cabo una serie completa de análisis químicos del agua de unas fuentes nuevas y estos análisis se repiten ulteriormente a intervalos relativamente largos, es poco probable que los contaminantes químicos presenten un riesgo no identificado. En cambio, la posibilidad de una contaminación fecal de los abastecimientos comunitarios no tratados o tratados insuficientemente existe siempre. Por consiguiente, el nivel mínimo de análisis debe incluir los de los indicadores de la contaminación fecal (coliformes (fecales) termotolerantes), turbiedad, y cloro residual y pH (si el agua está desinfectada con cloro).

Aun en los países en desarrollo con grandes deficiencias en materia de carreteras y transporte suele ser posible aplicar una estrategia de muestreo y de análisis racional. Esta estrategia debe incluir una selección de pruebas sobre los parámetros críticos en las zonas remotas (generalmente rurales) practicables con métodos sencillos y con equipo de análisis portátil (véanse las páginas 71–73) cuando resulte apropiado. Siempre que sea posible la comunidad debe participar en el procedimiento de muestreo. En los lugares donde el agua está desinfectada, cabe adiestrar a los agentes de atención primaria de salud, a los maestros de escuela y a veces a los miembros de la comunidad en la ejecución de análisis sencillos del cloro residual. Las mismas personas pueden además recoger muestras para los análisis fisicoquímicos y encargarse de su envío al laboratorio regional. Esta forma de utilización de los miembros de la comunidad requiere por supuesto

un grado considerable de formación y de supervisión, pero es una manera eficaz de conseguir una cobertura de vigilancia más completa.

## 4.1 Muestreo

En las directrices aquí expuestas se tiene en cuenta la experiencia en los programas de vigilancia en las zonas remotas, generalmente rurales, y en las comunidades periurbanas. En el volumen 1 y en las normas de la ISO se presentan observaciones más generales sobre muestreo (véase la Bibliografía complementaria).

### 4.1.1 Lugares de muestreo

Uno de los objetivos de la vigilancia es la evaluación de la calidad del agua suministrada por el organismo de abastecimiento y la del agua en el punto donde se la utiliza; por consiguiente, es necesario tomar muestras de ambos puntos. Cualquier diferencia significativa entre los dos tiene importantes repercusiones en la estrategia correctiva.

Las muestras se deben tomar en puntos que sean representativos de la fuente primaria, de la estación de tratamiento, de las instalaciones de almacenamiento, de la red de distribución, de los lugares donde el agua llega al consumidor y de los lugares de utilización del agua. En el momento de seleccionar los lugares o puntos de muestreo cada localidad debe considerarse individualmente; sin embargo, suelen ser aplicables los criterios generales siguientes:

- Los puntos de muestreo deben seleccionarse de modo que las muestras tomadas sean representativas de las diferentes fuentes del agua que llega al público o que entra en el sistema.
- Estos puntos deben incluir los que rinden muestras representativas de las condiciones imperantes en las fuentes o los lugares más desfavorables del sistema de abastecimiento, en particular los puntos de posible contaminación, tales como las fuentes no protegidas, los recodos, los depósitos, las zonas de baja presión, los extremos finales del sistema, etc.
- Los puntos de muestreo deben hallarse distribuidos uniformemente a lo largo del sistema de distribución canalizado, teniendo en cuenta la distribución de la población; el número de puntos de muestreo debe ser proporcional al número de conexiones o ramales.
- Los puntos elegidos deben rendir generalmente muestras que sean representativas del conjunto del sistema y de sus principales componentes.
- Los puntos de muestreo deben estar situados de manera que puedan tomarse muestras del agua de las cisternas y los depósitos de reserva, etc.
- En los sistemas con más de una fuente de alimentación, en la situación de los puntos de muestreo debe tenerse en cuenta el número de habitantes servidos por cada fuente.
- Debe haber por lo menos un punto de muestreo inmediatamente después de la salida de agua limpia de cada estación de tratamiento.

En una red de distribución canalizada, los lugares de muestreo, pueden clasificarse como:

- fijos y convenidos con el organismo de abastecimiento;
- fijos, pero no convenidos con el organismo de abastecimiento; o
- aleatorios o variables.

Cada uno de los tipos de lugar de muestreo presenta sus ventajas y sus inconvenientes. Los lugares fijos convenidos con el abastecedor son indispensables cuando hay que aplicar medidas legales para conseguir las mejoras necesarias; de otro modo, el organismo de abastecimiento puede rechazar un resultado del muestreo alegando que la calidad del agua puede haberse deteriorado en el hogar del usuario, es decir, más allá de la zona de responsabilidad del abastecedor. Sin embargo, los puntos de muestreo fijos son raros o desconocidos en algunos países.

Los puntos fijos no necesariamente reconocidos por el organismo de abastecimiento se utilizan con frecuencia en las investigaciones, incluida la vigilancia. Son especialmente útiles cuando hay que comparar resultados a lo largo del tiempo, pero limitan la posibilidad de identificar ciertos problemas locales, tales como las conexiones cruzadas y la contaminación procedente de redes de distribución que pierden.

Los métodos de muestreo a base de puntos variables o aleatorios presentan la ventaja de que con su aplicación es más probable que se detecten los problemas locales, pero resultan menos útiles para los cambios de los análisis con el paso del tiempo.

### 4.1.2 Frecuencia de los muestreos

Los análisis más importantes entre los que se utilizan en la vigilancia de la calidad del agua o el control de su calidad en las comunidades pequeñas son los de la calidad microbiológica (mediante la medición de las bacterias indicadoras) y la turbiedad, y también los de cloro residual libre y pH cuando se usa la cloración. Estos análisis deben llevarse a cabo siempre que se tome una muestra, independientemente de cuántas otras variables físicas o químicas deban medirse. Las frecuencias mínimas recomendadas para estas mediciones críticas en los abastecimientos de agua no canalizados se resumen en el cuadro 4.1 y los números mínimos de muestras de agua de beber canalizadas en el sistema de distribución figuran en el cuadro 4.2

### 4.1.3 Métodos de muestreo para los análisis microbiológicos

En el anexo 4 se exponen pormenorizadamente los métodos de muestreo para los análisis microbiológicos. Todas las muestras deben ir acompañadas de un formulario de recogida apropiado; en la figura 4.1 se presenta un modelo de formulario para la toma de muestras.

### 4.1.4 Almacenamiento de las muestras para los análisis microbiológicos

Aunque las recomendaciones varían, el tiempo que transcurra entre la toma de una

**Cuadro 4.1 Frecuencia mínima de los muestreos y análisis de abastecimientos de agua no canalizados**

Fuente y modo de abastecimiento	Frecuencia mínima de los muestreos y análisis		Observaciones
	Bacteriológicos	Físicos/químicos	
Pozos abiertos para abastecimiento de la comunidad	Medidas de protección sanitaria; análisis bacteriológico sólo si la situación lo requiere	Una sola vez inicialmente para los pozos de la comunidad	Contaminación generalmente previsible
Pozo excavado cubierto y pozos tubulares poco profundos con bombas manuales	Medidas de protección sanitaria; análisis bacteriológico sólo si la situación lo requiere	Una sola vez inicialmente; después, según lo requiera la situación	Situaciones que requieren análisis: cambio de las condiciones ambientales, brote de enfermedad transmitida por el agua, o aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua
53 Pozos tubulares profundos con bombas manuales	Una sola vez inicialmente; después, según lo requiera la situación	Una sola vez inicialmente; después, según lo requiera la situación	Situaciones que requieren análisis: cambio de las condiciones ambientales, brote de enfermedad transmitida por el agua, o aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua
Manantiales protegidos	Una sola vez inicialmente; después, según lo requiera la situación	Si el agua esté clorada, análisis periódico del cloro residual	Situaciones que requieren análisis: cambio de las condiciones ambientales, brote de enfermedad transmitida por el agua, o aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua
Sistemas comunitarios de recogida de aguas pluviales	Medidas de protección sanitaria; análisis bacteriológico sólo si la situación lo requiere	Innecesarios	—

**Fig. 4.1 Modelo de formulario para la recogida de muestras**

	<p><b>PROGRAMA DE CONTROL DE LA CALIDAD</b></p>	<p><b>DATOS DE LA MUESTRA</b></p>
<p>[Nombre del organismo responsable.....]</p>		<p>Localidad _____</p>
<p><b>MUESTREO Y ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO</b></p>		<p>Punto de la muestra _____</p>
<p><u>Datos del muestreo:</u></p>		<p>Lugar _____</p>
<p>Localidad _____</p>		<p>Fuente _____</p>
<p>Punto de la muestra _____</p>		<p>Cloro residual _____</p>
<p>Lugar _____</p>		<p>Fecha del muestreo _____</p>
<p>Fuente _____</p>		<p>Hora del muestreo _____</p>
<p>Enviada por _____</p>		<p>Enviada por _____</p>
<p>Fecha de la recogida _____</p>		<p>Sección separada y fijada al frasco de la muestra</p>
<p>Hora de la recogida _____</p>		<p>Resultados analíticos registrados por el laboratorio; el laboratorio envía copias de esta sección al organismo local de vigilancia o al organismo de abastecimiento de agua y a la persona responsable del muestreo</p>
<p>Fecha del análisis _____</p>		
<p>Hora del análisis _____</p>		
<p>Cloro residual _____ mg/litro</p>		
<p><u>Resultados:</u></p>		
<p>TOTAL DE COLIFORMES ..... /100 ml</p>		
<p>COLIFORMES FECALES ..... /100 ml</p>		
<p>(OTROS) .....</p>		
<p>Nº de muestra del laboratorio _____</p>		
<p>AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE BUENA - MALA</p>		
<p><u>MEDIDA ADOPTADA</u></p>		
<p>_____ _____ _____</p>		
<p>(firmado)</p>		

**Cuadro 4.2 Número mínimo de muestras para el agua de beber canalizada en el sistema de distribución**

Población abastecida	Nº de muestras mensuales
<5000	1
5000–100 000	1 por cada 5000 habitantes
>100 000	1 por cada 10 000 habitantes, más 10 muestras adicionales

muestra y su análisis no debe exceder en general de 6 horas, y 24 horas se considera como el plazo máximo absoluto. Se presupone que las muestras se encierran en una caja aislada a prueba de luz, que ha de contener hielo en fusión o bolsas de agua helada para asegurar el rápido enfriamiento de las muestras. Si no se dispone de hielo, el tiempo de transporte no debe exceder de las dos horas. Es imperativo que las muestras se conserven a oscuras y que la refrigeración sea rápida. Si no se cumplen estas condiciones, las muestras deben desecharse. Cuando se toman muestras de agua que contenga o pueda contener aunque sólo sean indicios de cloro, éste debe ser inactivado, ya que, de lo contrario, los microbios podrían morir durante el transporte y se obtendría un resultado erróneo. Así pues, los frascos destinados a las muestras deben contener tiosulfato de sodio para neutralizar el cloro que puede estar presente, tal como se describe en el anexo 4. La caja en la que se transportan las muestras (véase la figura 4.2) se debe limpiar y desinfectar después de utilizarla para evitar la contaminación de la superficie de los frascos y de las manos de la persona que los manipula.

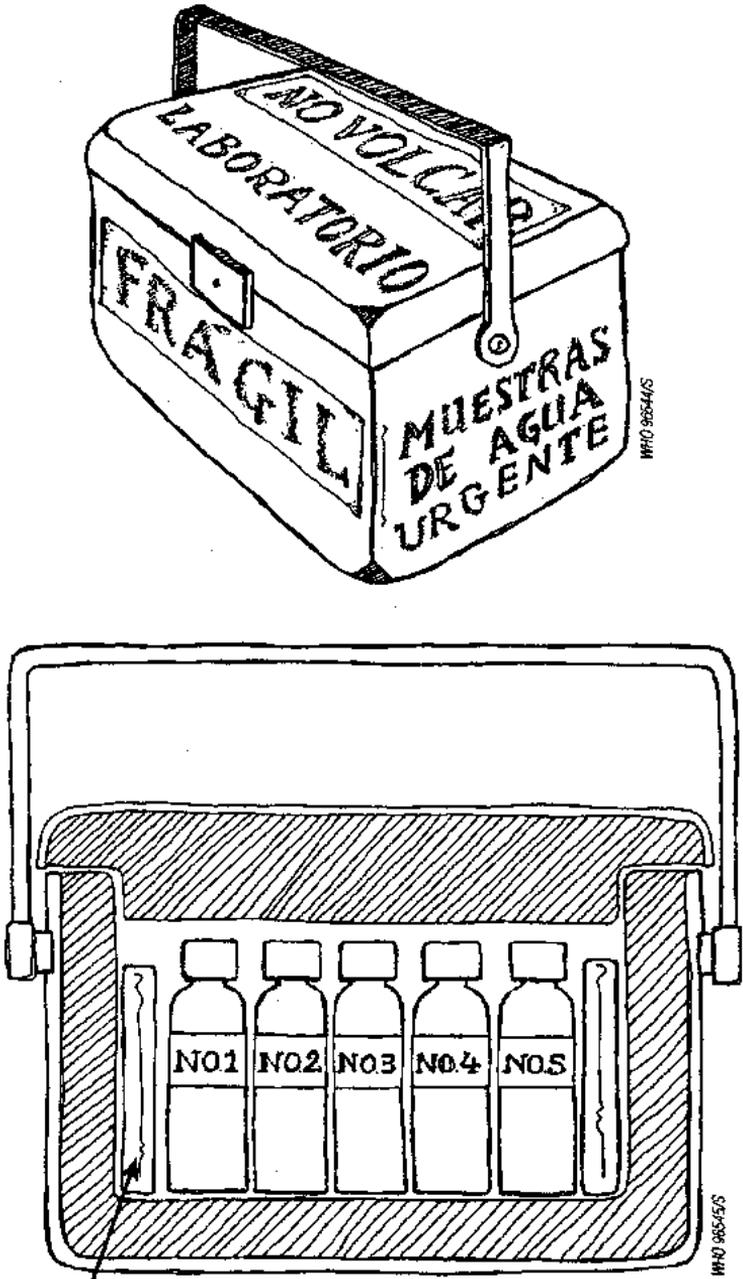
#### 4.1.5 Métodos de muestreo para los análisis fisicoquímicos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos carecen de valor si las muestras analizadas no han sido recogidas y almacenadas debidamente. Ello tiene consecuencias importantes para los métodos y procedimientos de muestreo y para los de conservación y almacenamiento de las muestras. En general, el tiempo que transcurra entre la toma de las muestras y su análisis debe mantenerse en el mínimo posible. Se recomienda guardar las muestras en frascos de vidrio o de polietileno a baja temperatura (por ejemplo, 4 °C) y en la oscuridad. Los frascos deben estar limpios pero no es necesario esterilizarlos. Para algunos análisis pueden ser necesarios conservantes especiales. El cloro residual, el pH y la turbiedad se deben analizar inmediatamente después de la toma de la muestra porque cambiarán durante el almacenamiento y el transporte.

## 4.2 Análisis bacteriológicos

El principal riesgo asociado al agua en los abastecimientos para las comunidades pequeñas es el de las enfermedades infecciosas relacionadas con la contaminación

**Fig. 4.2** Caja para el transporte de muestras para su análisis microbiológico



bolsa de hielo o  
mezcla refrigerante

fecal. Por esto, como se señala en el capítulo 1, en el examen microbiológico del agua de beber se atribuye gran importancia a la evaluación de la calidad higiénica del abastecimiento. Para ello es necesario aislar y enumerar los microorganismos indicadores de la presencia de contaminación fecal. En algunas circunstancias, los mismos microorganismos indicadores pueden servir también para evaluar la eficiencia de las estaciones de tratamiento del agua de beber, que es un elemento importante del control de la calidad. Con el mismo fin cabe utilizar también otros indicadores microbiológicos, no necesariamente asociados a la contaminación fecal.

El aislamiento de patógenos específicos en el agua sólo debe ser llevado a cabo por los laboratorios de referencia con el fin de investigar y combatir brotes de enfermedad. Su aislamiento sistemático en otras circunstancias no resulta práctico.

Los pormenores de los métodos de análisis bacteriológico se describen en el anexo 5 (método de los tubos múltiples), el anexo 6 (método de la filtración con membrana), el anexo 7 (método de la prueba *in situ*) y el anexo 8 (prueba de la presencia-ausencia).

#### 4.2.1 Microorganismos indicadores

Las propiedades y la importancia de las bacterias indicadoras fecales comúnmente utilizadas se describen pormenorizadamente en el volumen 1; aquí se presenta solamente un resumen.

*Escherichia coli* es un miembro de la familia de las enterobacteriáceas, y se caracteriza por la posesión de las enzimas  $\beta$ -galactosidasa y  $\beta$ -glucuronidasa. Se desarrolla a 44–45 °C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol con producción de ácido y gas, y produce indol a partir de triptófano. Sin embargo, algunas cepas pueden desarrollarse a 37 °C pero no a 44–45 °C, y algunas no producen gas. *E. coli* no produce oxidasa ni hidroliza la urea. La identificación completa del microorganismo es demasiado complicada para la práctica corriente, pero se han perfeccionado algunas pruebas que permiten una identificación rápida y fiable. Algunos de estos métodos se han estandarizado en los planos internacional y nacional y han sido aceptados para los usos corrientes; otros métodos están en vías de perfeccionamiento o de evaluación.

*Escherichia coli* abunda en las heces humanas y animales; en las heces frescas puede alcanzar concentraciones de  $10^9$  por gramo. Se encuentra en las aguas residuales, los efluentes tratados y todas las aguas naturales y los suelos sujetos a una contaminación fecal reciente, de origen humano, de animales salvajes o de actividades agrícolas. Recientemente se ha sugerido que *E. coli* puede estar presente y hasta multiplicarse en aguas tropicales no sujetas a contaminación fecal humana. Sin embargo, la contaminación fecal por animales salvajes, incluidas las aves, nunca se puede excluir, ni siquiera en las regiones más remotas. Dado que los animales pueden transmitir gérmenes patógenos que son infecciosos para los seres humanos, la presencia de *E. coli* o de bacterias coliformes termotolerantes no se debe ignorar, ya que persiste la presunción de que el agua ha sido contaminada fecalmente y el tratamiento ha sido ineficaz.

### **Bacterias coliformes termotolerantes**

Las bacterias coliformes termotolerantes son los microorganismos coliformes capaces de fermentar la lactosa a 44–45 °C; el grupo incluye el género *Escherichia* y algunas especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes termotolerantes distintos de *E. coli* pueden originarse en aguas enriquecidas orgánicamente tales como los efluentes industriales o en materiales vegetales en descomposición y suelos. Por esta razón, el término «fecales» aplicado a estos coliformes, aunque se emplea con frecuencia, no es correcto, y su uso debe abandonarse.

El nuevo crecimiento de microorganismos coliformes termotolerantes en el sistema de distribución no es probable, a menos que estén presentes nutrientes bacterianos suficientes, que materiales inadecuados estén en contacto con el agua, que la temperatura de ésta sea superior a los 13 °C y que no haya cloro residual libre.

En la mayoría de las circunstancias, las concentraciones de coliformes termotolerantes guardan una relación directa con las de *E. coli*. Por esto su empleo en la evaluación de la calidad del agua se considera aceptable para los usos corrientes, pero en el momento de interpretar los datos hay que tener siempre presentes sus limitaciones en cuanto a la especificidad. Si se observan altos recuentos de coliformes termotolerantes en ausencia de riesgos detectables para la salud, deberán llevarse a cabo análisis confirmatorios adicionales, específicos para *E. coli*. Se aconseja a los laboratorios nacionales de referencia que desarrollan métodos nacionales estándar que examinen la especificidad de la prueba de coliformes termotolerantes para *E. coli* en las condiciones locales.

Los microorganismos coliformes termotolerantes, por el hecho de ser fáciles de detectar, desempeñan un importante papel secundario como indicadores de la eficiencia de los procedimientos de tratamiento del agua para la eliminación de las bacterias fecales. Pueden utilizarse, pues, para evaluar el grado de tratamiento necesario en aguas de calidad diferente y para definir metas de rendimiento en la eliminación de las bacterias.

### **Microorganismos coliformes (coliformes totales)**

Desde hace largo tiempo, los microorganismos coliformes han sido considerados como un indicador microbiano apropiado de la calidad del agua potable, en gran parte porque son fáciles de detectar y de enumerar en el agua. El término «microorganismos coliformes» se aplica a las bacterias Gram-negativas, de forma de bastoncillo, capaces de desarrollarse en presencia de sales de la bilis u otros agentes tensioactivos con propiedades análogas como inhibidores del crecimiento y capaces de fermentar la lactosa a 35–37 °C con producción de ácido, gas y aldehído en el plazo de 24–48 horas. También son oxidasa-negativos y no forman esporas y muestran actividad de β-galactosidasa.

Tradicionalmente, las bacterias coliformes han venido siendo consideradas como pertenecientes a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y

*Klebsiella*. Sin embargo, según los métodos taxonómicos modernos, el grupo es heterogéneo. Incluye bacterias fermentadoras de la lactosa, tales como *Enterobacter cloacae* y *Citrobacter freundii*, que pueden encontrarse tanto en las heces como en el medio ambiente (aguas ricas en nutrientes, suelo, materia vegetal en descomposición) así como en el agua de beber con concentraciones relativamente altas de nutrientes, y otras especies que raramente, o nunca, se encuentran en las heces y pueden multiplicarse en aguas potables de una calidad relativamente buena, por ejemplo, *Serratia fonticola*, *Rabnella aquatilis* y *Buttiauxella agrestis*.

La existencia de bacterias tanto fecales como no fecales que encajan en la definición de bacteria coliforme y de bacteria coliforme lactosa-negativa limita la posibilidad de aplicar este grupo como indicador de contaminación fecal. En los abastecimientos de agua tratada no deben encontrarse bacterias coliformes, y si se las encuentra constituyen un indicio de tratamiento insuficiente, contaminación posterior al tratamiento o presencia excesiva de nutrientes. Así pues, la prueba de coliformes se puede utilizar como indicador tanto de la eficacia del tratamiento como de la integridad del sistema de distribución. Aunque es posible que los microorganismos coliformes no siempre estén directamente relacionados con la presencia de contaminación fecal o de agentes patógenos en el agua de beber, la prueba de coliformes sigue siendo útil para vigilar la calidad microbiana de los abastecimientos de agua canalizada sujetos a tratamiento. Si existe alguna duda, en particular cuando se encuentran microorganismos coliformes en ausencia de coliformes termotolerantes y de *E. coli*, se puede emprender una identificación a nivel de especie o practicar análisis en busca de otros microorganismos indicadores para investigar la índole de la contaminación. También se deberán practicar inspecciones sanitarias.

### **Estreptococos fecales**

Los estreptococos fecales son los estreptococos generalmente presentes en las heces de los seres humanos y de los animales. Todos poseen el antígeno de grupo D de Lancefield. Taxonómicamente, pertenecen a los géneros *Enterococcus* y *Streptococcus*. En la taxonomía de los enterococos se han introducido recientemente cambios importantes, y se carece de conocimientos pormenorizados sobre la ecología de muchas de las nuevas especies; actualmente, el género *Enterococcus* incluye todos los estreptococos que comparten ciertas propiedades bioquímicas y presentan una amplia tolerancia frente a las condiciones de crecimiento adversas – *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. cecorum*, *E. durans*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. gallinarum*, *E. hirae*, *E. malodoratus*, *E. mundtii* y *E. solitarius*. La mayoría de estas especies son de origen fecal y, en general, pueden ser considerados en la práctica como indicadores específicos de contaminación fecal humana. Sin embargo, es posible aislarlos en heces de animales, y algunas especies y subespecies, tales como *E. casseliflavus*, *E. faecalis* var. *liquefaciens*, *E. malodoratus* y *E. solitarius*, se encuentran primordialmente en material vegetal.

En el género *Streptococcus*, sólo *S. bovis* y *S. equinus* poseen el antígeno de grupo D y, por consiguiente, pertenecen al grupo de estreptococos

fecales. Derivan principalmente de heces animales. Los estreptococos fecales raramente se multiplican en el agua contaminada y son más persistentes que *E. coli* y las bacterias coliformes. Su valor principal en el examen de la calidad del agua es, pues, como indicadores adicionales de la eficiencia del tratamiento. Además, los estreptococos son muy resistentes al secado y pueden ser valiosos para los controles corrientes después del tendido de nuevas cañerías maestras o cuando se reparan los sistemas de distribución, o para detectar la contaminación de las aguas subterráneas o de la agua de superficie por las escorrentías.

#### 4.2.2 Principales técnicas de análisis

La estandarización de los métodos y los procedimientos de laboratorio es importante. Los métodos estándar internacionales se deben evaluar bajo las condiciones locales antes de que los programas nacionales de vigilancia los adopten oficialmente. En la Bibliografía complementaria figura una lista de métodos estándar de la ISO. Los métodos descritos en los anexos de la presente publicación están basados en estos métodos estándar de la ISO, modificados cuando está indicado a la luz de la experiencia en la vigilancia de los abastecimientos de agua para las comunidades.

Los principales métodos utilizados para aislar los microorganismos indicadores presentes en el agua son el método de filtración con membrana (FM), el de tubos múltiples (TM) o el método del número más probable (NMP), así como las pruebas de presencia-ausencia.

##### **Método de filtración con membrana**

En el método de filtración con membrana (FM), se introduce asépticamente un volumen mínimo de 10 ml de la muestra (o dilución de la muestra) en un aparato de filtración esterilizado o debidamente desinfectado que contiene un filtro de membrana esterilizado (tamaño nominal del poro, 0,2 ó 0,45  $\mu\text{m}$ ). Se aplica el vacío y la muestra pasa a través del filtro de membrana. Todos los microorganismos indicadores quedan retenidos en la superficie o el interior del filtro, que se transfiere luego a un medio de cultivo selectivo adecuado en un platillo de Petri. Después de un periodo de reanimación durante el cual las bacterias de aclimatan a las nuevas condiciones, el platillo de Petri se introduce en una incubadora a la temperatura selectiva apropiada, donde se incuba durante el tiempo adecuado para permitir la reproducción de los microorganismos indicadores. Se forman colonias visualmente identificables, se procede a su recuento, y los resultados se expresan en números de «unidades formadoras de colonias» (UFC) por 100 ml de la muestra original.

Esta técnica no es apropiada para las aguas con un nivel de turbiedad capaz de taponar el filtro antes de que haya pasado a través del mismo un volumen de agua suficiente. Cuando es necesario operar con muestras de pequeño volumen

**Cuadro 4.3 Volúmenes corrientes de las muestras para los análisis por filtración con membrana**

Tipo de muestra	Volumen de la muestra (ml)
Agua de beber tratada	100
Agua de beber parcialmente tratada	10-100
Agua de fuente protegida o agua subterránea	10-100
Agua de superficie y agua de pozos abiertos	0,1-100 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Los volúmenes de menos de 10 ml deben verse en el aparato de filtración después de la adición de por lo menos 10 ml de diluyente estéril para asegurar una dispersión suficiente por toda la superficie del filtro de membrana.

(menos de 10 ml), debe utilizarse un volumen adecuado de diluyente esterilizado para dispersar la muestra antes de su filtración y asegurarse de que pasa de manera uniforme y regular a través de toda la superficie del filtro de membrana. En algunos países, los filtros de membrana pueden resultar costosos.

En el cuadro 4.3 figuran los volúmenes de muestra corrientes para los diferentes tipos de agua. Si se desconoce totalmente la calidad del agua, puede ser aconsejable analizar dos o más volúmenes para conseguir que el número de colonias formadas en la membrana se encuentre en el nivel óptimo para su recuento (de 20 a 80 colonias por membrana).

### **Método de los tubos múltiples**

El método de los tubos múltiples es designado también con el nombre de método del número más probable (NMP) porque – a diferencia del método FM – está basado en una evaluación indirecta de la densidad microbiana en la muestra de agua con referencia a los cuadros estadísticos para determinar el número más probable de microorganismos presentes en la muestra original. Este método es indispensable para el análisis de las muestras muy turbias, que no se pueden analizar mediante el método de filtración con membrana. La técnica se aplica extensamente en los análisis del agua de beber, pero su aplicación lleva mucho tiempo y requiere más equipo, vidrio de laboratorio y otros materiales consumibles que la filtración con membrana. Por otra parte, el método de los tubos múltiples puede ser más preciso que el de filtración con membrana.

El método de los tubos múltiples se basa en el análisis por separado de varios volúmenes de la misma muestra. Cada volumen se mezcla con un medio de cultivo y se incuba. La concentración de microorganismos en la muestra original puede estimarse luego a partir de los diversos resultados positivos (número de tubos de cada serie de volúmenes que muestren crecimiento) mediante los cuadros estadísticos que dan el «número más probable» por 100 ml de la muestra original,

**Cuadro 4.4 Volúmenes corrientes de las muestras y número de tubos para el método de los tubos múltiples**

Tipo de muestra	Número de tubos por volumen de la muestra				
	50 ml	10 ml	1 ml	0,1 ml	0,01 ml <sup>a</sup>
Agua potable tratada	1	5	—	—	—
Agua potable parcialmente tratada	—	5	5	5	—
Agua de fuente protegida o agua subterránea	—	5	5	5	—
Agua de superficie o agua de pozos abiertos	—	—	5	5	5

<sup>a</sup> Los volúmenes de 0,1 y 0,01 ml se tratan mediante la adición de 1 ml de una muestra de dilución al 1/10 y al 1/100 respectivamente, a 10 ml de un medio de cultivo de fuerza simple.

La combinación de volúmenes de la muestra que se analizarán se decide según el tipo de agua de la muestra o el grado de contaminación conocido. Cabe utilizar diferentes combinaciones y cuadros; los volúmenes y diluciones corrientes se resumen en el cuadro 4.4.

Se añaden asépticamente volúmenes de agua apropiados a tubos u otros recipientes que contengan un medio nutriente esterilizado de una concentración tal que se consiga que la mezcla corresponda a un medio de potencia única. Por ejemplo, 10 ml de la muestra se añadirán a 10 ml de medio de doble potencia o 1 ml de la muestra a 10 ml de medio de potencia única y así sucesivamente. El tubo debe contener además un pequeño tubo de vidrio invertido (tubo de Durham) para facilitar la detección de la producción de gas. El crecimiento en el medio viene confirmado por una turbiedad visible y/o un cambio de color. Los tubos se incuban sin previa reanimación, y se toma nota del número de reacciones positivas al cabo de 24 y/o 48 horas, según el tipo de análisis.

### **Pruebas de presencia-ausencia**

Las pruebas de presencia-ausencia pueden ser apropiadas para la vigilancia del agua potable de buena calidad cuando se sabe que los resultados positivos son raros. No son pruebas cuantitativas, y, como su nombre indica, sólo revelan la presencia o ausencia del indicador buscado. Estos resultados son de muy poca utilidad en los países o las situaciones en que la contaminación es común; en tales casos los análisis se practican para determinar el grado de contaminación y no para averiguar si hay o no contaminación. Así pues, la práctica de las pruebas de presencia-ausencia no se recomienda para el análisis de las aguas de superficie, de los abastecimientos para pequeñas comunidades no tratados ni para abastecimientos de agua más importantes en los que puede haber dificultades ocasionales de funcionamiento y mantenimiento.

### 4.2.3 Elección de los métodos

Con mucha frecuencia la elección entre el método de los tubos múltiples y el de filtración con membrana dependerá de algunos factores nacionales o locales, por ejemplo, el equipo de que ya se dispone o el costo de ciertos materiales consumibles. Para poder elegir hay que sopesar las ventajas y los inconvenientes de cada método, que se resumen en el cuadro 4.5. La red esquemática para la adopción de decisiones que se presenta en la figura 4.3 ayudará a seleccionar el procedimiento y el método. La finalidad de este diagrama es, simplemente, aportar sugerencias para el enfoque que habrá de utilizarse; las circunstancias locales o de otra clase influirán también en la decisión final.

### 4.2.4 Reducción al mínimo del costo de los análisis

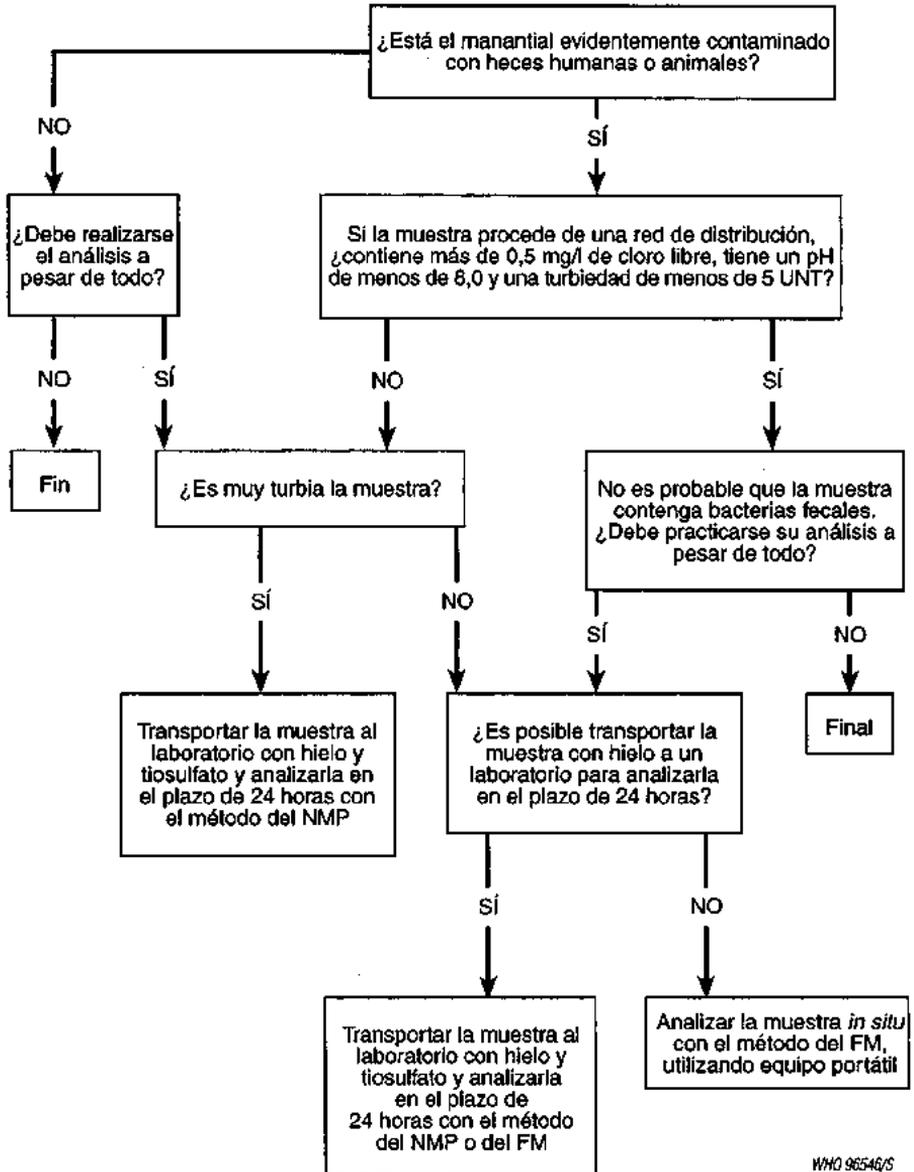
En algunos casos está muy claro que hay contaminación fecal (por ejemplo, en la zona inmediata, aguas abajo, de la descarga de una alcantarilla) o que la contaminación es muy poco probable (por ejemplo, en una red de distribución con un residuo de cloro libre de más de 0,5 mg/litro, una turbiedad de menos de 1 UNT y un pH de menos de 8,0). En estos casos puede considerarse innecesario el análisis microbiológico. Esta decisión puede no ser apropiada, sin embargo, en ciertas condiciones, por ejemplo cuando la ejecución del análisis es legalmente obligatoria, o cuando la acción legal que pueda aplicarse depende de los resultados de un análisis microbiológico del agua.

**Cuadro 4.5 Comparación entre los métodos de análisis para detectar bacterias coliformes**

<b>Método del número más probable</b>	<b>Método de filtración con membrana</b>
Más lento: requiere 48 horas para un resultado negativo o presunto positivo	Más rápido: resultados cuantitativos en unas 18 horas
Más mano de obra	Menos mano de obra
Requiere más medio de cultivo	Requiere menos medio de cultivo
Requiere más material de vidrio	Requiere menos material de vidrio
Más sensible	Menos sensible
Resultado obtenido indirectamente por aproximación estadística (poca precisión)	Resultado obtenido directamente por recuento de colonias (gran precisión)
Difícilmente adaptable para su empleo sobre el terreno	Fácilmente adaptable para su empleo sobre el terreno
Aplicable a todos los tipos de agua	No aplicable a las aguas turbias
Consumibles fáciles de obtener en la mayoría de los países	Consumibles costosos en muchos países
En algunas circunstancias puede rendir una mejor recuperación de los microorganismos estresados o dañados	

**Fig. 4.3 Red para la adopción de decisiones sobre selección de los métodos de análisis**

*Nota:* A veces los análisis son necesarios a causa de determinadas circunstancias locales, por ejemplo, cuando la legislación hace obligatorio el análisis, o cuando cabe aplicar una acción legal sobre la base de los resultados analíticos.



WHO 96546/S

La omisión de los análisis microbiológicos en las condiciones apropiadas antes mencionadas puede contribuir a reducir los costos. También puede hacer posible que se investigue un número suficiente de muestras en otros lugares donde los recursos disponibles para análisis son insuficientes para llevar a cabo el número recomendado de análisis microbiológicos.

#### 4.2.5 Pruebas de laboratorio o pruebas *in situ*

Los análisis de la calidad del agua en las comunidades pueden estar sujetos a los problemas siguientes, en particular cuando las comunidades o los lugares de muestreo son remotos o inaccesibles:

- la deterioración de las muestras durante el transporte a las instalaciones de un laboratorio central;
- el elevado costo del transporte de las muestras;
- las técnicas inadecuadas para el almacenamiento y la conservación de las muestras durante un transporte prolongado, con lo que se limita el número de muestras útiles;
- un aumento de los costos de personal a causa de la necesidad de repetidas expediciones de muestreo;
- la necesidad de informar, que puede requerir nuevos viajes de retorno.

Si se producen demoras en el transporte y el análisis de las muestras – y, por ende, en el envío de los correspondientes informes –, es probable que también las medidas correctivas de retrasen. Por todas estas razones, en muchas zonas remotas resultan apropiados los análisis de agua *in situ* mediante el uso de equipo portátil. En muchos países en desarrollo se utiliza equipo de esta clase, cuyo uso contribuye a superar cierto número de limitaciones logísticas y financieras. Sin embargo, sus especificaciones técnicas presentan grandes variaciones, con inclusión de la diversidad de análisis que se pueden realizar, la diversidad de métodos empleados, su robustez, el grado de independencia respecto de las instalaciones del laboratorio central, su portabilidad y sus necesidades en cuanto a materiales consumibles.

El equipo de análisis portátil puede ser útil igualmente para los organismos que ejecutan la vigilancia de proyectos en más de una zona y de manera no sistemática, y, por consiguiente, prefieren utilizar esta clase de equipo en lugar de establecer un laboratorio del tipo tradicional. Por distintas razones – entre las cuales figuran las que se mencionan a continuación – el equipo portátil puede ser utilizado también en los laboratorios tradicionales en lugar del equipo normal de laboratorio, en particular cuando el número de análisis que se deben practicar a diario es relativamente bajo.

- La independencia respecto de las fuentes de energía (fiables). Hay varios tipos de equipo portátil que llevan incorporada una batería recargable o pueden conectarse a una batería externa. En los lugares donde el suministro de energía es poco fiable (por fluctuaciones del voltaje o intermitencias en el suministro), el uso de baterías puede presentar ventajas.

- El costo. Una comparación de los costos del equipo portátil – aun teniendo en cuenta el necesario equipo de apoyo –, puede poner de manifiesto que resulta más económico suministrar a los laboratorios periféricos o descentralizados equipo de análisis portátil que el equipo propio de los laboratorios tradicionales.
- Facilidad de uso. El equipo portátil suele estar diseñado de modo que pueda utilizarlo personal poco adiestrado en las técnicas de laboratorio, y por esta razón suele ser fácil de usar. Sin embargo, ello no quiere decir que no sea necesario dar adiestramiento adecuado al personal, en particular porque puede haber equipos portátiles que no se suministren acompañados de manuales claros y bien ilustrados, redactados en el idioma de los usuarios.

El uso de equipo portátil en los laboratorios tradicionales presenta por otra parte algunos inconvenientes, incluidas las limitaciones en cuanto a las especificaciones técnicas. Aunque no siempre es este el caso, la necesidad de fabricar el equipo de manera que resulte portátil puede hacer que resulte menos preciso y sensible que el equipo de laboratorio. Además, mientras que algunos tipos de equipo portátil contribuyen a reducir la dependencia en cuanto a materiales consumibles que pueden ser difíciles de obtener en muchos países (por ejemplo, empleando platillos de Petri de aluminio que se pueden volver a utilizar en lugar de los desechables de plástico o los de vidrio frágil), otros por el contrario aumentan el grado de dependencia porque en ellos se utiliza material de vidrio especial, y, en particular, material consumible (por ejemplo, medios de cultivo microbiológico en ampollas y reactivos pesados previamente para los análisis químicos). Estos materiales son siempre más costosos que los materiales consumibles de laboratorio corrientes, y sólo los puede suministrar el fabricante del equipo portátil. La independencia en materia de materiales consumibles especiales es de particular importancia en cuanto a algunos reactivos y medios de cultivo microbiológico; los medios líquidos ya preparados para su empleo y suministrados en ampollas eliminan errores pero tienen un tiempo de conservación limitado. Ello reviste particular importancia en los países en desarrollo, donde las demoras en la importación, la variabilidad de la demanda y los problemas de transporte pueden reducir gravemente el tiempo de conservación que resta. En estas condiciones, es preferible suministrar medios deshidratados – si es posible, en cantidades pesadas previamente – con un tiempo de conservación relativamente largo.

El uso de equipo de análisis portátil puede obedecer a la voluntad de descentralización de las instalaciones de ensayo. Sea o no este el caso, generalmente significa que en un gran número de lugares diferentes se practica un corto número de análisis, lo cual tiene importantes repercusiones en la formación:

- El número de personas que llevan a cabo análisis será mayor y en consecuencia también serán mayores las necesidades de formación.
- El personal que utilizará el equipo (y que, en consecuencia, debe ser adiestrado) no trabajará en la capital sino en zonas relativamente remotas, lejos de los centros de formación.

- Es menos probable que este personal haya recibido una buena formación inicial en técnicas de laboratorio.

Así pues, cuando se contempla la posibilidad de descentralizar los análisis de la calidad del agua hay que tener en cuenta que las necesidades de formación serán mayores, contrariamente a la idea popular de que para utilizar un equipo de análisis portátil y «simplificado» será necesario muy poco adiestramiento adicional. Muchos de los beneficios que se esperan de la descentralización de los análisis de la calidad del agua es poco probable que se consigan si no se dedican recursos suficientes a la formación.

#### 4.2.6 Estuches de ensayo de un solo uso (desechables)

Los estuches de ensayo desechables se han comercializado ampliamente y se utilizan cada vez más en los países desarrollados. Su fiabilidad puede variar mucho, y es necesario que un laboratorio de referencia los evalúe de manera apropiada. En los países en desarrollo, el uso de estuches desechables presenta otros inconvenientes: el costo, que ya es alto en los países desarrollados y posiblemente más alto todavía en los países en desarrollo, de modo que las economías realizadas en los costos de personal resultan anuladas en los países en desarrollo por el costo de esos estuches.

### 4.3 Análisis fisicoquímico

#### 4.3.1 Cloro residual

La desinfección de los abastecimientos de agua potable constituye una barrera importante contra las enfermedades de transmisión hídrica. Aunque cabe utilizar diversos desinfectantes, el cloro, en una forma u otra, es el principal agente desinfectante empleado en las comunidades pequeñas de la mayoría de los países.

El cloro ofrece varias ventajas como desinfectante, entre ellas su baratura relativa, su eficacia y la facilidad de su medición, tanto en los laboratorios como sobre el terreno. Otra ventaja importante con respecto a otros desinfectantes es que el cloro deja un residuo desinfectante que contribuye a prevenir la nueva contaminación durante la distribución, el transporte y el almacenamiento del agua en el hogar. En ciertas circunstancias, la ausencia de cloro residual en el sistema de distribución puede indicar la posibilidad de una contaminación ulterior al tratamiento.

Se pueden medir tres tipos de cloro residual: *cloro libre* (las especies más reactivas, es decir, el ácido hipocloroso y el ion de hipoclorito); *cloro combinado* (las especies menos reactivas pero más persistentes, formadas por la reacción de las especies de cloro libre con material orgánico y amoníaco); y *cloro total* (la suma de los residuos de cloro libre y cloro combinado). El cloro libre es inestable en solución acuosa, y el contenido de cloro de las muestras de agua puede disminuir

rápidamente, en particular a temperaturas cálidas. La exposición a la luz fuerte o la agitación acelerará la pérdida de cloro libre. Por consiguiente, cuando se trata de determinar la concentración de cloro libre, las muestras de agua se deben analizar inmediatamente después de tomarlas y en ningún caso almacenarlas para su análisis ulterior.

En el método recomendado para el análisis del cloro residual en el agua de beber se emplea *N,N*-dietil-*p*-fenilenediamina, más comúnmente denominada DFD. En otro tiempo se recomendaban métodos en los que se empleaba *o*-tolidina, pero esta sustancia es carcinógena, y el método es poco preciso, por lo que no se debe utilizar. El análisis en el que se emplea yoduro de potasio de almidón no es específico para el cloro libre, sino que mide directamente el total de cloro libre y combinado; el método no se recomienda excepto en los países donde es imposible obtener o preparar DFD.

Los procedimientos para la determinación del cloro libre residual se describen en el anexo 9.

### 4.3.2 pH

Es importante medir el pH al mismo tiempo que el cloro residual ya que la eficacia de la desinfección con cloro depende en alto grado del pH: cuando el pH pasa de 8,0, la desinfección es menos eficaz. Para averiguar si el pH está en el grado óptimo para la desinfección con cloro (menos de 8,0), cabe realizar pruebas sencillas sobre el terreno utilizando comparadores como los empleados para el cloro residual. Con algunos comparadores del cloro es posible medir el pH y el cloro residual simultáneamente. En otro caso, existen electrodos y contadores del pH portátiles. Si éstos se emplean en el laboratorio, es necesario calibrarlos con patrones de pH frescos por lo menos una vez al día; en los trabajos sobre el terreno hay que calibrarlos inmediatamente antes de cada prueba. Si el agua tiene una capacidad tamponadora baja, los resultados pueden ser inexactos.

Los procedimientos para la medición del pH con un comparador se describen en el anexo 10.

### 4.3.3 Turbiedad

La turbiedad es importante porque influye tanto en la aceptabilidad del agua para los consumidores como en la selección y la eficiencia de los procesos de tratamiento, en particular la eficiencia de la desinfección con cloro puesto que ejerce una demanda de cloro y protege a los microorganismos, además de que puede estimular el desarrollo de bacterias.

En todos los procesos en los que se usa la desinfección, la turbiedad debe ser siempre baja, preferiblemente por debajo de 1 UNT o UTJ (estas unidades son intercambiables en la práctica). Se recomienda que para la desinfección del agua, la turbiedad se mantenga por debajo de las 5 UNT o UTJ; lo ideal es que su valor de promedio sea de menos de 1 UNT.

Dado que la turbiedad puede variar durante el transporte y el almacenamiento de las muestras, es necesario medirla *in situ* en el momento del muestreo. Para ello se pueden utilizar contadores electrónicos (que son indispensables para la medición de turbiedades de menos de 5 UNT). Para la vigilancia de los abastecimientos de agua de las comunidades pequeñas, sin embargo, no es indispensable un alto grado de precisión, y basta aplicar los métodos visuales de extinción, que permiten medir turbiedades de 5 UNT o más. Estos métodos se practican con un tipo de equipo resistente y económico, que no requiere el uso de baterías y es fácil de transportar sobre el terreno, por lo que son los que se suelen preferir.

Los procedimientos para medir la turbiedad sobre el terreno mediante un simple «tubo de turbiedad» se describen en el anexo 10.

### 4.4 Parámetros estéticos

Los parámetros estéticos son los que se pueden detectar mediante los sentidos, a saber, la turbiedad, el color, el sabor y el olor. Son importantes en la vigilancia de los abastecimientos de agua para las comunidades porque pueden provocar el rechazo del abastecimiento de agua y el recurso a otras fuentes (posiblemente de calidad inferior); por otra parte, estos parámetros son sencillos y su vigilancia cualitativa sobre el terreno es poco costosa.

#### 4.4.1 Color

En el agua de beber, el color puede deberse a la presencia de materias orgánicas coloreadas, por ejemplo, sustancias húmicas, de metales como el hierro y el manganeso, o de desechos industriales muy coloreados. El agua potable debe ser incolora. Para los fines de vigilancia de los abastecimientos de agua a las comunidades, es útil simplemente señalar la presencia o ausencia de color observable en el momento del muestreo. Los cambios de color del agua y la aparición de nuevos colores son indicadores de que es necesario emprender una nueva investigación.

#### 4.4.2 Sabor y olor

En el agua, los olores obedecen principalmente a la presencia de sustancias orgánicas. Algunos olores son indicativos de un aumento de la actividad biológica, mientras que otros pueden ser el resultado de una contaminación industrial. Las inspecciones sanitarias deben incluir siempre la investigación de las fuentes de olor, posibles o existentes, y en todos los casos se debe intentar corregir los problemas de olor. En cuanto a los problemas de sabor (que a veces se agrupan con los de olor) son generalmente la causa del mayor número de quejas del consumidor.

En general, las papilas gustatorias de la cavidad bucal detectan los compuestos inorgánicos de metales como el magnesio, el calcio, el sodio, el cobre, el hierro

y el cinc. El agua debe estar exenta de sabores y olores desagradables, para que no resulte repelente para la mayoría de los consumidores. Si el encargado del muestreo tiene razones para sospechar la presencia de contaminantes nocivos en el agua, es aconsejable no probarla ni tragarla directamente para comprobar su sabor. En estas circunstancias, hay que tomar una muestra para su investigación en un laboratorio central.

#### **4.5 Otros análisis de interés para la salud**

Aunque la gran mayoría de los problemas de calidad que se plantean en el agua de beber guardan relación con la contaminación fecal, hay un número considerable de otros problemas graves que pueden plantearse como resultado de la contaminación química de origen natural o artificial. Para averiguar si existe esta clase de problemas deben emprenderse análisis químicos. Sin embargo, tratar sistemáticamente de determinar una larga serie de parámetros resultaría muy costoso, en particular en el caso de abastecimientos destinados a un pequeño número de consumidores. Por fortuna, estos parámetros suelen ser menos variables en las aguas de fuente que la contaminación fecal, lo que permite aplicar otras estrategias.

Entre la serie de parámetros relacionados con la salud figuran los siguientes:

- fluoruro (donde se sabe que se le encuentra naturalmente)
- nitrato (donde la intensificación de la agricultura ha sido causa de la presencia de altas concentraciones en las aguas subterráneas)
- plomo (en las zonas en las que se han utilizado cañerías de este metal)
- cromo (por ejemplo, en las zonas donde hay minas de este metal)
- arsénico (en las zonas en las que se sabe que está presente naturalmente)
- plaguicidas (donde los usos y prácticas locales indican que es probable que se encuentren en altas concentraciones).

Si se piensa que estos productos químicos u otros de importancia para la salud pueden hallarse presentes, es necesario controlarlos y examinar los resultados de los análisis a la luz de los valores de las directrices de la OMS y de las normas nacionales relativas a estos productos, si existen (véanse los volúmenes 1 y 2).

Algunos parámetros relacionados con la salud pueden medirse en los abastecimientos a la comunidades mediante estuches de análisis portátiles basados en valoraciones convencionales, comparadores o fotómetros. En estos casos, los reactivos deben ser de gran calidad y cuidadosamente estandarizados. Otros parámetros requieren análisis de laboratorio por espectrofotometría, espectroscopia de absorción atómica o cromatografía, utilizando los métodos estándar.

#### **4.6 Vigilancia de la calidad de los análisis y control de calidad**

Los métodos estándar de análisis del agua de beber deben ensayarse en las condiciones locales para comprobar su exactitud y precisión, deben ser aceptados en el plano nacional y deben aplicarlos universalmente tanto los organismos de

abastecimiento de agua como los de reglamentación. Sin embargo, el empleo de métodos estándar no garantiza por sí mismo que se obtengan resultados fiables y precisos.

En el contexto de la labor analítica, los términos garantía de la calidad y control de calidad con frecuencia se usan como si fuesen sinónimos, cuando, en realidad, son conceptos diferentes.

El control de la calidad de los análisis es la obtención de datos con el fin de evaluar y comprobar la mayor o menor bondad de un método de análisis y hasta qué punto funciona satisfactoriamente. Ello se describe normalmente en términos de precisión dentro de un mismo día y entre un día y otro.

La garantía de la calidad analítica, en cambio, abarca todas las medidas adoptadas por un laboratorio para garantizar a quienes reciben los datos que el laboratorio está produciendo resultados válidos. Así pues, la garantía de la calidad incluye el control de la calidad analítica pero también muchos otros aspectos, tales como la aportación de la prueba de que las personas que realizaron un análisis eran competentes para hacerlo, y la garantía de que el laboratorio ha establecido y documentado los métodos de análisis, los procedimientos para la calibración del equipo, la jerarquía de responsabilidades, los sistemas de recuperación de datos, los procedimientos de tratamiento de las muestras, etc.

En el cuadro 4.6 figura una lista de comprobación para una garantía eficaz de la calidad de los análisis.

La garantía de la calidad tal como se aplica a los laboratorios corrientes es relativamente sencilla. También es importante en las pruebas sobre el terreno habida cuenta de las condiciones más severas en que tienen lugar y de la falta de especialización del personal responsable. Paradójicamente, pues, la garantía de la calidad reviste la mayor importancia en las circunstancias en que resulta más difícil. A continuación se enumeran las posibles soluciones del problema:

- Supervisión. Una red eficaz para las pruebas *in situ* no puede funcionar sin una supervisión adecuada, que debe abarcar todas las actividades de campo, incluidos los análisis de la calidad del agua. Ello contribuye a mantener un nivel suficiente de calidad de los análisis.
- Análisis de muestras en blanco. No es probable que el personal esté dispuesto a enviar informes desde el terreno que pongan en tela de juicio sus propias capacidades. Por otra parte, con frecuencia resulta poco práctico preparar, distribuir y recoger los resultados de muestras de control de la calidad conocidas, las cuales, de todos modos, serían objeto de un tratamiento especial sobre el terreno. Por consiguiente, otra estrategia posible consiste en invitar al personal a procesar de vez en cuando agua destilada estéril en lugar de la muestra. Si hay contaminación, los analistas deben reconocer entonces las deficiencias de su técnica y cuestionar en consecuencia su manera de operar. También cabe la posibilidad de tratar muestras de las que se sabe que están contaminadas a modo de control positivo bruto.
- Revisión del equipo. La decisión de descentralizar la práctica de ensayos mediante el uso de estuches para las pruebas sobre el terreno y otros tipos de

#### **Cuadro 4.6 Lista de comprobación para la garantía eficaz de la calidad de los análisis**

---

**¿Tiene el personal de laboratorio:**

- responsabilidades claramente definidas?
- calificaciones?
- experiencia?
- formación?

**¿Es el espacio:**

- suficiente para los tipos y el número de análisis que se llevan a cabo?

**¿Es el equipo:**

- suficiente?
- objeto de revisiones y mantenimiento periódicos?
- calibrado y utilizado sólo por personal autorizado?

**¿Se compran los materiales:**

- a un proveedor fiable, que lleva a cabo un control de calidad?

**¿Hay instalaciones apropiadas:**

- para la recepción y el almacenamiento de las muestras, y sistemas para su codificación e identificación?

**¿Son los datos:**

- archivados?
- recuperables?

**¿Son los métodos:**

- objeto de validación?
- documentados?
- controlados? (Es decir, ¿se someten los resultados a un control de la calidad analítica?)

**¿Está garantizada la seguridad mediante:**

- procedimientos adecuados de trabajo y de evacuación de los desechos?
  - la formación del personal?
  - el debido mantenimiento del equipo?
  - la oportuna supervisión del personal?
- 

equipo portátil conduce a la utilización de gran número de equipos de esta clase. La revisión periódica de este material (por ejemplo, la comprobación de la temperatura de las incubadoras) es indispensable. Para asegurar la estandarización, esta revisión debe correr a cargo del personal de supervisión de un laboratorio de control.

La aplicabilidad de los métodos en condiciones de campo debe ser evaluada por un laboratorio central.

## **4.7 Seguridad**

La seguridad del personal que tiene a su cargo los procedimientos analíticos, tanto sobre el terreno como en el laboratorio, es de la mayor importancia. Todo el personal debe recibir adiestramiento en los procedimientos de seguridad aplicables a su labor. En el laboratorio, sólo se puede autorizar a los miembros del personal

a aplicar procedimientos que entrañen un riesgo, de cualquier tipo que sea, después de que hayan recibido formación apropiada para el caso; no debe permitirse al personal no autorizado que lleve a cabo análisis.

Todos los laboratorios deben formular y aplicar una política de seguridad que incluya los siguientes aspectos: limpieza, desinfección y control de las sustancias peligrosas. El equipo de seguridad, por ejemplo extintores, vidrio de seguridad y botiquines deben estar situados en lugares adecuados y fácilmente asequibles; se debe comprobar periódicamente si este equipo está en buen estado de funcionamiento, y adiestrar a todo el personal en su manejo.

# 5.

## Análisis e interpretación de los datos

### 5.1 Introducción

El objetivo de la vigilancia no es solamente recoger y cotejar información sino también contribuir a la protección de la salud pública promoviendo el mejoramiento de los abastecimientos de agua en cuanto a su calidad, cantidad, cobertura, costo y continuidad.

Está claro que la finalidad de los programas de vigilancia es generar datos que permitan optimizar las actividades y las inversiones necesarias para mejorar los abastecimientos de agua potable. En consecuencia, el análisis y la interpretación de estos datos son componentes fundamentales del proceso de vigilancia.

### 5.2 Resultados de las encuestas en la comunidad

#### 5.2.1 Evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua

Como se señala a grandes rasgos en el capítulo 1, la evaluación de los abastecimientos de agua a las comunidades requiere la consideración de cierto número de factores cuantitativos. La índole cuantitativa de la evaluación permite comparar de manera significativa los sistemas, y contribuye a la asignación de prioridades relativas en el mejoramiento de los que lo necesitan. Los indicadores más comúnmente usados para evaluar los abastecimientos de agua a las comunidades son la *calidad*, la *cantidad*, la *cobertura*, el *costo* y la *continuidad*, tal como se indica en el capítulo 1. A continuación se examina cada uno de estos indicadores en el contexto del análisis y la interpretación de los datos generados durante las actividades de vigilancia.

#### **Calidad**

La meta en lo que atañe a la calidad debe ser la observancia de las normas nacionales, las cuales, a su vez, deben estar basadas en los criterios de salud fijados en el volumen 1. La calidad del agua se evalúa mediante las inspecciones de saneamiento y las mediciones analíticas apropiadas, que se examinan pormenorizadamente en las secciones 5.3 y 5.4 respectivamente.

## **Cantidad**

Las estimaciones del volumen de agua necesario para los fines de salud presentan grandes variaciones. Se admite que el consumo diario de agua potable por habitante es de unos dos litros, pero esta cifra varía según los países. Sin embargo, aquí no se tiene en cuenta el agua necesaria para la higiene personal y la doméstica, que también son importantes para el mantenimiento y el mejoramiento de la salud pública. En las zonas rurales, el consumo diario para estos fines varía mucho; en las zonas urbanas, con sistemas de distribución conectados a las viviendas, puede exceder de 100 litros diarios por habitante.

Las mediciones del volumen de agua recogida o suministrada para fines domésticos pueden utilizarse como indicadores básicos de la higiene. Algunas autoridades fijan un valor orientativo de 50 litros diarios por habitante, pero este cálculo se basa en el supuesto de que el lavado personal y de la ropa tiene lugar en el hogar; cuando no es este el caso, pueden ser aceptables cifras más bajas.

En el análisis de las cifras de conjunto del agua que entra en los sistemas de distribución canalizados hay que tener presente que:

- Las cifras serán promedios, y el consumo en los diferentes hogares puede variar mucho, por ejemplo, en función de la situación socioeconómica.
- Las pérdidas pueden contribuir considerablemente al consumo aparente.
- Aun un solo hogar que use agua canalizada para el riego o con fines comerciales puede influir considerablemente en el consumo aparente, en el marco de un abastecimiento de agua para una comunidad.
- El flujo de agua que entra en el sistema de distribución durante el día no representa necesariamente la entrada sostenida del mismo flujo durante las 24 horas, y en algunas horas del día el volumen de agua que entra en exceso y se pierde por el rebosadero puede ser considerable.

## **Cobertura**

Desde el punto de vista de la salud pública, el porcentaje de la población abastecida de agua potable – la cobertura – es por sí solo el indicador más importante del buen funcionamiento general de un programa de abastecimiento de agua. Desde el punto de vista del organismo abastecedor de agua, la cobertura se expresa como el porcentaje de la población total abastecida; puede subdividirse en la población abastecida por conexiones domésticas, mediante fuentes públicas, o mediante fuentes puntuales, tales como pozos y manantiales.

Sin embargo, incumbe al organismo de vigilancia una responsabilidad en cuanto a los aspectos de salud pública del abastecimiento de agua a toda la población. Es indispensable, pues, que el organismo lleve a cabo encuestas más amplias sobre los diversos medios por los cuales se suministra agua potable a la población, sobre la población que se estima abastecida por cada uno de esos medios de suministro, y sobre el riesgo relativo para la salud asociado a cada uno de ellos. Esta información debe ser transmitida oficialmente a las autoridades

nacionales de planificación y utilizada como guía en los programas de abastecimiento de agua y las estrategias de financiación.

## **Costo**

El costo puede ser un factor importante entre los que influyen en el acceso al agua, y es particularmente importante en las zonas periurbanas donde el agua se compra a vendedores especializados. En los lugares donde esta agua es la única de que se puede disponer para la higiene personal y la doméstica, los efectos adversos de los costos altos en la salud pública son proporcionalmente mayores. En estas circunstancias es muy corriente que las cantidades que pagan las distintas familias por el agua que compran sean suficientes, en conjunto, para financiar la construcción o la ampliación de un sistema de abastecimiento de agua canalizado que podría satisfacer las necesidades de salud pública. Así pues, la información sobre el costo por familia es importante para los fines de planificación nacional y regional.

El costo también es importante en los abastecimientos de agua a la comunidad cuando la capacidad local para financiar el funcionamiento y el mantenimiento es limitada, en particular si se ha empleado una tecnología inapropiada. En los casos en que el organismo de vigilancia identifica problemas de este tipo, es vital que las estructuras nacionales y regionales de planificación sean informadas, para evitar que la situación se repita y para que se preste apoyo suficiente para el funcionamiento y el mantenimiento.

La recuperación del costo es indispensable para que un abastecimiento de agua sea sostenible; para ello es necesaria una estructura de tarifas racionales. Las tarifas deben cobrarse y utilizarse para los fines propuestos. Los consumidores se resisten a pagar por un servicio deficiente, y esto puede complicar el problema. Cabe aplicar distintas formas de recuperación del costo, incluidos los contadores, tasas uniformes para el uso doméstico, y cargas relacionadas con el tamaño o el valor de la finca. El sistema de contadores suele ser el más aplicado, pero puede tropezar con la resistencia de los consumidores, y la instalación de los contadores, la lectura de los mismos y el cobro de los recibos pueden resultar costosos.

## **Continuidad**

En el análisis de los datos sobre la continuidad de los suministros hay que tener en cuenta dos componentes: la continuidad diaria y la estacional. La continuidad se puede clasificar como sigue:

- servicio durante todo el año, de una fuente segura, sin interrupciones del suministro en el grifo;
- servicio durante todo el año, con variación diaria, cuyas causas más comunes son las siguientes:
  - horarios de bombeo restringidos en los sistemas de bombeo, según un plan previsto o por cortes de energía;

- picos en la demanda que exceden de la capacidad de las conducciones o del depósito;
- variación estacional del servicio como resultado de la fluctuación de los caudales, que puede obedecer a alguna de las causas siguientes:
  - variación natural del volumen de los caudales durante el año;
  - limitación del volumen debida a la utilización de una parte del agua para otros usos, por ejemplo el riego;
  - periodos de gran turbiedad durante los cuales puede ser imposible tratar el agua;
- combinación de la discontinuidad diaria y la anual.

Esta clasificación corresponde a unas categorías generales de continuidad, que es probable que influyan en la higiene de diferentes maneras. Así, la discontinuidad diaria da lugar a una disminución de la presión del agua y al riesgo consiguiente de contaminación en las conducciones o cañerías, lo que puede resultar peligroso en el caso de los abastecimientos de agua a la comunidad no sujetos a cloración. Entre otras consecuencias figura una menor disponibilidad y el uso de un menor volumen de agua, lo que influye adversamente en los hábitos de higiene. Puede resultar necesario almacenar agua en el hogar, lo que puede dar lugar a un aumento del riesgo de contaminación asociado a esta forma de almacenamiento y a la manipulación consiguiente del agua almacenada. En cuanto a la discontinuidad estacional, con frecuencia obliga a los usuarios a obtener agua de fuentes inferiores y distantes. Como consecuencia de ello, además de la obvia reducción de la calidad y la cantidad, hay una pérdida de tiempo asociada a la necesidad de ir a por agua con cierta regularidad.

### 5.2.2 Prácticas de higiene

Parte de la información generada por la vigilancia será de interés en relación con la educación en materia de higiene (véase el capítulo 7). Hay cuatro tipos de información que son útiles a este respecto y que se pueden obtener fácilmente, a saber:

- *Zonas en las que la educación en materia de higiene es más necesaria.* Pueden ser las zonas donde el agua es de mala calidad, o donde el abastecimiento no es continuo, lo que hace necesario el almacenamiento de agua en el hogar.
- *Las instalaciones disponibles para la educación en materia de higiene.* La existencia de una escuela, de organizaciones comunitarias, de un puesto de salud o de otro tipo de centro de la comunidad puede facilitar la labor de los educadores de higiene.
- *Información sobre el comportamiento.* Esta información se puede obtener mediante la simple observación; la observación de las prácticas en materia de almacenamiento doméstico del agua, por ejemplo, puede revelar que el agua se almacena en contenedores abiertos o cerrados y que se extrae de los mismos haciendo cazoleta con las manos, por medio del primer utensilio a mano o de un utensilio reservado con este fin, o por medio de un grifo o un sifón.

**Cuadro 5.1 Ejemplos de puntuación de los riesgos en una inspección sanitaria**

Puntuación de los riesgos	Riesgo <sup>a</sup>
0	Ningún riesgo observado
1-3	Poco riesgo
4-6	Riesgo mediano
7-10	Alto riesgo

<sup>a</sup> El término «riesgo» indica aquí un posible peligro para la salud humana derivado de una fuente o un abastecimiento de agua. En los volúmenes 1 y 2, el término «riesgo» tiene una connotación cuantitativa más precisa.

- *Información sobre los medios de comunicación preferidos.* Esta información debe abarcar la radio y la televisión, y las emisoras que se captan, con miras a utilizarlas para los programas de educación.

### 5.3 Evaluación de la situación sanitaria

Para recoger información sobre los puntos específicos de riesgo en el abastecimiento de agua hay que utilizar los formularios para la inspección sanitaria (véase el anexo 2). Esta información se puede utilizar de diversas maneras para facilitar el mejoramiento de los abastecimientos de agua a la comunidad. Entre las cuestiones clave figuran las siguientes:

- ¿Cómo se pueden expresar los datos en términos de riesgo relativo para poder comparar cierto número de sistemas, incluidos los más prioritarios, e identificar medidas correctivas sencillas que se puedan aplicar en el plano local?
- ¿Cuántos positivos falsos, es decir, puntos de riesgo erróneamente identificados, se pueden tolerar sin invalidar el sistema? Dicho de otro modo, ¿es sólido el sistema?
- ¿Cómo establecer un sistema de puntuación que sea lo bastante discriminatorio para identificar los sistemas que requieren atención urgente sin abrumar al personal con el solo volumen de medidas correctivas necesarias? (De poco sirve, por ejemplo, una estrategia en la que se clasifica al 80% de los sistemas como de «riesgo muy alto» si no se dispone de recursos masivos para la adopción de medidas correctivas.)
- ¿Cómo se pueden identificar las fuentes más importantes de contaminación entre las posibles fuentes cuya existencia se ha observado?
- ¿Cómo se pueden identificar los problemas que se plantean repetidamente y que podrían corregirse mediante un cambio de estrategia en el plano nacional mejor que con la aplicación repetida de medidas correctivas en el plano local?

Para cada tipo de fuente o caudal de agua, la proporción o el porcentaje de puntos registrados durante la inspección sanitaria como positivos en cuanto al riesgo

**Cuadro 5.2 Ejemplo de esquema de clasificación y asignación de colores para los coliformes termotolerantes (fecales) o *E. coli* en los abastecimientos de agua**

Recuento por 100 ml	Categoría y color asignado	Observaciones
0	A (azul)	De conformidad con las directrices de la OMS
1-10	B (verde)	Poco riesgo
10-100	C (amarillo)	Riesgo mediano
100-1000	D (anaranjado)	Alto riesgo
>1000	E (rojo)	Riesgo muy alto

da una puntuación del riesgo sanitario. Estas puntuaciones pueden asociarse luego de manera arbitraria a diferentes grados de riesgo relativo (véase el cuadro 5.1).

Las puntuaciones asociadas a los diversos niveles de riesgo se deben seleccionar en función de las circunstancias locales. Dado que el objetivo es establecer una clasificación que facilite la acción correctiva, es importante conseguir que la proporción de suministros o manantiales que entren en cada categoría sea razonablemente equilibrada. En las primeras etapas de ejecución puede ser aconsejable fijar una escala relativamente estrecha de puntuaciones para la categoría de «alto riesgo» para no sobrecargar de trabajo al personal.

Es relativamente sencillo puntuar los sistemas de fuentes puntuales en los que normalmente sólo hay 10 puntos que se deban inspeccionar, pero no lo es tanto puntuar los sistemas de abastecimiento de agua a la comunidad, que a veces incluyen varias fuentes, estaciones de tratamiento y depósitos, más un sistema de distribución. En este último caso es particularmente importante basarse no solamente en las comparaciones numéricas derivadas del análisis de los datos de la inspección sanitaria sino también en el conocimiento a fondo del funcionamiento general del abastecimiento de agua. Esto ilustra la importancia de una formación adecuada en relación con las prácticas propias de la localidad o la región de que se trate en materia de abastecimiento de agua.

## 5.4 Calidad microbiológica del agua

Lo mismo que ocurre en la inspección sanitaria, puede ser útil dividir los datos sobre calidad microbiológica del agua en varias categorías; los niveles de contaminación asociados con cada categoría deben seleccionarse teniendo en cuenta las circunstancias locales. En el cuadro 5.2 se presenta un esquema de clasificación típico, basado en órdenes crecientes de magnitud de la contaminación fecal.

En los lugares donde los abastecimientos de agua a la comunidad no han sido clorados, es inevitable que contengan gran número de bacterias coliformes totales,

lo cual puede tener una importancia sanitaria relativa. En consecuencia, se recomienda que el plan de clasificación bacteriológica se base en la presencia de bacterias coliformes termotolerantes (fecales) y de *E. coli*.

La agrupación de las fuentes puntuales en categorías del tipo que se presenta en el cuadro 5.2 es generalmente sencilla. Ocasionalmente, sin embargo, en los casos en que se toma cierto número de muestras cada año, los niveles de contaminación fecal pueden presentar grandes variaciones entre muestras sucesivas. Las causas suelen ser obvias y pueden guardar relación con ciertas influencias estacionales, tales como las lluvias.

Sin embargo, en los casos en que se están analizando abastecimientos de agua canalizados para pequeñas comunidades y se toman muestras en diferentes puntos del sistema, la calidad del agua puede diferir en las distintas partes del sistema en un mismo momento. Una vez más, las causas pueden resultar obvias durante la inspección sanitaria, o después de una nueva toma de muestras si estas diferencias son el resultado de una contaminación cruzada o causada por pérdidas de la red de tuberías.

En la evaluación de los resultados de los análisis microbiológicos es corriente utilizar criterios del 95% de observancia. Este procedimiento sólo es apropiado cuando se analiza un número suficiente de muestras con fines estadísticos, y no es generalmente aplicable a los abastecimientos de agua a las pequeñas comunidades.

## 5.5 Evaluación de los riesgos

Para el análisis de los riesgos, se combinan los resultados de los recuentos de *E. coli* y los de la inspección sanitaria.

El examen de la gradación fecal juntamente con la puntuación de los riesgos derivada de la inspección sanitaria para un gran número de instalaciones debería permitir la evaluación de las prioridades relativas, tanto para la acción correctiva local como para la planificación regional. En general, los sistemas de clasificación presentados en los cuadros 5.1 y 5.2 facilitan este análisis de los riesgos cuando se combinan como puede verse en la figura 5.1. Sin embargo, puede ser necesario ensayar varias clasificaciones para encontrar la combinación más útil para las condiciones locales.

La figura 5.2 ilustra el uso del análisis de los riesgos en la práctica. Está claro que hay una tendencia general a que los resultados se distribuyan en una faja que va desde arriba, a la derecha, hasta abajo, a la izquierda del cuadro. Es lo previsible, dado que es probable que un mayor riesgo de contaminación esté asociado a la presencia de un mayor grado de contaminación. Sin embargo, una puntuación alta de riesgo sanitario asociada a un nivel bajo de contaminación fecal sigue requiriendo una acción urgente, lo mismo que una puntuación baja de riesgo sanitario asociada a un nivel alto de contaminación fecal. Como puede verse, la tasación de la prioridad de estos sistemas es alta.

Vale la pena destacar que el análisis sólo es representativo de un momento en el tiempo, mientras que en la inspección se tienen en cuenta la historia anterior

**Fig. 5.1 Ejemplo de evaluación de la prioridad de las acciones correctivas mediante el análisis de los riesgos**

		Puntuación del riesgo según la inspección sanitaria									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	≥9
Clasificación de E. coli	E										
	D										
	C										
	B										
	A										
Nº de medidas necesarias		Bajo riesgo: baja prioridad de la acción			Riesgo medio a alto: mayor prioridad de la acción				Riesgo muy alto: acción urgente		

WHO 96547/S

**Fig. 5.2 Ejemplo de un análisis de los riesgos terminado**

Nota: Cada número representa una instalación de abastecimiento de agua.

		Puntuación del riesgo según la inspección sanitaria									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	≥9
Clasificación de E. coli	E					P15;					
	D					S9; P2;			K1;		
	C					P3;	P1; S2; S3; S4; P16; P18;		W4; W5; W6; P12;	W1; W2;	W3;
	B			S7;	S5; S8; P14;	P4; S1;					
	A					P11;	S10;				
Nº de medidas necesarias		Bajo riesgo: baja prioridad de la acción			Riesgo medio a alto: mayor prioridad de la acción				Riesgo muy alto: acción urgente		

WHO 96548/S

de la instalación y los puntos de riesgo futuros. Por esto es útil el análisis combinado, que resulta particularmente importante cuando el personal de vigilancia dispone de un solo análisis bacteriológico o de varios análisis realizados en un mismo día.

## 5.6 Presentación de la información

La información debe presentarse en una forma que resulte inteligible y útil para quienes la reciben. La manera de presentar los resultados obtenidos mediante la vigilancia de los abastecimientos de agua a la comunidad debe ser objeto de particular atención dado que sus destinatarios son diversos, y cada uno de ellos tiene diferentes necesidades en materia de información y diferentes percepciones y grados de comprensión de las cuestiones relacionadas con el abastecimiento de agua.

### 5.6.1 Destinatarios

En general, es probable que entre los destinatarios figuren los *operadores del sistema local*, los *miembros de la comunidad o sus representantes* con unos conocimientos limitados en materias tales como la calidad del agua. Para este grupo, se recomienda que los datos sean interpretados en función de las normas o las metas nacionales, mejor que únicamente en su forma «bruta». La información a la comunidad debe tener lugar generalmente lo antes posible una vez terminada la vigilancia. Cuando la inspección sanitaria muestra la necesidad de medidas correctivas, hay que señalarlas. Si es posible, debe suministrarse información sobre las medidas correctivas aplicables en el plano local y sobre las que requieren ayuda exterior. Pueden señalarse las fuentes de información y/o de asesoramiento para las primeras, y las fuentes de apoyo para las últimas. Cuando sea apropiado, el informe se puede enviar también a los organismos que se encargarán de prestar la asistencia externa. La posibilidad de utilizar un formulario gráfico que pueda servir al mismo tiempo de formulario para la inspección sanitaria ya se ha señalado antes (sección 3.3.2), y en el anexo 2 se presentan ejemplos. En general, la presentación de los datos en una forma fácil de comprender, por ejemplo, con dibujos o un sistema de clasificación con colores, hará que sea más probable que el personal local emprenda las acciones pertinentes.

Cuando la situación requiere la adopción de medidas en el plano individual o familiar (por ejemplo, cuando la gravedad de la contaminación indica la necesidad de tratamiento doméstico), la información debe difundirse no sólo en la comunidad sino entre las personas y/o las familias interesadas. Con este fin cabe utilizar «tornavoces» como las escuelas, los clubes y las reuniones comunitarias.

Los *planificadores e ingenieros regionales* cuyas responsabilidades o zonas de influencia abarcan cierto número de abastecimientos constituyen otro importante grupo de destinatarios. Este grupo incluye con frecuencia organismos externos – organismos de ayuda bilaterales o multilaterales y ONG – así como las autoridades nacionales.

La información necesaria para este grupo es muy diferente de la que necesita la comunidad, y consiste primordialmente en datos útiles para la planificación regional. Así pues, la mayor parte de la información se presentará en un informe anual, aunque pueden ser necesarios informes más frecuentes sobre las medidas de alta prioridad. Generalmente, en un informe anual se describirá a grandes rasgos la calidad general del servicio de abastecimiento de agua en la región y se identificarán los sistemas que requieren atención más urgente desde el punto de vista de la salud pública. Las prioridades pueden clasificarse como se describe en la sección 5.5. A veces también puede ser posible indicar la índole y el alcance de los trabajos necesarios, por ejemplo, «reemplazar el depósito dañado por un asentamiento del terreno» o «aumentar la cobertura, que actualmente es del 45% de una población total de 1850 habitantes».

El momento del envío de estos informes es de importancia capital, y debe ser tal que permita a sus destinatarios utilizarlos en la preparación de los planes de trabajo y de los presupuestos anuales. En el anexo 11 se presenta un ejemplo de la forma que puede adoptar un informe regional anual.

Los *planificadores nacionales*, un tercer grupo probable de destinatarios, utilizarán la información derivada de la vigilancia para la planificación en gran escala. La información destinada a este grupo debe subrayar las prioridades geográficas y los grandes problemas nacionales. La metodología de la información se debe estandarizar en el plano nacional para hacer posible una comparación razonable entre las distintas regiones. En general, los informes nacionales son parecidos a los regionales, tanto en su presentación como en el momento de su presentación; en el anexo 11 se presenta un ejemplo. En este plano, la información debe presentarse en general en una forma muy compendiada, apropiada para un personal sin calificaciones técnicas.

### 5.6.2 Presentación sencilla de los datos

La experiencia ha demostrado que los datos presentados en una forma apropiada, generalmente muy simplificada, resultan instructivos y fáciles de interpretar para los grupos de personal no técnico, y en particular para el personal local y de planificación. Así pues, conviene tener esto muy presente al preparar el material.

En el plano local, una clasificación sencilla del grado de eficacia de las instalaciones, por ejemplo mediante el uso de colores como los del cuadro 5.2, suele suscitar un espíritu de competición entre las comunidades y los operadores de los sistemas, y una motivación para mejorar el funcionamiento y el mantenimiento. La experiencia ha demostrado que las mejoras se llevan a cabo sin un grado considerable de ayudas externas, probablemente mediante un uso más eficaz de los medios técnicos disponibles. A los fines de la vigilancia, las clasificaciones de esta índole facilitan la comparación de los resultados, y, por ende, la evaluación de las mejoras o del deterioro.

En la planificación regional y nacional, los principales usos de la información derivada de la vigilancia incluyen la elaboración de las políticas y las estrategias,

la estimación de las necesidades de recursos y la planificación de los recursos hídricos, y la identificación de las prioridades en materia de inversión. El método de presentación de los datos debe facilitar la comparación de la situación en materia de abastecimiento de agua (en cuanto a calidad, cantidad, cobertura, costo y continuidad) entre las diferentes regiones, la identificación de las tendencias a largo plazo en estos parámetros en los planos regional y nacional, y la de los problemas que se plantean repetidamente y cuya solución requiere cambios en la política aplicada. La índole cuantitativa de los datos aportados debe hacer posible la estimación de las necesidades en materia de personal adiestrado para la vigilancia en los diversos niveles, de las necesidades operativas para la vigilancia, y de las inversiones en funcionamiento y mantenimiento necesarias para el mejoramiento y la ampliación de los abastecimientos de agua. La estimación del total de las necesidades en materia de recursos de agua potable facilita la coordinación intersectorial y la planificación en gran escala de los recursos hídricos.

### **5.7 Uso de los resultados de la vigilancia**

#### **5.7.1 Uso de los datos en el plano local**

En el plano local es especialmente importante conseguir una estrecha colaboración entre el organismo de vigilancia y el de abastecimiento. Los datos derivados de la vigilancia – por ejemplo, sobre calidad y cantidad – deben ser compartidos por los dos organismos para que su utilidad sea la máxima posible. De manera análoga, el personal sobre el terreno encargado de la inspección sanitaria debe mantenerse en estrecha comunicación con el personal del organismo abastecedor (privado, municipal o de la comunidad) encargado del funcionamiento y el mantenimiento.

Por consiguiente, la información facilitada por el organismo de vigilancia al abastecedor en el plano local debe ser al mismo tiempo detallada y apropiada para su usuario (por ejemplo, el operador del abastecimiento de agua). Sin embargo, la interpretación de los datos en el contexto de la legislación nacional es esencial, en particular en lo que atañe a los relativos a la calidad del agua. Además, algunos análisis de las tendencias a largo plazo con respecto a la calidad, la cantidad, la continuidad, la cobertura y el costo, y un análisis general de la calidad del servicio (por ejemplo sobre una base anual) facilita el trabajo de ambos organismos al asegurar recursos suficientes para el sector del abastecimiento de agua.

#### **5.7.2 Uso de los datos en el plano regional**

Las estrategias para la determinación de las prioridades regionales son generalmente para las previsiones a plazo medio y tienen unas necesidades específicas en materia de datos. Mientras que la gestión de la información en el plano nacional tiene por objeto la identificación de los problemas comunes o que más se repiten, el objetivo, en el plano regional, es asignar un grado de prioridad a las distintas intervenciones y, en consecuencia, a las correspondientes medidas correctivas.

Es importante, pues, deducir de los datos una medición relativa de los riesgos para la salud, y establecer así las prioridades en materia de medidas correctivas. Aunque los datos por sí solos no se pueden utilizar para determinar cuáles son los sistemas que requieren una atención inmediata (para lo cual hay que tener en cuenta además el análisis de los factores económicos y socioculturales), constituyen un instrumento sumamente importante para determinar las prioridades regionales. Uno de los objetivos explícitos debe ser el de conseguir que se apliquen las medidas correctivas oportunas cada año en una proporción predeterminada de los sistemas clasificados como de alto riesgo.

En el plano regional, también es importante controlar el mejoramiento (o la deterioración) tanto de los diversos abastecimientos como de su conjunto. En este contexto, deben calcularse cada año (y vigilar sus modificaciones) algunas mediciones sencillas, tales como la puntuación de promedio fijada por la inspección sanitaria para todos los sistemas, la proporción de sistemas con grados determinados de contaminación fecal, el promedio de continuidad o de cantidad de agua suministrada diariamente por habitante, y el promedio de las tarifas fijadas para el consumo doméstico.

En muchos países, una gran proporción de sistemas de abastecimiento de agua para las pequeñas comunidades no se ajustan a las normas de calidad. Sin embargo, debe reconocerse que condenar un gran número de abastecimientos de agua no resulta particularmente útil y hasta puede resultar contraproducente. En estas circunstancias es importante fijar y aplicar luego unas metas realistas para un mejoramiento gradual, convenidas de acuerdo con los abastecedores. En ningún momento debe el organismo de vigilancia renunciar a exigir el cumplimiento de las normas; pero debe reconocer igualmente que hay que conceder al abastecedor un plazo razonable para el mejoramiento del sistema. Cuando el cumplimiento de las normas resulte imposible (a causa de unas dificultades técnicas insuperables o de graves limitaciones presupuestarias) o sea contraproducente (porque desviaría recursos necesarios para otras mejoras de gran importancia para la salud pública), el organismo de vigilancia puede optar por aplazar la acción hasta que la situación mejore.

### 5.7.3 Uso de los datos para la planificación nacional

En el plano nacional, se deben fijar y difundir las prioridades por medio de un informe anual acompañado de recomendaciones. En la lista de circulación para este informe deben figurar todos los organismos de vigilancia y de abastecimiento, las autoridades nacionales de planificación, y los organismos que intervienen en coordinación dentro del sector del abastecimiento de agua, por ejemplo, los ministerios de gobierno local, recursos naturales, salud y hacienda, y los organismos de apoyo externos. El intercambio de información con las autoridades nacionales de planificación puede servir de base para una relación de apoyo mutuo entre los organismos de vigilancia y los de abastecimiento.

Para promover la determinación del orden de prioridad de las medidas correctivas en el plano nacional es de suma importancia que el flujo de información al centro nacional sea eficiente, que se reciba toda la información generada, y que el centro nacional disponga de los medios necesarios para emprender el análisis de esta información.

La determinación de las prioridades en el plano nacional es por naturaleza un proceso a largo plazo y por consiguiente suele haber poca necesidad urgente de datos. Siempre que exista la posibilidad de obtener de los centros regionales, a petición y rápidamente, información específica sobre los distintos abastecimientos de agua, no es necesario que el centro nacional reciba actualizaciones frecuentes para su base de datos; puede ser suficiente su actualización periódica.

# 6.

## Intervenciones técnicas

### 6.1 Prevención y medidas correctivas

La vigilancia es el proceso de reunir sistemáticamente información sobre los riesgos que pueden presentar los abastecimientos de agua. La vigilancia permite adoptar medidas preventivas apropiadas antes de que se produzcan fallos o contaminaciones. El control de la calidad y las encuestas sanitarias son parte integrante de la vigilancia, la cual, para la mayoría de los abastecimientos de agua a las comunidades, sigue siendo una actividad a plazo medio o a largo plazo. Los planificadores y coordinadores de la vigilancia deben mirar más allá de los problemas del día a día y empezar a establecer infraestructuras y políticas para abordar las causas de las deficiencias y de la contaminación de los abastecimientos de agua.

Entre las medidas correctivas figuran las intervenciones técnicas y sociales encaminadas a mejorar el servicio de abastecimiento de agua. El presente capítulo trata de las intervenciones de índole técnica, mientras que las de índole social constituyen el objeto del capítulo 7. Las intervenciones encaminadas a mejorar el servicio de abastecimiento de agua deben incluir la educación de la comunidad y la formación en materia de gestión; el asesoramiento acerca de todos los tipos de acción correctiva, y no sólo de las intervenciones técnicas, es una función primordial del organismo de vigilancia.

El análisis económico muestra que es más rentable llevar a cabo un mantenimiento preventivo, periódico y diligente, que limitarse a hacer funcionar el equipo hasta que éste sufre una avería y requiere una costosa reparación. Por ejemplo, una bomba a la que se dedica un mantenimiento periódico, consistente en un engrase oportuno y un repaso de las tuercas, durará más y funcionará mejor que otra bomba sin mantenimiento, que se avería y necesita recambios. El costo de los recambios y de la mano de obra especializada es siempre mayor que el de un bote de grasa. Las interrupciones radicales del suministro son causa de reducciones en la disponibilidad de agua y a veces también de su calidad, lo que pone en peligro la salud de la comunidad.

En algunos países, el mantenimiento preventivo sólo puede ser realmente eficaz si la comunidad también participa en el mismo. Sin embargo, esto no quiere decir que los gobiernos no sigan teniendo la responsabilidad de prestar apoyo a las comunidades que asumen la carga del mantenimiento. El problema del mantenimiento debe abordarse de manera sistemática, teniendo en cuenta las condiciones ambientales,

**Cuadro 6.1 Medidas preventivas y correctivas**

Fuente y modo de abastecimiento	Datos o información disponibles	Medidas correctivas inmediatas	Acción preventiva para evitar la repetición de problemas
Sistemas comunitarios de captación de aguas pluviales no tratadas	Epidemias localizadas de infecciones entéricas	Clorar el agua en el depósito de captación (tanque, contenedor, etc.) o recomendar que se hierva o se desinfecte en el hogar	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Cerciorarse de que las superficies de captación se encuentran en condiciones higiénicas adecuadas y de que el dispositivo para desviar las primeras aguas funciona correctamente</li> <li>b) Fomentar la educación y la participación comunitarias</li> </ul>
Pozos excavados abiertos	Resultados insatisfactorios de la inspección sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Limpiar el pozo si es necesario, clorar con fuertes dosis de cloro y seguir clorando después normalmente</li> <li>b) Recomendar que se hierva el agua de beber y se usen desinfectantes y/o filtros en el hogar</li> </ul>	Convertirlo en un pozo protegido y cubierto, con bomba manual o dispositivo para extraer el agua sin contacto con el usuario; desaconsejar la construcción de nuevos pozos excavados abiertos; fomentar la educación y la participación de la comunidad
Abastecimientos sin tuberías derivados de pozos cubiertos o de pozos tubulares profundos o someros con bombas manuales o de motor	Resultados insatisfactorios de la inspección sanitaria	Confirmar la calidad bacteriológica y si es necesario recomendar que se hierva el agua o se usen desinfectantes y/o filtros en el hogar	Eliminar las fuentes de contaminación y/o reparar el pozo si es necesario para corregir las deficiencias observadas en la inspección sanitaria
	Epidemia de infección entérica localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Si no se puede recurrir a otra fuente de abastecimiento de calidad, recomendar que se hierva el agua o se usen desinfectantes en el hogar</li> <li>b) Confirmar la calidad bacteriana</li> <li>c) Efectuar una inspección sanitaria minuciosa y corregir las deficiencias observadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Aprovechar la oportunidad para fomentar la educación y la participación de la comunidad</li> <li>b) Suministrar información sobre el episodio y los resultados de la encuesta sanitaria a los organismos de abastecimiento de agua para ayudar a decidir si las técnicas aplicadas y los códigos de prácticas son adecuados</li> </ul>

Abastecimientos con tuberías no tratados	Resultados insatisfactorios de la inspección sanitaria	Confirmar la calidad bacteriológica y, si es necesario, recomendar que se hierva el agua o se usen desinfectantes y/o filtros en el hogar	Eliminar las fuentes de contaminación y/o reparar el sistema si es necesario para corregir las deficiencias observadas en la inspección sanitaria
	Calidad bacteriológica insatisfactoria del agua en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Clorar el abastecimiento si es posible o recomendar que se hierva el agua o se usen desinfectantes en el hogar</li> <li>b) Efectuar una inspección sanitaria minuciosa y corregir las deficiencias observadas</li> </ul>	Proteger la fuente y su zona de captación (esto es muy importante)
	Calidad bacteriológica insatisfactoria del agua en el sistema de distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Si la fuente es insatisfactoria, proceder como en el caso anterior</li> <li>b) Si la fuente es insatisfactoria pero se sospecha del sistema de distribución, clorar el abastecimiento o recomendar la ebullición o la desinfección en el hogar</li> <li>c) Efectuar una inspección minuciosa del sistema de distribución y corregir las deficiencias observadas</li> </ul>	La supervisión frecuente y mejorada del sistema de distribución, la pronta reparación y el mantenimiento correcto son indispensables, en particular para los sistemas de funcionamiento intermitente
	Epidemia de infección entérica localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Tomar muestras para determinar la calidad bacteriológica; sin esperar el resultado, clorar el abastecimiento general de agua o recomendar la ebullición o la desinfección en el hogar</li> <li>b) Efectuar una inspección sanitaria minuciosa de la fuente y del sistema de distribución, y corregir las deficiencias observadas</li> </ul>	Es necesaria una supervisión frecuente y mejorada de la fuente y del sistema de distribución; un funcionamiento y un mantenimiento cuidadosos de los sistemas de esta clase son indispensables, en particular para los sistemas intermitentes

**Cuadro 6.1 Medidas preventivas y correctivas (continuación)**

Fuente y modo de abastecimiento	Datos o información disponibles	Medidas correctivas inmediatas	Acción preventiva para evitar la repetición de problemas
Abastecimientos con tuberías tratados	Resultados insatisfactorios de la inspección de la fuente, de la estación de tratamiento y del sistema de distribución	Confirmar la calidad bacteriológica y, si es necesario, recomendar que se hierva el agua o se usen desinfectantes y/o filtros en el hogar	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Es necesaria una supervisión frecuente y mejorada de todo el sistema; un funcionamiento y un mantenimiento cuidadosos son indispensables para los sistemas intermitentes</li> <li>b) Asegurarse de que se efectúan inspecciones sanitarias sistemáticas</li> <li>c) Informar a los organismos de abastecimiento de agua</li> </ul>
	Calidad bacteriológica insatisfactoria del agua después de su tratamiento o en el sistema de distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Conseguir la cloración suficiente del abastecimiento general de agua o recomendar la ebullición o la desinfección en el hogar</li> <li>b) Efectuar una inspección sanitaria minuciosa de todo el sistema y corregir las deficiencias observadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Es necesaria una supervisión frecuente y mejorada de todo el sistema; un funcionamiento y un mantenimiento cuidadosos de esta clase de sistemas son indispensables, en particular para los sistemas intermitentes</li> <li>b) Asegurarse de que se efectúan inspecciones sanitarias sistemáticas</li> <li>c) Informar a los organismos de abastecimiento de agua</li> </ul>
	Epidemia de infección entérica localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Tomar muestras para determinar la calidad bacteriológica; sin esperar el resultado, clorar el abastecimiento general de agua o recomendar la ebullición o la desinfección en el hogar</li> <li>b) Efectuar una inspección sanitaria minuciosa de la fuente y del sistema de distribución, y corregir las deficiencias observadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Es necesaria una supervisión frecuente y mejorada de todo el sistema; un funcionamiento y un mantenimiento cuidadosos de esta clase de sistemas son indispensables, en particular para los sistemas intermitentes</li> <li>b) Asegurarse de que se efectúan inspecciones sanitarias sistemáticas</li> <li>c) Informar a los organismos de abastecimiento de agua</li> </ul>

la cultura local, el grado en que la comunidad puede asumirlo y la participación del usuario. Por ejemplo, como regla general, cuanto más barato y más sencillo sea el equipo menos mantenimiento necesita, más fiable resulta en la práctica, y más fácil es de reparar. Aparte de la elección del equipo, hay otros factores que es preciso tomar en consideración de manera coordinada a la hora de elegir el sistema de mantenimiento, entre ellos las responsabilidades institucionales y las obligaciones legales, la logística, la viabilidad financiera, la formación del personal y el apoyo que éste necesita, y la vigilancia y el control. Para un mantenimiento eficaz es indispensable la participación de los usuarios en la adopción de decisiones en lo que atañe al nivel de servicio, el tipo de equipo y el sistema operativo. Al organismo de vigilancia incumbe la función de asesorar acerca de los tipos de medidas correctivas que deben aplicarse y de su grado de adecuación.

Aun con un mantenimiento adecuado, la vigilancia y el control de la calidad revelarán a veces la necesidad de una acción correctiva. Algunas deficiencias sanitarias son fácilmente remediables, y es muy posible que la comunidad misma esté capacitada para aplicar la acción necesaria; otras pueden requerir medidas que para la comunidad resultarían costosas o difíciles si no contara con un apoyo financiero o técnico del exterior. Incumbe al inspector de saneamiento la responsabilidad de determinar correctamente cuál será el organismo más apropiado para aplicar la acción correctiva, así como la urgencia con que ésta se debe aplicar. En el cuadro 6.1 se expone la urgencia relativa de algunas medidas preventivas y correctivas más corrientes.

Cuando el agua es de calidad tan insatisfactoria que constituye una amenaza inmediata para la salud pública, puede ser necesario recomendar la adopción de precauciones de emergencia, tales como la de hervir el agua de beber o la de suministrar tabletas de cloro para la desinfección del agua en el hogar. El organismo abastecedor de agua o el de vigilancia deben velar por que las medidas correctivas se apliquen prontamente, y efectuar luego un análisis bacteriológico del agua para determinar su inocuidad.

Los organismos abastecedores de agua deben evaluar sistemáticamente las prácticas de mantenimiento para identificar las dificultades y encontrar el sistema de mantenimiento más eficaz. Una visión general de las principales necesidades de mantenimiento de los diferentes tipos de sistema de abastecimiento de agua es necesaria para una adecuada selección del equipo. En los casos en que los usuarios son directamente responsables de sus abastecimientos de agua, debe crearse un sistema adecuado de gestión comunitaria basado en las estructuras orgánicas locales e integrado en la jerarquía institucional del organismo abastecedor.

## **6.2 Protección de las fuentes de agua**

Para preservar la potabilidad de los abastecimientos de agua es necesario proteger tanto la fuente de procedencia como la zona de captación. Una cuenca hidrográfica que se utiliza para abastecer de agua de superficie no tratada debe tener una población poco densa y suministrar regularmente agua limpia y clara.

Debe hacerse todo lo posible para ubicar el punto de extracción por encima de las fuentes de contaminación; si no es posible, hay que aplicar formas de tratamiento apropiadas (véase la sección 6.6). En el anexo 2 se presenta un ejemplo de formulario apropiado para un tipo de inspección sanitaria preliminar y sencilla del lugar de extracción del agua de superficie.

### 6.2.1 Protección de la zona de captación

Una encuesta de la zona de captación debe revelar las posibles fuentes de contaminación. Tanto las aguas de superficie como las subterráneas son vulnerables. Mientras que los depósitos de agua sin tratar se pueden proteger de la actividad humana en gran escala, los ríos pueden pasar por zonas densamente pobladas y resultar contaminados por descargas tanto domésticas como industriales. Las aguas subterráneas pueden ser contaminadas por las infiltraciones de desechos industriales enterrados en el suelo o acumulados en pozos abandonados, y por sustancias químicas descargadas accidentalmente en el suelo. En las zonas rurales, tanto las aguas de superficie como las subterráneas están expuestas al riesgo de contaminación agrícola.

Si es posible, las zonas de protección deben delimitarse claramente, y, dentro de sus límites, se deben restringir o prohibir las actividades que pueden afectar la calidad del agua. Entre estas actividades cabe incluir el vertido de desechos tóxicos, la descarga de efluentes indeseables, las perforaciones, la minería, la explotación de canteras y el uso de fertilizantes agrícolas y de plaguicidas. Cuando se imponen restricciones, es importante hacer públicas y difundir ampliamente las condiciones en que se permiten las actividades normales dentro de las zonas protegidas, por ejemplo, urbanizaciones, agricultura, minería e industria.

En algunas partes del mundo, la evaluación del riesgo para las fuentes de agua y las zonas de captación se basa en sistemas en los que se tienen en cuenta la hidrología y la carga hidráulica de contaminantes en la superficie y debajo de ésta. Algunos gobiernos empiezan a promulgar disposiciones sobre zonas de protección de las aguas subterráneas en virtud de las cuales se excluyen de determinadas partes de estas zonas las actividades de construcción de viviendas, las industriales y las agrícolas.

Los abastecedores de agua empiezan a reconocer tres zonas de protección para las aguas subterráneas, a saber:

1. La zona que rodea la fuente más expuesta a un riesgo de contaminación por gérmenes patógenos. Esta zona suele ser una isocrona de 50 días (es decir, la zona dentro de la cual los gérmenes patógenos llegarían a la fuente en 50 días o menos).
2. La zona que rodea la fuente más expuesta a un riesgo de contaminación química. Su extensión puede variar mucho y dependerá del tipo de acuífero y de la tasa de extracción, así como de la actividad industrial y agrícola que se desarrolle en la zona.
3. Toda la zona de captación.

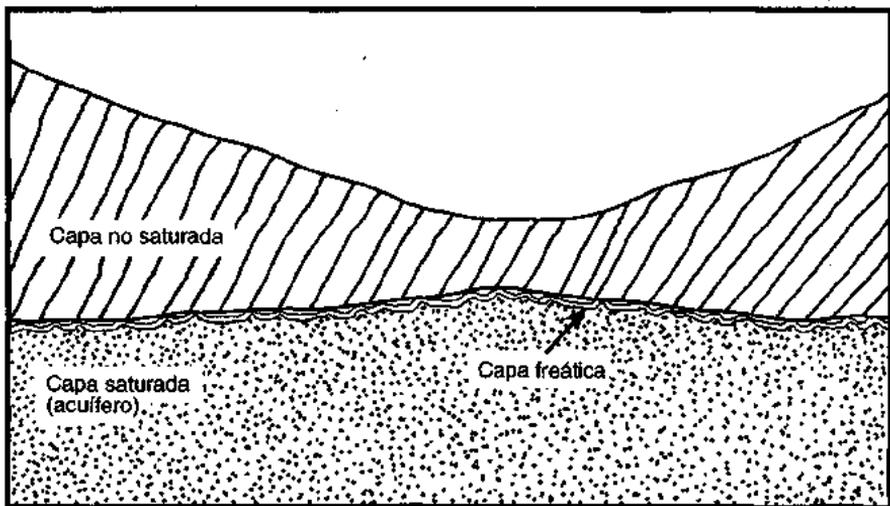
El establecimiento de las zonas de protección requiere acuerdos intersectoriales en los que intervienen distintos ministerios y autoridades, como los relacionados con la salud (vigilancia), la agricultura, la silvicultura y la protección ambiental, así como los abastecedores de agua. Los gobiernos de los países donde las aguas subterráneas constituyen una proporción sustancial de los recursos para el abastecimiento de agua deberían considerar la conveniencia de la demarcación y la aceptación de zonas de protección. Para más información sobre la base teórica y la aplicación práctica de las zonas de protección de las aguas subterráneas, véase la Bibliografía complementaria.

### 6.2.2 Protección de las aguas subterráneas

El riesgo más grave para la salud humana relacionado con la calidad del agua de beber es el que se deriva de la contaminación microbiológica, particularmente la fecal. Por consiguiente, la protección de la salud exige que las fuentes de contaminación microbiológica estén situadas lo bastante lejos de las fuentes de agua potable para eliminar o reducir al mínimo el riesgo que presentan.

Cuando se planea la extracción de agua de un acuífero para el consumo humano, la distancia mínima de seguridad (DMS) para todas las actividades que pueden causar contaminación debe fijarse durante la etapa de planificación. Tanto las aguas de superficie como las subterráneas deben ser protegidas. Sin embargo, las aguas subterráneas, en su estado natural, son generalmente de buena calidad, y dado que su movimiento es relativamente lento suele ser más fácil controlar las fuentes de

**Fig. 6.1 Terminología de las aguas subterráneas**



WHO 96549/5

contaminación de las aguas subterráneas que en el caso de las aguas de superficie. En relación con los abastecimientos a las comunidades, las fuentes de contaminación más corrientes son las instalaciones *in situ* de saneamiento y de tratamiento de las aguas servidas, los pozos abiertos y otras fuentes de agua de superficie abiertas (por ejemplo los hoyos abiertos para la extracción de tierras), y la ganadería concentrada.

La DMS debe determinarse sobre la base del tiempo que tardan los contaminantes en viajar desde su punto de origen hasta los acuíferos de agua de beber. Ello dependerá de las condiciones locales, las más importantes de las cuales son las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona, la cantidad de materia fecal que es previsible que se descargue, y el número de fuentes de contaminación existentes y planeadas. Por consiguiente, es muy difícil especificar una distancia mínima de aplicación general entre la ubicación, por ejemplo, de letrinas de pozo y un acuífero. En una zona donde el acuífero es muy permeable y la capa no saturada que lo recubre (véase la figura 6.1) es delgada y permeable, la DMS para un pozo de letrina será mucho mayor que en una zona donde un acuífero de permeabilidad relativamente baja está recubierto por una capa no saturada relativamente gruesa e impermeable.

En una zona de acuíferos situados entre rocas fisuradas (en la que el agua se acumula en las grietas de las rocas), la velocidad del movimiento de las aguas subterráneas, y por consiguiente de los contaminantes, será alta y deberá tenerse en cuenta al fijar la DMS. Ello reviste particular importancia en la planificación del saneamiento *in situ* en un lugar donde una capa de terreno no saturado de permeabilidad relativamente baja recubre un acuífero situado en rocas fisuradas, por ejemplo, en una zona cárstica (piedra caliza desgastada). Dado que en la capa no saturada es donde tiene lugar la mayor parte de la eliminación de los microbios, ninguna fuente de contaminación debe entrar en contacto con la capa freática en su nivel más alto.

También influirá en la DMS la dirección del flujo de las aguas subterráneas en la zona. Por regla general, el movimiento de las aguas subterráneas poco profundas sigue la topografía del terreno; por consiguiente, siempre que sea posible, las fuentes de contaminación deben situarse cuesta abajo con respecto a los acuíferos de agua de beber.

Igualmente influye en la DMS la concentración de actividades contaminantes en la zona de que se trate y esto es particularmente importante en los lugares donde se usan el saneamiento *in situ* o un tratamiento no convencional de las aguas servidas. En las zonas donde hay un gran número de fuentes de contaminación microbiológica, por ejemplo en las zonas urbanas de bajos ingresos con saneamiento *in situ*, puede haber una acumulación de nutrientes en la capa no saturada y, posiblemente, en el acuífero. Ello puede aumentar el tiempo de supervivencia de los microbios y hacer que sea necesaria una mayor DMS.

Con frecuencia resulta difícil obtener datos hidrológicos en las zonas rurales, y quizás en los programas de base comunitaria no sea posible realizar a fondo encuestas en cada zona. Aun así, siempre es posible determinar una DMS, aunque quizás resulte menos exacta que en otras zonas.

Cuando se trata de determinar la DMS para una zona, la información necesaria sobre el suelo y la geología locales puede obtenerse mediante perforaciones u otros medios para localizar la capa freática y tomando nota cuidadosamente de los cambios observables en el suelo y el tipo de roca, en particular los cambios en el tamaño de los granos, la compacidad, y la situación de las capas saturadas. Esta información debe registrarse luego en forma de un gráfico en el que el tipo de suelo y de roca figuren en función de la profundidad. También es importante llevar a cabo una prueba de infiltración, que indicará la permeabilidad de la capa. Si se trata de excavar un pozo, esta operación podrá realizarse durante la perforación de prueba (ya sea mecánica o manual); en el caso de otros acuíferos de agua subterránea, por ejemplo los manantiales, la prueba de infiltración debe practicarse en la zona circundante cuando se comprueba el caudal.

La combinación de la información derivada del gráfico con los datos reunidos mediante la prueba de infiltración aportará una indicación útil sobre el riesgo en relación con el acuífero. En el anexo 2 se presentan orientaciones sobre las pruebas de infiltración, las tasas de infiltración en los diferentes tipos de roca y las correspondientes DMS.

La demarcación precisa de las zonas de protección y la vigilancia de su observancia no son fáciles, en particular cuando se trata de la extracción de un pequeño volumen de agua, por ejemplo por medio de bombas manuales. En estas condiciones, probablemente resulte más fácil y más eficaz proteger sanitariamente la fuente de agua y su entorno inmediato. Por esto, en gran parte del presente capítulo se centra principalmente la atención en las intervenciones técnicas que cabe utilizar para reducir o eliminar los riesgos sanitarios revelados por la inspección en la instalación o las inmediaciones del abastecimiento de agua.

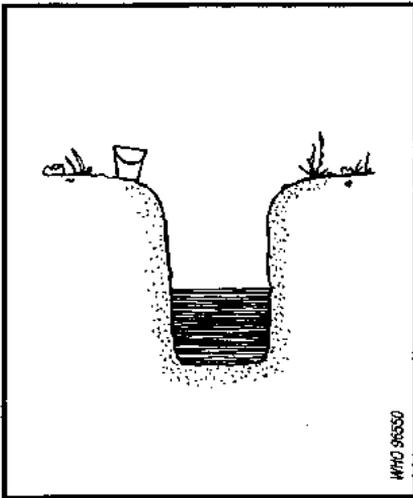
## 6.3 Pozos

### 6.3.1 Pozos excavados

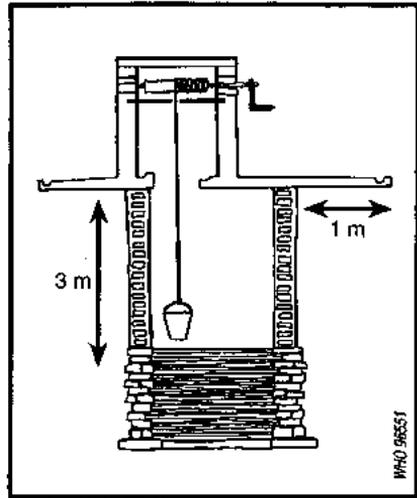
Los pozos abiertos o mal tapados presentan el riesgo más común para la calidad del agua de los mismos, ya que ésta puede ser contaminada por los consumidores al utilizar medios inapropiados para la extracción del agua. La fuente de contaminación más grave es la derivada de los desechos humanos procedentes de las letrinas, las fosas sépticas y los estercoleros, que provocan un aumento de los niveles de microorganismos, incluidos los patógenos. La contaminación del agua de beber causada por productos agroquímicos tales como los plaguicidas y los nitratos constituye un problema adicional y creciente para los abastecimientos a las pequeñas comunidades.

Los pozos excavados son generalmente las peores fuentes de aguas subterráneas en cuanto a contaminación fecal, y el análisis bacteriológico sirve primordialmente para comprobar la intensidad de la contaminación y el riesgo consiguiente para el consumidor. Como se indica en el anexo 2, una inspección *in situ* puede revelar eficazmente las fuentes más obvias de contaminación, y puede utilizarse para promover la protección del pozo.

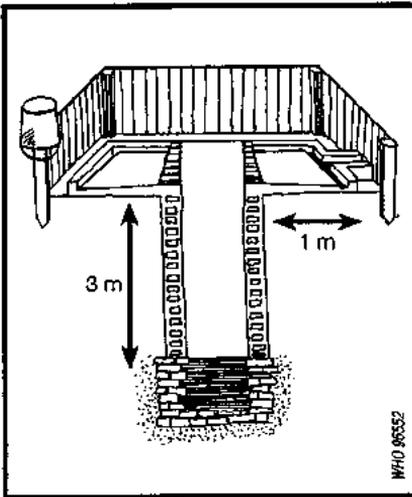
**Fig. 6.2 Tipos de pozos excavados a mano**



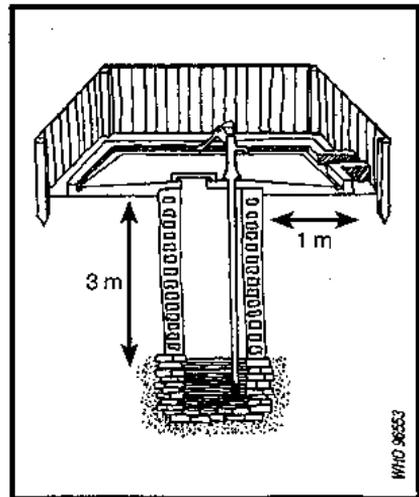
Hoya de agua no protegida



Pozo excavado provisto de torno



Pozo excavado abierto



Pozo excavado provisto de bomba manual

En la figura 6.2 se presentan varios tipos de pozos excavados a mano, desde el menos protegido al mejor protegido; el organismo de vigilancia debe incluirlos a todos en el inventario. Es necesario promover resueltamente el mejoramiento de los pozos no protegidos y la construcción de pozos protegidos para la comunidad.

En todo el mundo hay muchas decenas de millones de familias que se sirven exclusivamente del agua de pozos excavados, públicos o privados. Los defectos materiales más comunes que facilitan la contaminación fecal de los pozos excavados están asociados al deterioro o la ausencia de una plataforma de hormigón y al deterioro del parapeto y del canal de desagüe. Sin embargo, la contaminación fecal masiva y más peligrosa se deriva generalmente de las letrinas situadas demasiado cerca del pozo. Ante estos graves problemas es indispensable cambiar de sitio las letrinas o la fuente de agua.

Un pozo excavado abierto apenas es mejor que un hoyo en el suelo sin protección si no se mantienen regularmente en buen estado las barreras materiales, antes mencionadas, a la contaminación de las aguas de superficie. La mayoría de los pozos excavados abiertos están contaminados, con concentraciones de por lo menos 100 coliformes fecales por 100 ml, a menos que se adopten medidas estrictas para evitar que el cubo de extracción introduzca la contaminación. Un pozo excavado comunitario provisto de un torno del que cuelga *un solo* cubo encima del pozo con una abertura estrecha ya es una mejora respecto del hábito consistente en que cada usuario utilice su propio cubo.

La calidad del agua mejorará mucho si se instala una bomba manual y se protege higiénicamente el pozo con una tapa que se pueda cerrar con llave para impedir la contaminación del pozo con el uso de cubos. Sin embargo, ni siquiera esta mejora relativamente costosa puede reducir considerablemente la contaminación a menos que el revestimiento interior del pozo sea impermeable y llegue hasta el nivel de la capa freática en la estación seca. Si la contaminación fecal persiste, la comunidad puede verse obligada a recurrir a la cloración a mano (véase la sección 6.6.11), pero para que este tratamiento sea eficaz hacen falta mucha organización y una buena gestión; en general se prefiere la protección material eficaz del pozo.

A veces se contamina el acuífero propiamente dicho; en tales casos, la única opción puede consistir en desinfectar sistemáticamente la fuente de aguas subterráneas o recurrir a un acuífero más profundo y al uso de una bomba mecánica.

### 6.3.2 Pozos de extracción manual y mecánica

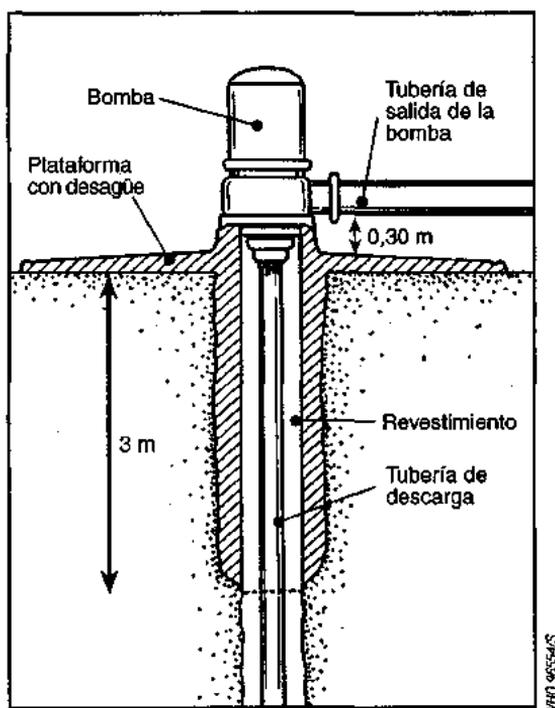
En alrededor del 85% de los casos, los pozos tubulares profundos o poco profundos provistos de bombas manuales y de una protección sanitaria apropiada suministran agua exenta de bacterias indicadoras fecales o que las contiene en poca cantidad. En los casos en que se identifica la presencia de bacterias indicadoras, la causa de la contaminación fecal se puede detectar generalmente mediante una encuesta sanitaria en el pozo y sus alrededores (excepto cuando es el acuífero el que está contaminado). Se han elaborado listas de comprobación

(véase el anexo 2) apropiadas para las inspecciones de los abastecimientos de agua en las zonas rurales. Las inspecciones de saneamiento son un instrumento de vigilancia útil y a veces constituyen el único medio asequible para identificar las fuentes de agua que presentan un riesgo de contaminación.

Para asegurar la protección sanitaria de un pozo tubular, hay que construir una plataforma de hormigón reforzado encima de la boca del pozo, de un diámetro mayor que el del elevador. La plataforma debe ser sólida y tener un sistema de desagüe, y la bomba manual debe situarse y sellarse en ella, de manera higiénica, por encima de la plataforma circundante y del nivel del suelo. Alrededor de la boca del pozo y de la plataforma deberá construirse un delantal de hormigón, de por lo menos dos metros de diámetro y en pendiente hacia el canal de desagüe, el cual debe desembocar en un hoyo que actuará de sumidero abierto, situado lejos del

**Fig. 6.3 Protección sanitaria de una perforación profunda**

*Nota:* El revestimiento del pozo llega hasta el acuífero, pero el sello sanitario de hormigón sólo llega a una profundidad de tres metros. La plataforma aleja del pozo las aguas sobrantes.



pozo tubular. A modo de protección sanitaria adicional se colocará una valla alrededor del conjunto para evitar la entrada de los animales.

La zona situada inmediatamente alrededor del pozo tubular se debe gestionar de modo que se reduzca el riesgo de contaminación. Las letrinas deben construirse pendiente abajo con respecto al pozo y a no menos de 10 metros de distancia del mismo, las fuentes de contaminación tales como los pozos excavados abiertos situados a una distancia de 15–20 metros del pozo tubular se deben rellenar con tierra, y los animales no deben poder acercarse a menos de 10 metros del pozo tubular. Es difícil definir las zonas de protección para los distintos pozos tubulares, ya que raramente se dispone de los recursos necesarios para un estudio completo de las propiedades del acuífero o para realizar ensayos completos de bombeo.

En los pozos tubulares se observan a veces indicios de contaminación persistente, a pesar de que en la inspección sanitaria se han identificado pocos riesgos locales. Puede tratarse en estos casos del resultado de una contaminación del acuífero, lo que es un problema en particular en los lugares donde los estratos geológicos fisurados se combinan con una capa de suelo de recubrimiento poco gruesa, problema que va en aumento, sobre todo en las zonas urbanas y periurbanas. En tales casos habrá que optar entre desinfectar el abastecimiento de agua continuamente o localizar un acuífero más profundo, perforar más hondo e instalar una bomba mecánica. El bombeo mecánico de una perforación profunda es una tecnología convencional más generalmente asociada a los centros urbanos y a los países desarrollados a causa de las necesidades de funcionamiento y mantenimiento. Para esta clase de perforaciones valen los mismos principios de protección sanitaria, y, en general, conviene definir zonas de protección para las mismas ya que el caudal que se extrae de ellas es mucho mayor que el de los pozos tubulares provistos de bombas manuales y puede abastecer a una población mucho más numerosa, la zona del acuífero explotado es proporcionalmente más amplia y es más probable que se disponga de recursos suficientes.

La perforación mecánica permite llegar a acuíferos profundos, que es menos probable que resulten afectados por contaminantes procedentes del suelo o de las aguas de superficie. El agua extraída de las perforaciones profundas suele estar exenta de contaminación microbiológica y puede ser utilizada por las comunidades pequeñas sin tratamiento ulterior. Sin embargo, hay ciertas precauciones estructurales que son indispensables cuando se instalan los pozos y las bombas correspondientes. La caja que contiene la bomba debe construirse a unos 30 cm por encima del suelo y en pendiente hacia la roca madre. Lo mismo que en el caso de los pozos poco profundos, deben construirse delantales y plataformas de hormigón, y el sello sanitario de hormigón debe encajar en la ranura situada entre la caja y la excavación.

La figura 6.3 muestra la protección sanitaria debajo de la bomba de una perforación profunda. En el anexo 2 se presenta un formulario de inspección sanitaria para este tipo de instalación.

## 6.4 Manantiales

Si un manantial debe utilizarse como fuente de agua para el hogar:

- debe poder suministrar la cantidad y la calidad de agua necesarias para el uso a que está destinada durante todo el año;
- debe estar protegido para preservar su calidad.

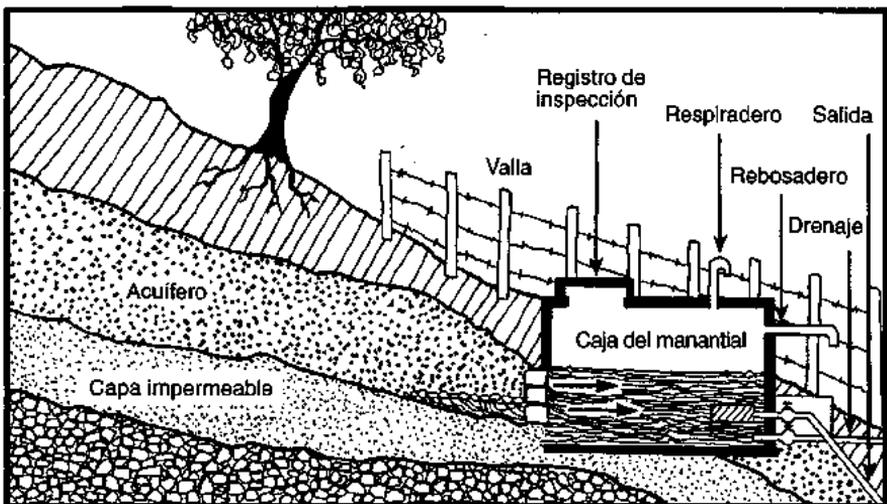
La caja de un manantial se compone de los elementos siguientes (véanse la figura 6.4 y el anexo 2):

- una caja (depósito hermético) que intercepta el manantial y se extiende hacia abajo hasta una capa impermeable, o un sistema de tuberías colectoras y un depósito de almacenamiento;
- una tapa que impide la entrada de los drenajes de la superficie y de los escombros en el depósito de almacenamiento;
- un rebosadero protegido;
- una conexión al sistema de distribución o al abastecimiento auxiliar;
- una capa impermeable (por ejemplo, de hormigón o de arcilla pudelada) detrás de la caja y por encima del ojo del manantial para evitar la infiltración de contaminantes.

Debe preverse la posibilidad de vaciar el depósito y limpiarlo.

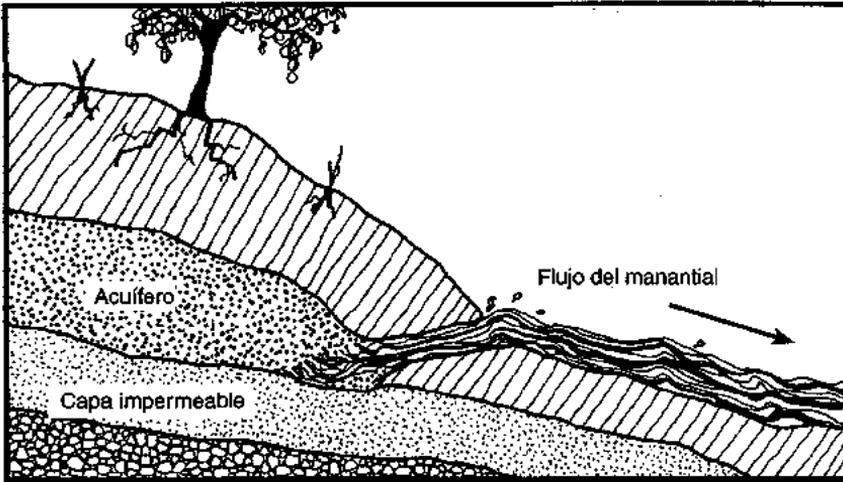
Los manantiales expuestos son vulnerables a la contaminación causada por las actividades del hombre y de los animales (véanse las figuras 6.5 y 6.6). El método usual de proteger los manantiales consiste en captar el agua en el punto donde mana encerrando el ojo del manantial en una cámara cubierta o caja provista de una salida cerca del fondo que permita que el agua fluya lejos del emplazamiento

**Fig. 6.4 Manantial de gravedad protegido**



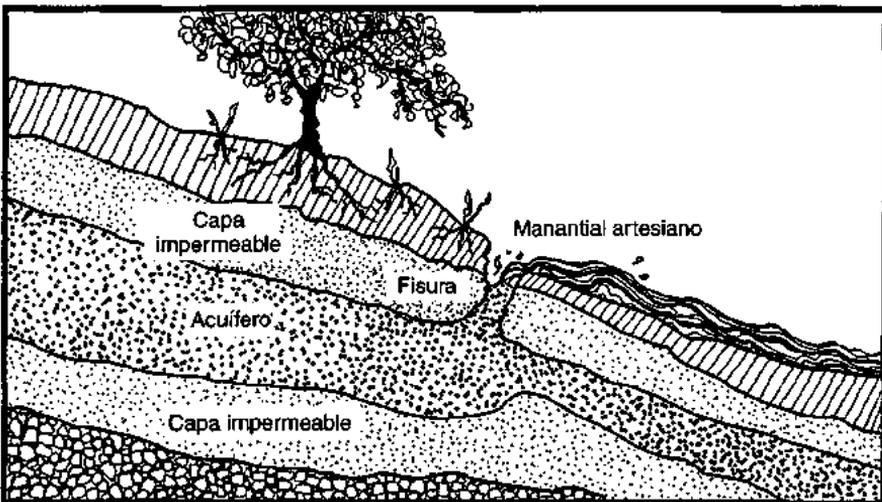
WHO 96555/S

**Fig. 6.5 Manantial de gravedad no protegido**



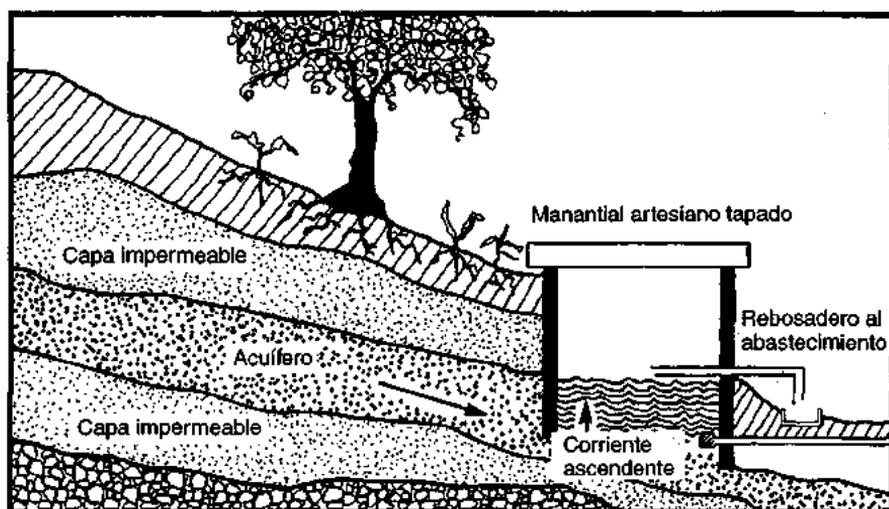
WHO 96556/S

**Fig. 6.6 Manantial artesiano no protegido**



WHO 96557/S

**Fig. 6.7 Manantial artesiano protegido**



WHO 96558/S

original del manantial, con lo que éste se perturba lo menos posible. El procedimiento exacto dependerá del tipo y la ubicación del manantial (véanse las figuras 6.4 y 6.7). La ladera debe excavarse lo bastante profundamente para poder explotar el acuífero aun cuando el nivel del agua sea bajo y, en el caso de los manantiales protegidos en los que el agua mana por gravedad, para evitar que el agua acumulada ejerza una presión de retroceso en el ojo del manantial. La estructura de admisión debe ser diseñada y la zona excavada rellena con una gradación de grava, para impedir la entrada de arena y sedimento junto con el agua en la caja del manantial; ésta formará la pared trasera de un manantial de gravedad y el fondo de un manantial artesiano. La admisión y el relleno de grava deben cubrirse con una tapa impermeable (de hormigón o arcilla pudelada, por ejemplo) para prevenir la infiltración de las aguas de superficie. Para asegurarse de que el agua recogida no está contaminada, se deberá instalar, si es preciso, una tubería de conducción y un depósito de almacenamiento adecuados. La caja del manantial debe estar provista de una tapa que se pueda cerrar con llave para facilitar las inspecciones. Los orificios de ventilación, los desagües y los rebosaderos deben protegerse con tamices de malla, y el conjunto de la estructura debe rodearse con una zanja para desviar las aguas de superficie (figura 6.4). En el anexo 2 se presenta una lista completa de los puntos en que debe centrarse la inspección sanitaria.

Los manantiales suelen contaminarse cuando en los terrenos adyacentes y situados en un nivel más alto se encuentran corrales, alcantarillas, fosas sépticas, pozos negros u otras fuentes de contaminación. En las formaciones de piedra caliza, sin embargo, el material contaminado penetra con frecuencia en las

corrientes de agua subterránea a través de perforaciones o de otras aberturas grandes del terreno y puede ser arrastrado a larga distancia por el agua. Igualmente, si el material contaminante penetra en los canales tubulares juntamente con el material de las morrenas de los glaciares, el agua puede seguir estando contaminada aun después de haber atravesado largas distancias.

Las siguientes medidas de precaución contribuirán a conseguir que se mantenga regularmente la buena calidad del agua de un manantial:

- Desviar del emplazamiento del manantial los desagües de superficie. Se debe excavar una zanja de desagüe en un punto más alto de la ladera con el fin de interceptar la escorrentía y alejarla del manantial. El emplazamiento de la zanja y el lugar hacia donde deberá conducirse el agua para su descarga son cuestiones que hay que decidir con tino, sobre la base de ciertos factores como la topografía, la geología de las capas de terreno situadas debajo de la superficie, la propiedad de las tierras y el uso a que éstas estén destinadas.
- Construir una valla para impedir la entrada del ganado. El emplazamiento de la valla deberá decidirse a la luz de las consideraciones antes mencionadas. Prever la posibilidad de acceso al depósito para las operaciones de mantenimiento; para impedir que se abra la tapa sin autorización habrá que proveerla de una cerradura fiable.
- Diseñar la tapa de modo que la contaminación no pueda penetrar en el depósito de almacenamiento.
- Vigilar la calidad del agua del manantial mediante análisis periódicos para controlar toda posible contaminación. Un aumento marcado de la turbiedad o del caudal inmediatamente después de una tempestad de lluvia es un indicio casi seguro de que la escorrentía de superficie llega al manantial.

El agua de un manantial protegido puede abastecer a una comunidad pequeña directamente o mediante un sistema de distribución. Estos sistemas pueden no estar desinfectados porque el agua es bacteriológicamente pura y la cloración es costosa. En los casos en que los abastecimientos de agua procedente de un manantial requieren desinfección, sea porque la legislación local la hace obligatoria o porque la calidad del agua es deficiente, el proceso de desinfección suele ser continuo: el cloro se añade en el punto en que el agua pasa de la caja del manantial a la cañería o en el punto en que pasa del depósito de almacenamiento a la red de distribución.

Los manantiales artesianos deben protegerse mediante una caja cuyas paredes lleguen más arriba de la cabeza estática máxima, provista además de una tapa sanitaria resistente. Para conservar el agua y aumentar la productividad de un pozo artesiano, la caja debe estar sellada en la superficie de contacto con el estrato contiguo, ya que de otro modo podría perderse agua por infiltración en los estratos permeables de baja presión situados más arriba. Un pozo artesiano debe diseñarse de manera que pueda controlarse el movimiento del agua que brota del acuífero; el agua puede conservarse si el pozo está equipado con una válvula o un dispositivo de cierre. Cuando la zona de recarga y el acuífero son grandes, y sólo

hay un pequeño número de pozos que penetren en el acuífero, el pozo artesiano produce un caudal regular y constante durante todo el año.

## 6.5 Captación de aguas pluviales

Las aguas pluviales recogidas de los tejados limpios pueden ser de mejor calidad bacteriológica que el agua extraída de los pozos domésticos no tratados. Cuando empieza a llover después de un largo periodo de sequía, sin embargo, el agua de lluvia que se recoge puede contener una concentración considerable de contaminantes y escombros que se habían acumulado en el tejado y en los canalones. Se recomienda, pues, que el agua que cae de los tejados después de las primeras lluvias de la estación – y preferiblemente durante los primeros 5–10 minutos o hasta que se vea limpia – no se recoja o se utilice para fines distintos de la bebida. Existen varios dispositivos que permiten desviar estas primeras aguas pluviales hacia la alcantarilla o depositarla para usos secundarios.

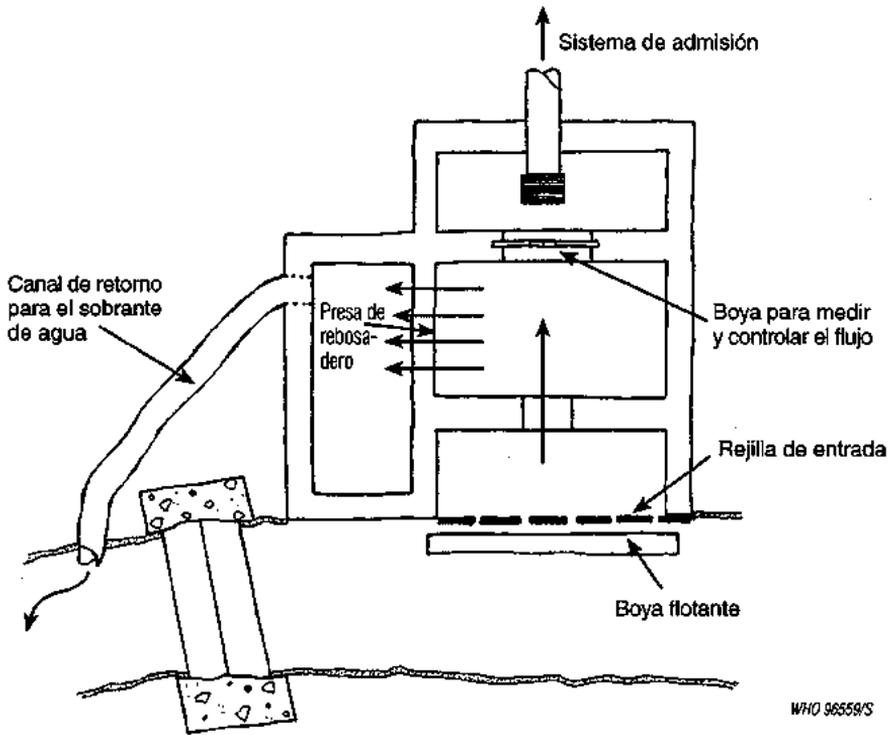
La calidad de las aguas pluviales recogidas también se puede mejorar con un mantenimiento apropiado del tejado y de los canalones, y una limpieza cuidadosa de los mismos al principio de cada estación húmeda. Cabe instalar una rejilla entre el sistema de canalones y la tubería de bajada para impedir la entrada de la broza más gruesa, pero en este caso hay que limpiar regularmente la rejilla para evitar taponamientos. Los tejados que más se ensucian son los situados debajo de los árboles en los que anidan pájaros. En las zonas de paludismo endémico hay que evitar cuidadosamente la formación de charcos que podrían servir de criaderos para los mosquitos.

Las cisternas que se utilicen para recoger las aguas pluviales deben estar completamente cubiertas y bien mantenidas. Si la cubierta es defectuosa, entrarán en la cisterna lagartos, lagartijas y dragones y causarán concentraciones altas de coliformes termotolerantes (fecales). Una rejilla fina fijada en todas las aberturas del depósito impedirá la entrada de desechos orgánicos. El agua debe extraerse mediante un grifo situado un poco por encima del fondo de la cisterna. En el anexo 2 se presenta una lista de comprobación para la inspección sanitaria de los depósitos de recogida de las aguas pluviales.

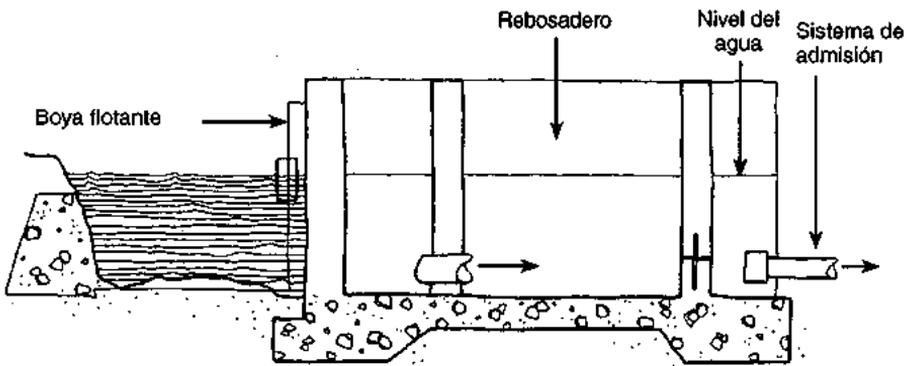
## 6.6 Tratamiento del agua

En el caso de las comunidades pequeñas es preferible, generalmente, proteger una fuente de aguas subterráneas, que no necesita tratamiento o sólo muy poco, antes que tratar las aguas de superficie, que han estado expuestas a la contaminación fecal y suelen ser de poca calidad. Sin embargo, en muchos casos las aguas de superficie son las únicas a las que cabe recurrir, y hay que prever su tratamiento y desinfección con los medios al alcance. El número de tipos de tratamiento disponibles para los abastecimientos a las comunidades pequeñas es forzosamente limitado por causas técnicas y económicas; a continuación se resumen los tratamientos más comúnmente aplicados y más apropiados. La instalación de

**Fig. 6.8 Admisión de aguas de superficie**



**A. Planta**



**B. Sección transversal**

estaciones de tratamiento no es una solución adecuada para los problemas de calidad de agua que prevalecen en las zonas rurales.

### 6.6.1 Extracción

Las medidas de control necesarias en el punto de extracción del agua vienen determinadas en gran medida por las características de la fuente de agua y por el método de tratamiento adoptado en cada caso concreto. Cuando el agua acarree sólidos de gran tamaño, flotantes o en suspensión, será preciso instalar rejillas, las cuales habrá que limpiar periódicamente. Unos canales de entrada o diques laterales construidos de manera apropiada pueden servir para obtener la entrada regular por los lados de agua de una fuente de aguas de superficie. Tanto las compuertas como las válvulas permiten regular el flujo de agua, pero requieren un mantenimiento y un reajuste periódicos.

Cuando las profundidades del flujo corriente arriba están controladas mediante rebosaderos bien construidos, el uso de diques permitirá regular relativamente bien el flujo con un mínimo de atención. En el caso de los abastecimientos a las comunidades, el ángulo del corte en forma de «V» necesario puede ser de 45° en lugar del más corriente de 90°, para poder alcanzar una profundidad razonable corriente arriba.

Muchos de los principales problemas de los suministros de aguas de superficie a la comunidad empiezan en el punto de extracción; a continuación se mencionan los más comunes (véanse también la figura 6.8 y el anexo 2):

- No hay ningún dique a través de la corriente o el río, y cuando el nivel es bajo no hay agua suficiente para abastecer a la comunidad.
- No hay rejilla de entrada y en consecuencia la entrada queda taponada con frecuencia, lo que causa interrupciones del suministro o permite que residuos de broza grandes pasen a la estación de tratamiento.
- No hay boya flotante en la entrada y en consecuencia las sustancias flotantes (aceites, grasas) pasan a la estación de tratamiento.
- No hay control del flujo o el control es inapropiado o no hay rebosadero.

### 6.6.2 Tratamiento preliminar por almacenamiento

El almacenamiento preliminar en un depósito contribuye a garantizar un abastecimiento continuo de agua a pesar de las variaciones en la demanda y en la disponibilidad de agua de la fuente. También constituye un procedimiento económico para que sedimente una parte de los sólidos en suspensión.

En las zonas afectadas por la esquistosomiasis, el almacenamiento protegido durante un mínimo de 48 horas aporta cierto grado de seguridad, ya que las cercarias mueren al no encontrar ningún huésped al que poder infectar. Si se puede prolongar más el tiempo de retención, el número de microorganismos puede reducirse considerablemente, aunque para ello a menudo es necesario que el almacenamiento se prolongue durante más de una semana. Por otra parte, sin

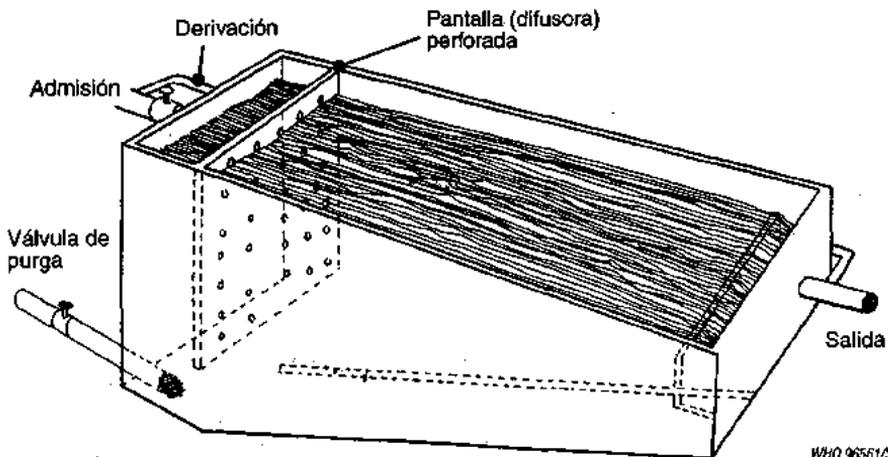
embargo, el almacenamiento prolongado en depósitos no cubiertos puede estimular el crecimiento de algas y la proliferación de mosquitos. Si el volumen de almacenamiento necesario es tal que no es posible construir un depósito cubierto, debe hacerse lo posible por evitar la creación de hábitats adecuados para los mosquitos, los moluscos u otros organismos asociados a las enfermedades en las comunidades de los alrededores.

### 6.6.3 Simple sedimentación

Las aguas de superficie contienen con frecuencia arena, grava, sedimentos y otros sólidos en suspensión que pueden causar daños en las bombas, taponar los filtros, obstruir las conducciones y reducir la eficacia de la desinfección. La sedimentación contribuye a reducir los sólidos en suspensión antes del tratamiento por filtración y puede eliminar del agua contaminada cantidades considerables de microorganismos nocivos. Sin embargo, las partículas finas de arena o arcilla no es probable que resulten eliminadas en medida considerable en un depósito de sedimentación sin el empleo de coagulantes químicos (véase la sección 6.6.6).

La arena y los sólidos gruesos en suspensión se pueden eliminar en un depósito o canal a propósito (depósito de sedimentación gruesa) a una velocidad de sedimentación de menos de 0,75 m/s y con un tiempo de retención de unos pocos minutos. La cantidad de materia en suspensión más fina puede reducirse haciendo pasar el agua lentamente por un sedimentador (depósito de sedimentación), dando tiempo para que los materiales se posen en el fondo. Se deben instalar pantallas de entrada, de salida e interiores para aumentar al máximo el tiempo de retención en el depósito. Estas pantallas deben contribuir además a regular el flujo sin turbulencias

**Fig. 6.9 Depósito de sedimentación sencillo**



a través del depósito. Éste debe construirse de modo que permita las operaciones periódicas de limpieza y de eliminación de los lodos. El tiempo de retención en un depósito de sedimentación suele ser considerablemente más corto que en un depósito de almacenamiento, generalmente de unas pocas horas.

Los principales problemas de los sedimentadores sencillos, que pueden dar lugar a deficiencias en la calidad del agua, son los siguientes:

- Cortocircuitos en el flujo, por ausencia o diseño defectuoso de las pantallas.
- Mantenimiento deficiente, con acumulación de un volumen excesivo de sedimento y el consiguiente arrastre del mismo. La figura 6.9 muestra un diseño apropiado así como los puntos clave en los que debe centrarse la inspección sanitaria.

Para que el funcionamiento sea correcto:

- La pantalla de entrada del depósito de sedimentación debe estar perforada de modo que el agua entre de manera uniforme por toda la sección vertical del depósito y se evite que pase más rápidamente por la superficie del mismo.
- El fondo del depósito debe estar inclinado en pendiente hacia un canal de sedimento, el cual debe también estar inclinado en dirección a la válvula de purga. Es importante asegurarse de que:
  - la válvula de purga es de un diámetro suficiente para que el drenaje sea rápido;
  - la válvula funciona y está bien engrasada;
  - el fondo del depósito queda relativamente limpio después de haber sido purgado.

La eficacia del sedimentador debe evaluarse de la manera siguiente:

- Comprobando la turbiedad en la entrada y la salida. Como orientación general, un sedimentador ineficaz puede reducir la turbiedad en menos de un 50% mientras que un sedimentador eficaz puede llegar hasta un 90% de reducción.
- Comprobando el tiempo de retención. Para ello se introduce sal en el punto de admisión, en cantidad suficiente para aumentar la conductividad de una «bujía» de agua. Se mide el tiempo necesario para que el aumento de la conductividad pueda medirse en el punto de salida y se traza un gráfico con una curva de conductividad en la salida en relación con el tiempo. En un sedimentador bien diseñado, el aumento de la conductividad en la salida debe producirse al cabo de por lo menos dos horas desde que la sal fue introducida en el punto de entrada. Un tiempo mínimo de retención de dos horas es indispensable en la mayoría de los tipos de agua para alcanzar una eficiencia de eliminación de más del 50%.

Para que el suministro no se interrumpa durante las operaciones de mantenimiento es indispensable instalar una derivación alrededor del sedimentador.

### 6.6.4 Prefiltrado

En las estaciones de tratamiento pequeñas en las que el contenido de sólidos en suspensión y la turbiedad del agua que se debe tratar son siempre o periódicamente altos, el prefiltrado con grava u otro material grueso antes del filtrado con arena es un medio eficaz para evitar que los filtros de arena se taponen rápidamente. El prefiltro típico consiste en un depósito dividido en varios compartimientos llenos de materiales de tamaño graduado de mayor a menor, desde el muy grueso, por ejemplo, guijarros de 50 mm, en el compartimiento situado más corriente arriba, hasta el más fino, por ejemplo, gravilla de 6–10 mm de diámetro, en el compartimiento situado más corriente abajo. El agua cruda pasa verticalmente u horizontalmente a través de los diferentes compartimientos y se recoge luego en una cámara de salida. Si se elige la circulación vertical del flujo de agua, éste puede ir de abajo a arriba o de arriba a abajo, pero los filtros de este último tipo son más fáciles de limpiar, y, por tanto, es probable que funcionen con más eficacia.

Las tasas de filtrado características en los prefiltros de grava con tres compartimientos se sitúan entre los límites de 0,5 y 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por hora. La carga inferior es apropiada para las aguas crudas que presentan periódicamente una turbiedad alta (de más de 80 UNT). En los prefiltros que funcionan correctamente, los sólidos en suspensión, la turbiedad y la contaminación microbiológica se pueden reducir considerablemente. Los prefiltros necesitan un periodo de «rodaje» o maduración, que puede durar varios meses para las aguas crudas con bajo nivel de nutrientes, antes de que lleguen a la máxima eficiencia en su funcionamiento. Debe tenerse cuidado de tapar las cámaras de filtrado o de mantener los niveles de agua por debajo del nivel a donde llega la carga de grava; de esta manera, no sólo se evita que los pájaros y otros animales se sientan atraídos hacia la instalación y ensucien el prefiltro sino que también se previene el crecimiento de algas.

En los prefiltros verticales (cualquiera que sea la dirección del flujo de agua, de abajo a arriba o de arriba a abajo), la limpieza periódica puede llevarse a cabo mediante un dispositivo de drenaje de gran capacidad que pueda abrirse para permitir que todo el filtro se vacíe rápidamente en un canal de aguas servidas. Los prefiltros de flujo horizontal también se pueden limpiar de la misma manera pero la limpieza es menos eficaz y es necesario vaciar periódicamente de grava los filtros para proceder a su limpieza; en esta clase de prefiltros, la relación costo-eficacia es menos satisfactoria.

Si el diseño y el funcionamiento de los prefiltros es correcto, permitirán mejorar considerablemente la calidad del agua. Resultan particularmente útiles para los abastecimientos de pequeña superficie, cuando los filtros lentos de arena se sobrecargan de sedimentos, y pueden encargarse de su funcionamiento miembros de la comunidad misma si el organismo abastecedor de agua les presta apoyo suficiente. En el curso de la inspección sanitaria de un prefiltro los principales puntos que se deben controlar son los siguientes:

- ¿Es la turbiedad del agua que sale del prefiltro inferior a 60 UNT?
- ¿Es la tasa de flujo del agua a través del medio del filtro controlada y apropiada para las condiciones locales (por ejemplo, de entre 0,5 y 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por hora)?
- ¿Se sitúa el grado de eficacia de la eliminación de la turbiedad por el prefiltro entre el 70% y el 90% cuando la turbiedad es de más de 100 UNT?
- ¿Se procede sistemáticamente a la limpieza del prefiltro?
- ¿Es eficaz la limpieza? (Su eficacia se puede comprobar tomando una muestra de grava y estimando la cantidad de sedimento presente pasándola por un tamiz.)
- ¿Están protegidos el filtro y el agua filtrada de una nueva contaminación por animales y pájaros?

En la figura 6.10 se presenta un modelo de prefiltro de grava con flujo de agua ascendente.

### 6.6.5 Filtrado lento con arena

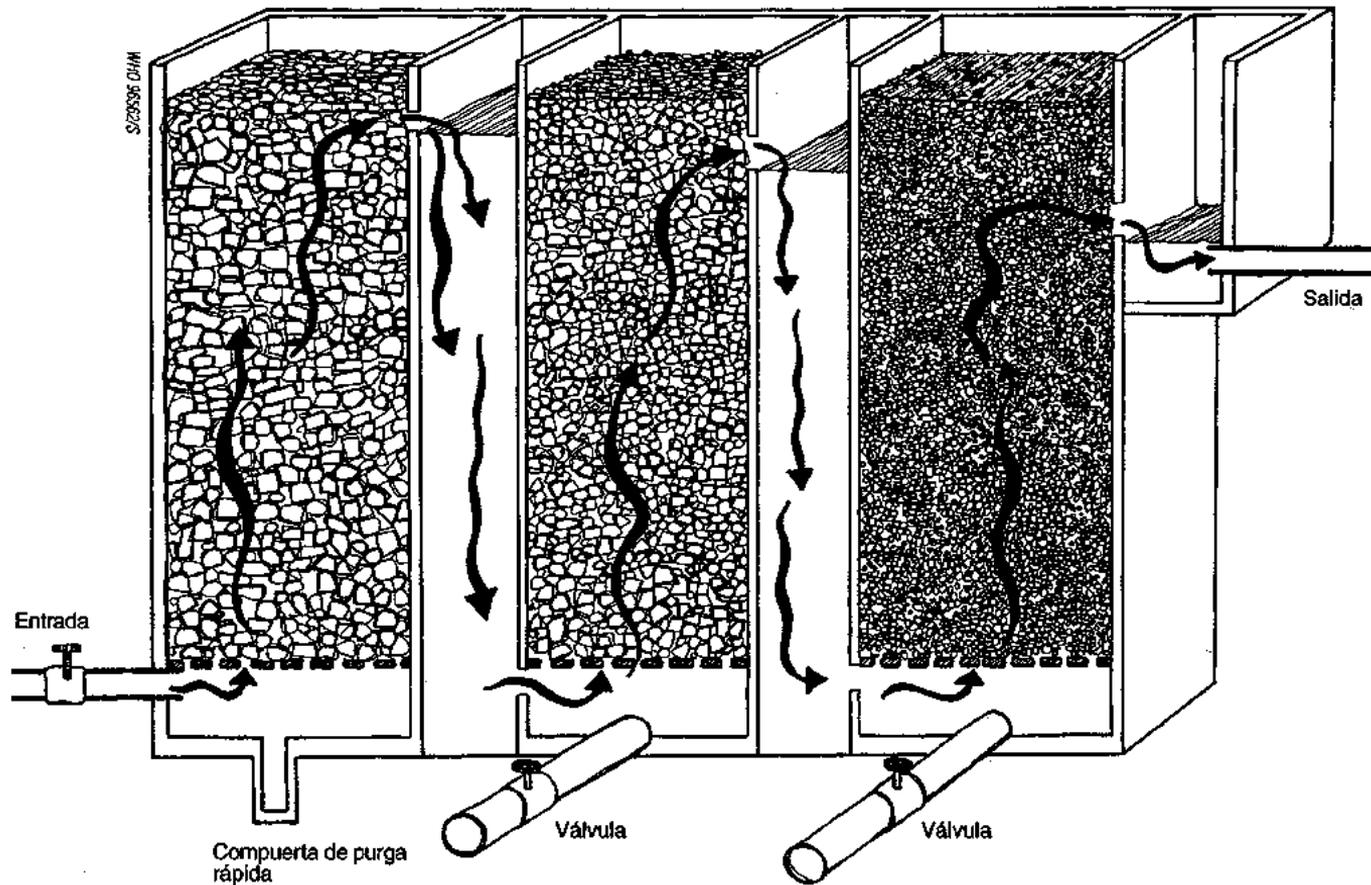
El filtrado lento con arena mejora la calidad física, química y microbiológica del agua; es fiable y poco costoso, y, por consiguiente, es particularmente útil en los abastecimientos de agua a las comunidades pequeñas.

Los filtros de arena lentos consisten en un lecho de arena puesto encima de una capa de grava y un sistema de drenaje en la parte inferior. El grosor de la capa de arena que actúa como filtro suele ser de 0,5 a 1,2 m, y varía a medida que se retira la arena de la superficie, de vez en cuando, para evitar que se tapone. Para que el tratamiento sea eficaz, debe considerarse que el grosor de la capa de arena debe ser de 0,5 m como mínimo absoluto. Cuando, a fuerza de retirar la arena de la superficie, la capa llega a este grosor, hay que rehacerla con arena limpia. La arena retirada de la parte superior de la capa se suele volver a utilizarla una vez convenientemente lavada. La capa de arena que sirve de filtro se sumerge bajo el líquido sobrenadante (el agua que entra) a una profundidad aproximada de 0,6 a 1,5 m. Si es posible, los filtros de arena lentos deben cubrirse para protegerlos de la luz del sol, que puede favorecer el crecimiento de algas. La cobertura puede reducir además el riesgo de que ensucien el agua las aves y otros animales, así como el riesgo de helada (en los climas fríos).

Los filtros de arena lentos suelen funcionar con unas tasas de filtrado situadas entre 0,1 y 0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por hora y deben tener una superficie mucho mayor que un filtro de gravedad rápido de parecida capacidad. Los granos de la arena del filtro deben tener un grosor entre mediano y grande; las arenas que contengan una proporción considerable de pequeñas partículas quedarán rápidamente taponadas por los sólidos que el líquido que entra en el filtro lleva en suspensión. Generalmente hay que lavar la arena antes de utilizarla en un filtro de arena lento.

La característica más interesante del filtrado lento con arena es que la depuración del líquido que entra en el filtro se efectúa por medios microbiológicos. En la superficie del lecho del filtro se forma una alfombra fina y viscosa, llamada *schmutzdecke* o piel del filtro, que es de índole principalmente orgánica y

Fig. 6.10 Prefiltro vertical de grava con circulación ascendente



sumamente activa biológicamente. Los microorganismos presentes en el agua que entra quedan atrapados en la *schmutzdecke* y son digeridos por ésta, con lo que su número se reduce considerablemente. El agua baja por el filtro pasando por una zona biológicamente activa de un grosor aproximado de 0,3 a 0,4 m. Las partículas finas quedan atrapadas encima de los granos de arena, donde los microorganismos consumen el material orgánico, incluidos los gérmenes patógenos contenidos en el agua que entra, y se devoran unos a otros (predación). En conjunto, el resultado de todo ello es una reducción considerable del número de bacterias indicadoras y de microorganismos patógenos en el agua. En un filtro correctamente instalado, la eficiencia de la eliminación de los gérmenes patógenos puede pasar del 99%. La eficiencia del filtrado lento con arena puede reducirse notablemente a temperaturas inferiores a los 6 °C.

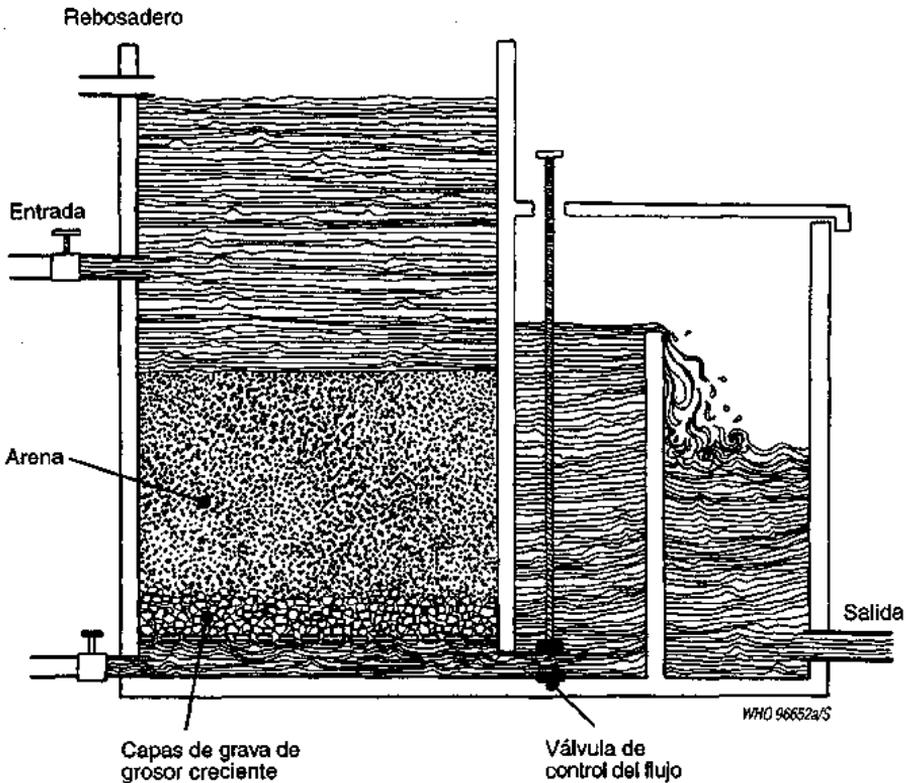
Después de una operación de limpieza del filtro de arena lento, la *schmutzdecke* tarda algún tiempo en formarse de nuevo; si el agua que entra es rica en nutrientes puede tratarse de unos pocos días, pero el plazo puede prolongarse hasta varias semanas si el contenido de nutrientes es bajo. Durante este tiempo debe dejarse que el agua siga pasando por el filtro, pero, en principio, no debería suministrarse a los consumidores. Si es posible, conviene construir dos filtros de arena lentos para poder seguir suministrando agua a través de uno de ellos mientras se limpia el otro.

Los filtros de arena lentos deben funcionar con un flujo regular y constante de agua y nunca se debe permitir que se sequen durante un proceso de filtrado. La turbiedad del agua cruda no debe exceder de 60 UNT durante más de unas pocas horas, porque se produciría rápidamente un taponado del filtro con la consiguiente ineficiencia del filtrado. Así pues, el funcionamiento eficiente de los filtros de arena lentos requiere que éstos sean protegidos de todo exceso de turbiedad en el agua cruda, por ejemplo mediante el uso de prefiltros.

En la figura 6.11 se presenta el diseño más corriente de un filtro de arena lento. El nivel de la salida del filtro es más alto que el del lecho de arena para evitar que el lecho se seque accidentalmente, por ejemplo a causa de una interrupción del flujo de entrada. Si el lecho se seca, mueren rápidamente los microorganismos que llevan a cabo la depuración.

En la inspección sanitaria de los filtros de arena lentos deben comprobarse principalmente los puntos siguientes:

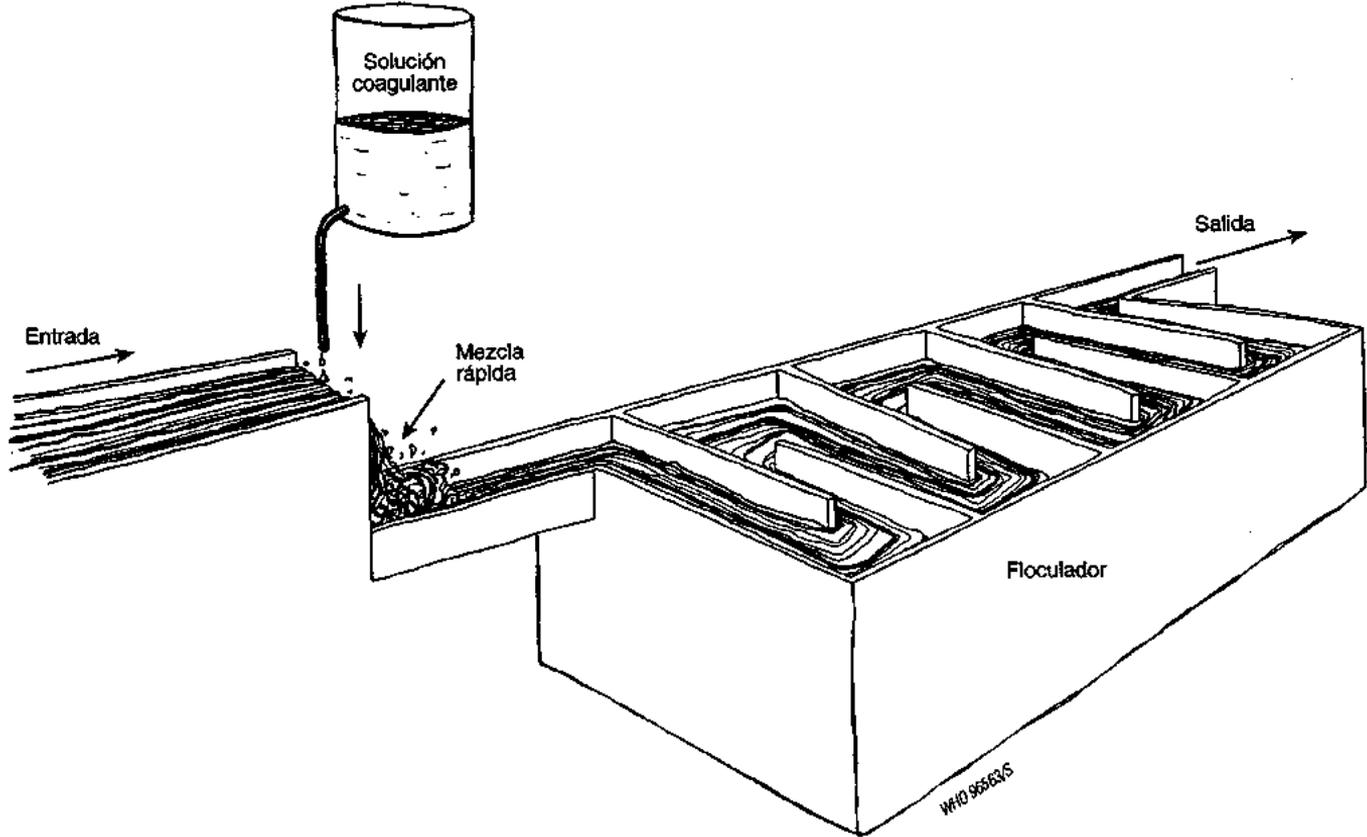
- ¿Es el grado de turbiedad del agua filtrada inferior a 5 UNT?
- ¿Se sitúa la tasa de circulación del agua en el interior del filtro de arena entre 0,1 y 0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por hora, y es constante?
- ¿Es la turbiedad del agua que entra en el filtro de arena lento inferior a 60 UNT de manera prácticamente constante?
- ¿Se procede a retirar la superficie de la capa de arena cuando es necesario?
- ¿Es el grosor del lecho de arena de más de 0,5 m?
- ¿Se lava y se guarda en un depósito de arena la que se retira de la superficie?
- ¿Se ha instalado un dispositivo de cabeza mínimo, y evita que se seque el lecho de arena si se interrumpe la entrada de agua?

**Fig. 6.11 Filtro de arena lento**

### 6.6.6 Coagulación, floculación y sedimentación

Las partículas finas en suspensión pueden eliminarse del agua con la aportación dosificada de productos químicos que provocan la formación de un precipitado absorbente y de un grosor apreciable. Estos productos químicos reciben el nombre de coagulantes y reaccionan con las partículas en suspensión para formar copos capaces de depositarse. La mayoría de los coagulantes son sales de hierro o de aluminio, por ejemplo sulfato de aluminio (alumbre) y cloruro férrico. La índole del copo depende principalmente de las características del agua cruda, del tipo de coagulante empleado y de la tasa de dosificación. En cuanto los coagulantes se añaden al agua es indispensable mezclarlos con ella lo antes posible. Una vez mezclados, empiezan a formarse unos microcopos que, después de un periodo adecuado en un floculador, se unen para formar macrocopos que se pueden depositar y filtrar. Éstos se eliminan mediante una sedimentación secundaria en un clarificador, por filtrado o por una combinación de ambos procedimientos en

Fig. 6.12 Depósito de coagulación, mezcla y floculación



serie. Cuanto más pesado es el precipitado o copo, más rápida será su tasa de sedimentación.

Los coagulantes se suelen añadir al agua cuando ésta ya ha sido sometida a pretratamiento, por ejemplo un tamizado o un prefiltrado, que tiene por objeto eliminar las partículas grandes presentes en el agua. De este modo el coagulante puede actuar con más eficiencia en las partículas más finas.

El depósito de coagulación, mezcla y floculación adopta generalmente la forma de una balsa rectangular, en la que el agua fluye horizontalmente de un extremo del depósito al otro. Los copos se posan en los niveles inferiores del depósito y el agua clara sale por un vertedero situado en lo alto (figura 6.12). La eliminación de los copos depositados en el fondo puede efectuarse por medio de desagües. Algunos clarificadores se construyen en forma de pirámide invertida, y en ellos el agua entra por la base y fluye en dirección ascendente a través del depósito, de superficie cada vez mayor, a una velocidad regularmente decreciente. Se forma una «manta de sedimento» en una posición en la que la fuerza ascendente del flujo de agua que entra equilibra la fuerza descendente ejercida en los copos por la gravedad. El agua clara sigue subiendo y sale por las aberturas de la parte alta; el sedimento que se va acumulando debe «sangrarse» continuamente para mantener la manta de sedimento.

Las características físicoquímicas del agua cruda determinan la elección del coagulante y la cantidad necesaria del mismo. Estas características pueden variar con la estación, por lo que puede ser necesario reajustar periódicamente la dosis de coagulante. El problema que se plantea más frecuentemente en el tratamiento con coagulante es la elección incorrecta de la dosis. Es indispensable, pues, realizar periódicamente pruebas en pequeña escala para determinar la dosis óptima, teniendo en cuenta las fluctuaciones en la turbiedad o en la carga de sólidos en suspensión, así como otros factores pertinentes. Los procedimientos de control de la calidad deben incluir además la vigilancia sistemática de la turbiedad y del pH. Generalmente, el tipo y la dosis de coagulante sólo se pueden determinar experimentalmente en el laboratorio.

Durante la inspección sanitaria deben revisarse las existencias de productos químicos para comprobar si están almacenados de manera correcta y sin que presenten peligros, si se dispensan apropiadamente, si se usan en rotación y si estas existencias constan en un inventario.

La coagulación y la floculación requieren una inversión económica relativamente importante en la instalación, los depósitos, los productos químicos y el mantenimiento. Inevitablemente, pues, el costo del agua así tratada resulta alto. La técnica puede ser interesante para algunas comunidades pequeñas, como los asentamientos en las zonas periurbanas, a las que puede llegar fácilmente el personal de mantenimiento del abastecedor de agua. La coagulación también puede ser útil para contribuir a eliminar algunos contaminantes químicos tales como el fluoruro. En general, sin embargo, la técnica es demasiado difícil de aplicar y de controlar satisfactoriamente en las comunidades rurales más aisladas.

En el anexo 2 figura una lista de comprobación para la inspección sanitaria.

### 6.6.7 Filtrado rápido en arena

En las estaciones de tratamiento grandes es frecuente el uso del filtrado rápido en arena después del proceso de coagulación-floculación-sedimentación y antes de la desinfección. También se puede utilizar como proceso de prefiltrado antes del filtrado lento en arena en gran escala. El filtrado rápido se puede practicar en depósitos abiertos (filtros de arena rápidos por gravedad) o en depósitos metálicos cerrados a través de los cuales el agua pasa a presión (filtros de presión). Los filtros rápidos por gravedad generalmente funcionan a unas tasas de filtración considerablemente más altas que las normales del filtrado lento en arena (alrededor de 4,0 a 5,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de superficie de filtrado por hora). En consecuencia, los filtros tienen una superficie considerablemente más pequeña para una capacidad de rendimiento análoga. En los filtros rápidos por gravedad se suele utilizar arena gruesa; en los casos en que se ha comprobado la necesidad de evitar que se tapone la superficie del filtro por tensión, se han empleado filtros multimedia (que contienen, por ejemplo, partículas de antracita muy gruesas encima de la arena gruesa). Los lechos de los filtros rápidos por gravedad tienen generalmente un grosor de 0,6 a 1,0 m, y sus partículas suelen tener un diámetro de 0,4–1,0 mm.

Las tasas de eliminación de microbios en los filtros rápidos por gravedad son lentas; en cambio, los sólidos en suspensión se eliminan con gran eficiencia. Los filtros se taponan rápidamente por tensión de la superficie o un exceso de sedimento en las capas superiores. Es necesario, pues, proceder periódicamente a su limpieza (normalmente cada día), mediante un enérgico lavado inverso con agua, a veces en combinación con un lavado con aire comprimido. Cuando los filtros rápidos por gravedad están sobrecargados pueden dejar de filtrar eficazmente al poco tiempo a causa del grosor del material empleado. Si se plantea el problema de la sobrecarga habrá que proceder a un lavado inverso más frecuente o a ampliar la estación. Sin una limpieza sistemática y eficaz, pueden formarse tapones de lodo y grietas en el lecho del filtro.

### 6.6.8 Aireación

En el tratamiento del agua la aireación puede utilizarse para reducir los sabores y los olores (por ejemplo, por oxidación del sulfuro de hidrógeno), para rebajar los niveles de materia orgánica volátil, y para alterar las concentraciones de gases disueltos, aunque apenas obra efectos apreciables en los asociados al crecimiento de las algas. Los aireadores más adecuados para ser utilizados en los abastecimientos a la comunidad son el de cascada, el de bandejas múltiples y el de lecho compactado, en los que una fina capa de agua circula por encima de las superficies para maximizar la transferencia al agua del oxígeno presente en el aire inmediato.

### **Aireador de cascada**

Un aireador de cascada consiste en una escalera por la que fluye una película de agua muy fina. Normalmente, la anchura y la profundidad de cada peldaño es de 10–15 cm y la altura de 1–4 m; la altura de caída del agua para las cascadas más grandes puede plantear un grave problema de diseño si se trata de evitar su bombeo.

### **Aireador de bandejas múltiples**

Un aireador de bandejas múltiples (véase la figura 6.13) se compone de una serie de bandejas formadas por placas metálicas perforadas, rejillas metálicas o tablillas de madera, dispuestas verticalmente una encima de otra en forma de una pequeña torre. Cada bandeja contiene una capa de un grosor de 15–30 cm de piedra, coque o arcilla quemada en trozos de 5–15 cm de tamaño.

El agua entra en el aireador por la parte de arriba (mediante un pulverizador o una rociadora), procedente de un depósito perforado situado encima de la bandeja superior. Es necesario determinar las tasas de carga apropiadas mediante ensayos piloto, ya que las características del agua pueden variar según los lugares y también estar sujetas a cambios estacionales. Las tasas de carga normales se sitúan entre los 0,25 y los 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> del total de la superficie efectiva de la bandeja por hora.

El aire pasa a través de los materiales, y en muchos casos se insertan rejillas abiertas entre las bandejas para alimentar el flujo de aire. En circunstancias extremas, cabe emplear la ventilación mecánica forzada para mantener la tasa más alta posible de aireación en una instalación determinada. El funcionamiento puede resultar afectado muy negativamente por la formación de hielo durante los periodos de heladas.

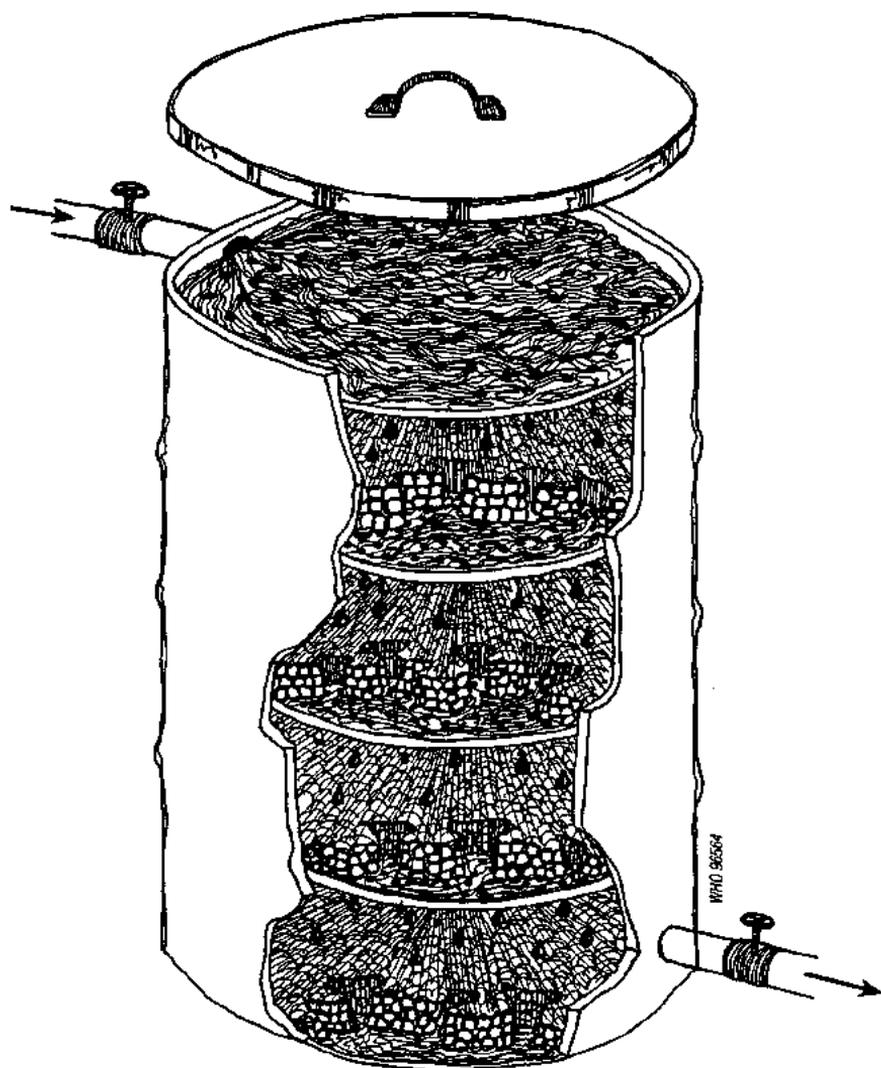
Aparte de la aireación, los aireadores de bandejas múltiples se pueden utilizar además para eliminar el hierro presente en algunos tipos de agua.

### **Aireadores de lecho compactado**

Un aireador de lecho compactado consiste en una torre que contiene arcilla cocida, cerámica, plástico, piedra o coque en partículas de 5–15 cm de tamaño y se utiliza generalmente para eliminar las materias orgánicas volátiles de la corriente de agua. Existen productos especiales para esta clase de aireadores, entre ellos cilindros de cerámica o plástico en diversas formas. Es necesaria la ventilación forzada, y el rendimiento debe determinarse en una estación piloto antes de construir una instalación en gran escala.

Si la fuente de agua es rica en metales (algunas aguas subterráneas contienen hierro, por ejemplo), sus concentraciones por encima de 0,3 mg/litro pueden producir un sabor y un olor detectables. Además, el agua que contiene hierro puede causar manchas si se emplea para lavar la ropa, acumulaciones de precipitados de hierro en las cañerías del sistema de distribución, y el crecimiento de bacterias *Crenothrix*. Los aireadores de lecho compactado se pueden utilizar

**Fig. 6.13 Aireador de bandejas múltiples**



para eliminar el hierro, que se deposita en los materiales del sistema. La eliminación del manganeso es más difícil de conseguir y debe realizarse a un pH de más de 9; también las combinaciones de metales pueden ser difíciles de eliminar. La adición de potentes agentes oxidantes, tales como el cloro, el ozono o el permanganato de potasio, puede facilitar el proceso de deposición.

Lo mismo que en el caso de los aireadores de bandejas múltiples, el rendimiento de los aireadores de lecho compactado puede resultar afectado adversamente por la formación de hielo en los periodos de heladas.

### 6.6.9 Eliminación del fluoruro

El fluoruro puede encontrarse naturalmente presente en el agua o ser añadido a agua de beber durante el tratamiento. Una concentración de fluoruro de alrededor de 1 mg/litro puede contribuir a reducir la incidencia de caries, pero las concentraciones de más de 1,5 mg/litro pueden oscurecer el esmalte de los dientes, y las concentraciones muy altas pueden causar fluorosis del esqueleto.

En algunas zonas del mundo son localmente comunes las altas concentraciones de fluoruro, por ejemplo en las aguas subterráneas, y en la mayoría de estos casos puede resultar más práctico y rentable recurrir a otras fuentes de agua. Sin embargo, el fluoruro se puede eliminar del agua filtrándola en carbón de huesos, material que es posible regenerar después, y éste es el procedimiento que se ha aplicado en algunos abastecimientos de agua a pequeñas comunidades.

La adición de fluoruro a los abastecimientos de agua potable para reducir la incidencia de caries debe controlarse estrictamente para evitar que se rebasen las concentraciones inocuas. El fluoruro se suele añadir en forma de solución, no sólo porque resulta más cómodo sino también porque el polvo de fluoruro es tóxico y su manejo requiere la adopción de precauciones especiales. El ácido hidrofúosilícico constituye una solución apropiada para este fin, aunque es necesario adoptar en este caso las precauciones normales en la manipulación de ácidos y utilizar equipo apropiado.

### 6.6.10 Control de los nitritos y los nitratos

La presencia de nitritos o nitratos en el agua de beber es causa de preocupación desde el punto de vista de la salud humana, ya que se ha comprobado que pueden causar metahemoglobinemia en los lactantes. Los nitritos y nitratos presentes en las aguas de superficie son principalmente el resultado de la oxidación del amoníaco en los efluentes de aguas servidas y del uso excesivo de fertilizantes a base de nitrato en la agricultura. El nitrito puede estar presente como fase intermedia en la oxidación del nitrógeno que ha de dar lugar a la formación de nitrato. En las aguas subterráneas, los nitratos aparecen con frecuencia reducidos a nitritos.

La asimilación por las algas puede reducir considerablemente las concentraciones de nitrato en las aguas de superficie. En las concentraciones de nitrato en los ríos y corrientes de agua es probable que se registren variaciones por causas asociadas a los cambios que se producen en los niveles generales de actividad biológica en el agua.

No hay ningún método de tratamiento del agua para reducir las concentraciones de nitritos y nitratos que resulte a la vez práctico y generalmente apropiado para los abastecimientos de agua a las comunidades pequeñas. Por consiguiente, debe examinarse la posibilidad de proteger las fuentes de agua, en particular en los lugares donde las principales causas de contaminación son el uso agrícola de fertilizantes o las aguas servidas y las descargas del alcantarillado. Si en la fuente de un río se producen altas concentraciones estacionales, quizás sea posible mezclar agua procedente de un lago o de manantiales subterráneos con el agua

de superficie para alcanzar la calidad necesaria. El almacenamiento en depósitos situados en las orillas puede ofrecer la oportunidad de cerrar las entradas cuando se prevén marcados aumentos bruscos de las concentraciones de nitrato en los ríos. La actividad de las algas en los depósitos puede reducir considerablemente las concentraciones de nitrato, con la ayuda, además, de las actividades desnitrificadoras de las bacterias en la capa de lodo del fondo.

### 6.6.11 Desinfección

La calidad microbiológica del agua potable se puede mejorar considerablemente protegiendo la fuente y tratando el agua cruda, en particular si se emplea el filtrado lento en arena. Sin embargo, en los casos en que las aguas crudas no son siempre de gran calidad, es indispensable aplicar alguna forma de desinfección para poder tener la seguridad de que el agua es inocua desde el punto de vista microbiológico. Siempre que la calidad física y química del agua sea aceptable, la desinfección constituye el medio más eficaz de reducir el número de microorganismos en el agua de beber.

Los métodos de desinfección pueden ser físicos o químicos. Entre los métodos físicos figuran la ebullición y la irradiación ultravioleta (UV); entre los métodos químicos figura la adición de ozono, o, más comúnmente, la de cloro y sus derivados. Solamente la cloración se ha venido aplicando generalmente en el tratamiento de los abastecimientos de agua a las comunidades, aunque la irradiación UV también resulta apropiada, a veces, lo mismo que la generación *in situ* de gases desinfectantes.

El cloro es un agente oxidante que reacciona rápidamente con la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Para conseguir una buena desinfección, hay que dejar margen suficiente para el cloro que se consume en estas reacciones además del necesario para la desinfección. La cantidad de cloro necesaria para las reacciones con otros compuestos (principalmente amoníaco, algunos iones metálicos, y compuestos orgánicos) recibe el nombre de demanda de cloro del agua. Así pues, la dosis de cloro debe ser suficiente para satisfacer la demanda de cloro y al mismo tiempo producir un exceso de cloro que no ha reaccionado, conocido con el nombre de residuo libre. Se recomienda un residuo libre de 0,5 mg/litro, juntamente con un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos y una turbiedad del agua de menos de 5 UNT (turbiedad ideal: menos de 1 UNT). La demanda de cloro de algunas aguas (en particular las de los ríos) puede aumentar espectacularmente en momentos de intensa contaminación, en particular después de una lluvia. Por consiguiente, puede ser necesario aumentar la dosis para dejar margen para esta situación especial. La concentración de cloro residual debe determinarse (véase el anexo 9) en muestras tomadas en diversos puntos del sistema de distribución, para asegurarse de que el agua suministrada al público contiene cloro residual libre.

La cloración suele requerir la adición de una de las sustancias siguientes al agua:

- Gas de cloro,  $\text{Cl}_2$ , licuado bajo una presión de 505 kPa (5 atm). Este producto requiere una manipulación muy prudente porque es muy tóxico: el suministrador del gas debe facilitar directrices de uso muy claras y el encargado de la vigilancia debe comprobar que estas directrices se cumplen estrictamente.
- Solución de hipoclorito sódico para desinfección del agua, que contenga hasta un 14% de cloro disponible, o lejía líquida (con un 1% aproximadamente de cloro disponible). Las soluciones son inestables a temperaturas cálidas y deben conservarse en botellas de vidrio de color pardo o verde, o en botellas de plástico opacas en un lugar oscuro y fresco. Deben comprobarse periódicamente para asegurarse de que el contenido de cloro es suficiente, ya que la concentración puede bajar si el recipiente ha sido abierto o lleva mucho tiempo almacenado.
- Hipoclorito de calcio sólido, que se puede obtener generalmente como polvo de blanqueo o como cal clorada, que contenga alrededor de un 30% de cloro disponible cuando es fresco. El compuesto es inestable a temperaturas cálidas y debe ser almacenado con cuidado. También se puede utilizar hipoclorito de alta prueba (HAP), que normalmente contiene entre un 50% y un 70% de cloro disponible.

Entre los aparatos sencillos que se utilizan en la cloración figuran el clorador de goteo constante y el de doble vasija; en las figuras 6.14 y 6.15 se presentan respectivamente ejemplos típicos de estos dos dispositivos.

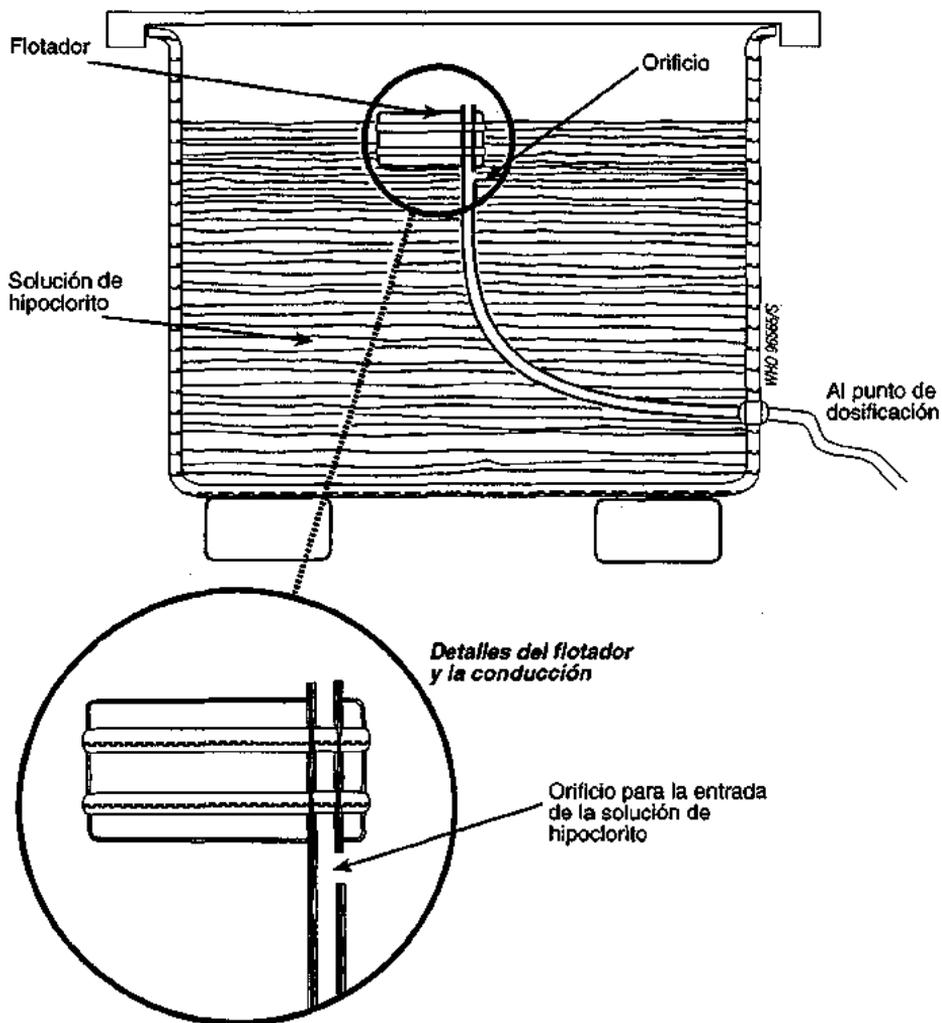
### 6.6.12 Estaciones de tratamiento del agua

El único método de eficacia comprobada para tratar las aguas de superficie contaminadas con un equipo sencillo está basado en el principio de la barrera múltiple, es decir, en el uso de una serie de por lo menos tres unidades de tratamiento que eliminan progresivamente los agentes patógenos y los demás contaminantes (en particular la turbiedad). La tecnología es resistente y presenta la ventaja de que si alguna de las barreras deja de funcionar ello no aumenta considerablemente el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. En la figura 6.16 se presenta esquemáticamente un modelo corriente de aplicación del método de las barreras múltiples en serie, que incluye:

- sedimentación simple
- prefiltrado con grava en tres escalones
- filtrado lento en arena
- desinfección.

Los dos parámetros principales que determinan la selección y el rendimiento de las estaciones de tratamiento son el recuento de coliformes (fecales) termotolerantes por 100 ml y la turbiedad. Estos dos parámetros deben reducirse de modo que, cualquiera que sea el número de unidades que se utilicen en el proceso, el agua que salga de la estación tenga siempre un recuento cero de coliformes (fecales) termotolerantes y una turbiedad de menos de 5 UNT. Estos objetivos del tratamiento se han incorporado al cuadro 6.2 para mostrar el rendimiento del método que se considera apropiado para el abastecimiento de agua a las comunidades.

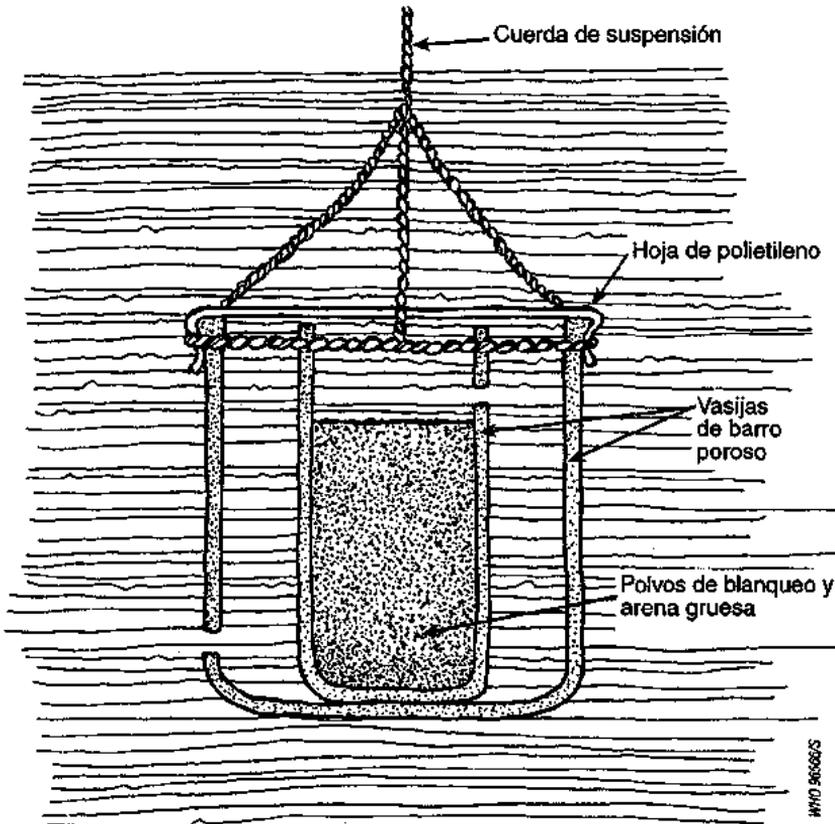
**Fig. 6.14 Clorador de goteo constante**



## 6.7 Tratamiento y almacenamiento del agua en el hogar

Cuando la fuente de agua de que se abastece una comunidad no está protegida y/o no ha sido tratada, o cuando el abastecimiento de agua está contaminado, es posible que el agua de uso doméstico deba ser tratada en el hogar para asegurarse de que su consumo no es peligroso. El tratamiento y el almacenamiento higiénico del agua en el hogar puede mejorar la calidad estética del agua (turbiedad,

Fig. 6.15 Clorador de doble vasija

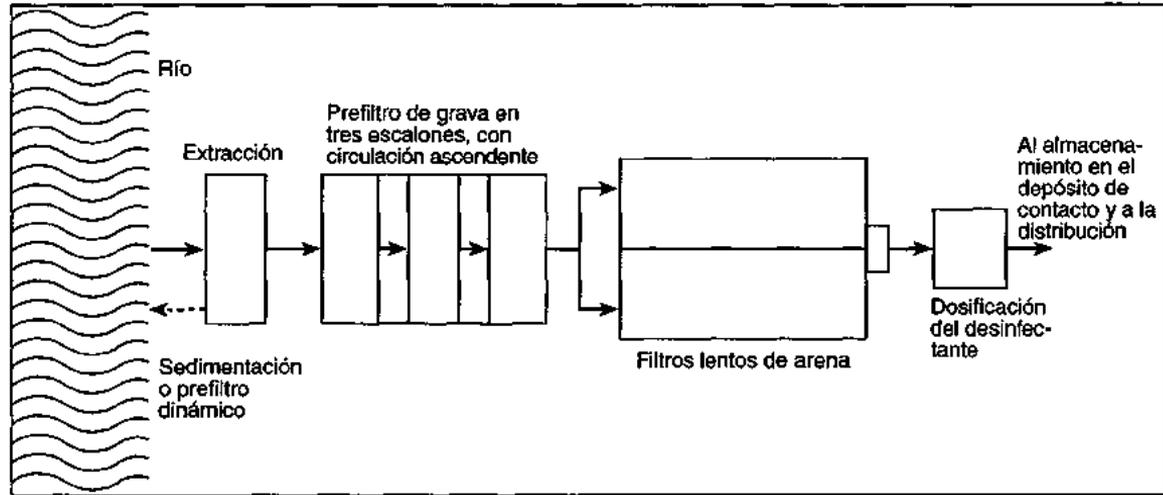


Cuadro 6.2 Ejemplo de objetivos de rendimiento para la eliminación de la turbiedad y de las bacterias coliformes termotolerantes en el tratamiento del agua en pequeña escala

Fase y proceso	Turbiedad			Bacterias coliformes termotolerantes		
	Eliminación (%)	Promedio de carga (UNT)	Carga máxima (UTN)	Eliminación (%)	Promedio de carga (por 100 ml)	Carga máxima (por 100 ml)
Simple sedimentación	50	60	600	50	1000	10 000
Prefiltros de grava (3 escalones)	80	30	300	90	500	5 000
Filtro lento de arena	>90	6	60	95	50	500
Desinfección	NA <sup>a</sup>	<1	<5	>99,9	<3	25
Agua distribuida	NA <sup>a</sup>	<1	<5	NA <sup>a</sup>	<1	<1

<sup>a</sup> NA, no aplicable.

**Fig. 6.16 Sistema de uso corriente de tratamiento en escalones múltiples para abastecimientos de agua a las comunidades pequeñas**



WHO 96567/S

temperatura, etc.) y reducir la contaminación fecal, pero su utilización para mejorar la calidad química no es común; por consiguiente, la presente sección versa solamente sobre la reducción de la contaminación fecal del agua de beber para prevenir la transmisión de las enfermedades infecciosas que el agua puede transmitir.

En muchas situaciones, el agua debe ser transportada, y con frecuencia acarreada, desde un pozo, un manantial o una fuente pública, hasta el hogar. En estos casos, y cuando el abastecimiento doméstico es intermitente, es necesario almacenar agua en el hogar para tener la seguridad de que se dispondrá de la suficiente cuando sea necesario. Si el agua se transporta o almacena en malas condiciones de higiene puede volver a contaminarse, con el consiguiente riesgo para la salud pública; el agua de un pozo o de una fuente pública puede ser inocua desde el punto de vista microbiológico, pero puede contaminarse gravemente con materia fecal antes de su consumo a causa de una manipulación incorrecta. Todo programa de vigilancia debe incluir, pues, el análisis del agua almacenada en el hogar para averiguar si se está produciendo una recontaminación de la misma.

Si el agua de beber se contamina de nuevo periódicamente, la mejor medida correctiva es un programa de educación en materia de higiene. El programa debe dirigirse a toda la comunidad, pero de manera especial a los miembros de ésta que se suelen encargar de su acarreo, almacenamiento y tratamiento (generalmente las mujeres y los niños). La recontaminación es resultado, generalmente, de ciertas modalidades de comportamiento; si estos comportamientos se pueden modificar, cabe reducir o eliminar los riesgos para la salud. También cabe aplicar intervenciones técnicas (como las que se describen más adelante), pero no es probable que éstas redunden en una reducción considerable de la recontaminación sin el complemento de un programa de educación en materia de higiene. El capítulo 7 trata de este tipo de programas.

### 6.7.1 Tratamiento del agua en el hogar

Cuando se sabe que los abastecimientos de agua están contaminados o que no han sido analizados, debe recomendarse, en general, el tratamiento del agua en el hogar. La contaminación fecal del agua puede combatirse:

- hirviendo el agua
- filtrándola
- mediante su desinfección química
- mediante su filtrado en tela (para prevenir la dracunculosis).

#### **Ebullición**

La ebullición es un procedimiento sencillo para eliminar los huevos, quistes, bacterias y virus presentes en el agua contaminada. El agua debe calentarse hasta que empiezan a subir continuamente a la superficie grandes burbujas y no cesan de hacerlo durante por lo menos un minuto. El agua hierve a temperaturas más

bajas a medida que aumenta la altitud, y, por consiguiente, por cada 1000 metros por encima del nivel del mar hay que añadir un minuto al tiempo de ebullición. El procedimiento presenta los inconvenientes siguientes:

- Requiere grandes cantidades de combustible, cuyo costo puede impedir a la población hervir el agua en muchas zonas.
- Puede dar al agua un gusto desagradable que resulte inaceptable.
- El agua muy caliente puede causar accidentes en el hogar.
- El agua hervida puede volver a contaminarse una vez enfriada.

### **Filtros caseros sencillos**

Hay muchos tipos diferentes de filtros caseros, algunos de los cuales se pueden encontrar en el comercio mientras que otros se pueden fabricar en el plano local. Muchos de estos filtros eliminan además los parásitos, por ejemplo los quistes, los huevos y las larvas del gusano de Guinea, pero es posible que algunos filtros sencillos no eliminen todos los microorganismos del agua. Los diversos tipos de filtros caseros sencillos son los de candela, los de piedra y los de arena.

Los *filtros de candela* con frecuencia se encuentran en el comercio. En este tipo de filtro, se deja que el agua contaminada se filtre lentamente a través de un material cerámico poroso (véase la figura 6.17). Los microorganismos de mayor tamaño –huevos, quistes y la mayoría de bacterias– se quedan en la capa exterior del material del filtro, que se limpia periódicamente fregando suavemente el filtro bajo un chorro de agua corriente limpia. Los microorganismos más pequeños, como los virus causantes de la hepatitis A, no se pueden eliminar con los filtros de candela.

Estos filtros deben diseñarse de modo que se reduzca al mínimo el riesgo de recontaminación del agua después del filtrado. La mayoría de los filtros de candela comerciales consisten en dos recipientes encajados entre sí. El superior, que contiene la candela o las candelas, encaja perfectamente con el borde del recipiente inferior; una tapa provista de bordes impide la recontaminación del agua filtrada. El recipiente inferior, en el que se recoge el agua filtrada, está provisto de un grifo cerca de la base que permite extraer el agua de manera higiénica.

Es importante seguir cuidadosamente las instrucciones del fabricante relativas a la limpieza y la conservación del filtro.

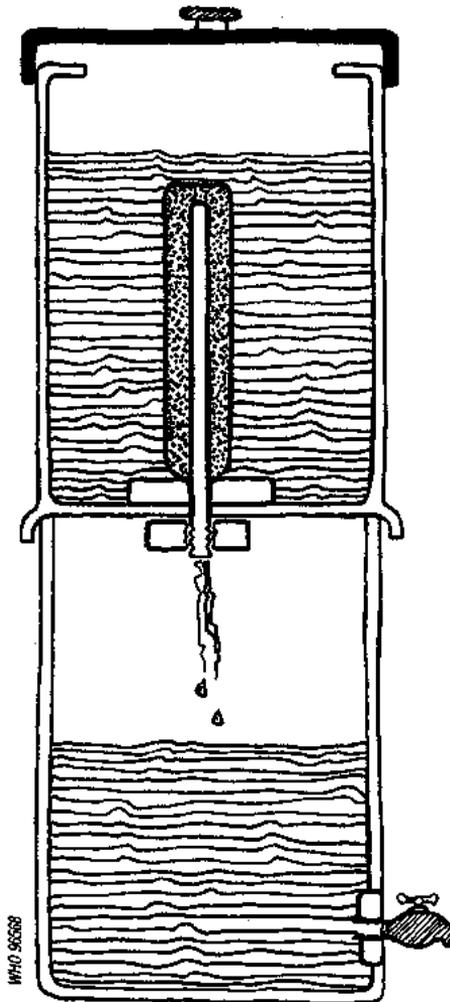
Los *filtros de piedra* son parecidos a los de candela pero están tallados en piedra porosa local (véase la figura 6.18). Generalmente son difíciles de limpiar y resultan pesados, pero ofrecen la ventaja de que son relativamente poco costosos si se pueden producir en el plano local. Si en una zona determinada los filtros de este tipo son de uso común valdrá la pena analizar una muestra representativa de agua para determinar la eficiencia de eliminación de la contaminación fecal. El agua filtrada suele recogerse en un recipiente abierto, con frecuencia cerca del suelo, de modo que hay un riesgo considerable de recontaminación.

Los *filtros de arena* no deben confundirse con los filtros lentos de arena ya examinados en este capítulo, que eliminan con gran eficiencia los microorganismos presentes en el agua contaminada. Un filtro lento de arena sería difícil de utilizar

en el hogar ya que, para funcionar correctamente, necesita un flujo continuo y constante de agua. Los filtros de arena domésticos (véase la figura 6.19) eliminarán los materiales sólidos del agua y en muchos casos los huevos, las larvas, los quistes y *Cyclops* spp. Dado que no eliminan las bacterias ni los virus puede ser conveniente aplicar al agua, una vez filtrada, un tratamiento adicional, por ejemplo la desinfección (generalmente con cloro).

*Eliminación de la turbiedad.* Cuando el agua aparece extremadamente turbia, puede ser necesario eliminar parte de las partículas en suspensión antes de que

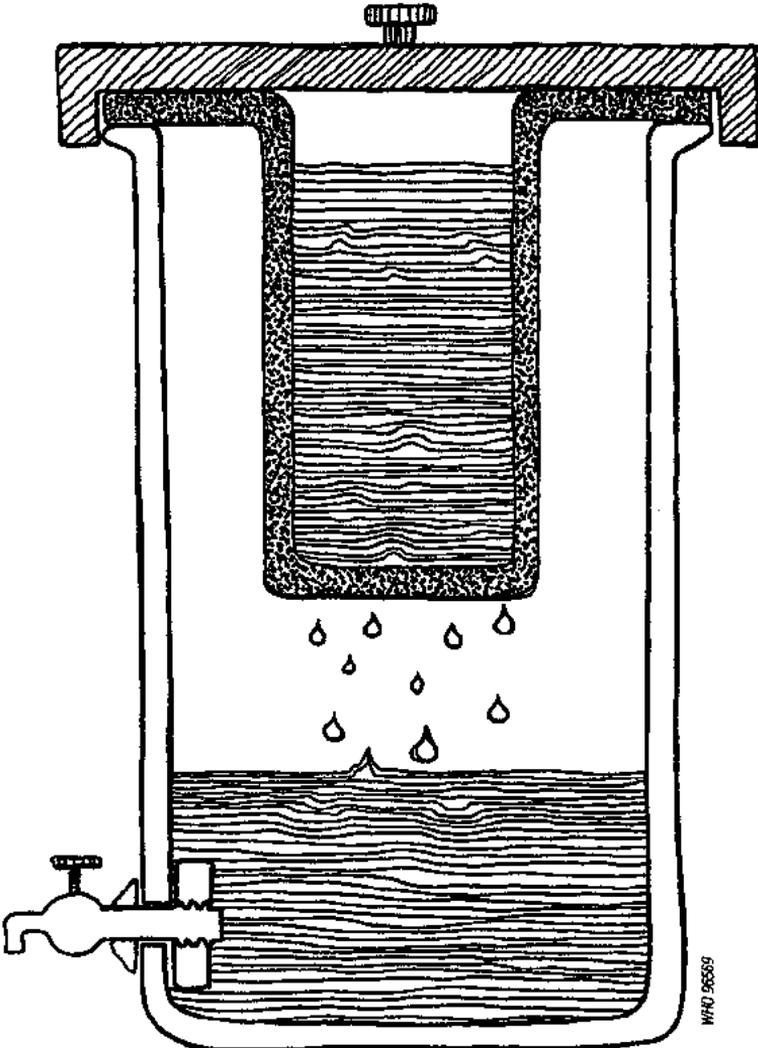
**Fig. 6.17 Filtro de candela**



el agua pase por el filtro, para evitar su taponamiento. El pretratamiento, por sedimentación o coagulación, también contribuirá en muchos casos a reducir en cierta medida la contaminación fecal.

- Sedimentación. Si el agua turbia se deja en un contenedor cerrado durante varias horas, por ejemplo, toda la noche, una proporción de las partículas en suspensión se posará en el fondo.
- Coagulación. El agua turbia puede sedimentar más y más rápidamente si se utiliza un coagulante químico para que las partículas en suspensión se

**Fig. 6.18 Filtro de piedra**



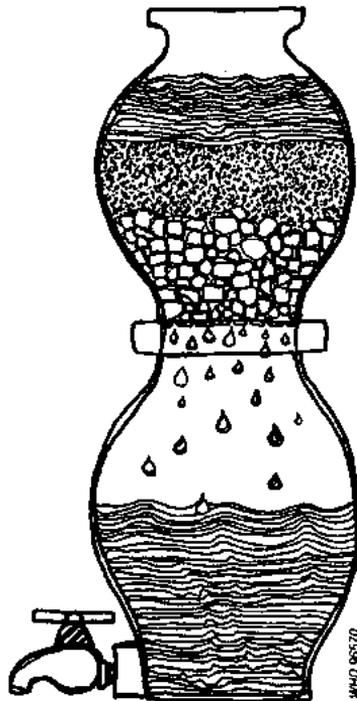
aglomeren. La dosis de alumbre necesaria dependerá de la turbiedad del agua y, en lo posible, se determinará sobre la base de la experiencia local. Para conseguir que las partículas se aglomeren también se pueden utilizar ciertas plantas indígenas, y en algunas zonas estos coagulantes naturales se utilizan mucho y con eficacia. Son tantas las diferentes plantas que se usan con este fin en las diferentes partes del mundo que es imposible formular recomendaciones generales al respecto. Es necesario investigar la experiencia y las prácticas locales y utilizarlas como guía.

### **Desinfección**

Si el agua está contaminada pero aparece clara y transparente, cabe recurrir a la desinfección para eliminar los microorganismos que contiene. Utilizando cloro con este fin se obtendrá un residuo desinfectante que contribuirá a evitar la recontaminación.

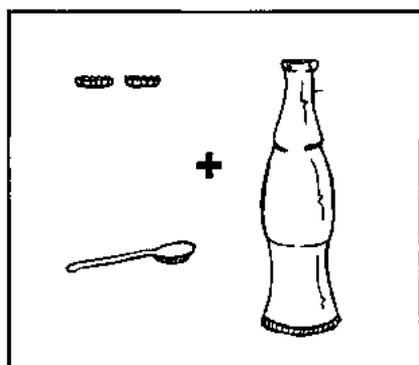
De las distintas maneras de desinfectar el agua de beber doméstica, la más común es el uso del cloro. Con frecuencia se emplea una solución de cloro al 1%, en forma de hipoclorito de sodio (lejía líquida), hipoclorito de calcio (generalmente en polvo) o hipoclorito de alta prueba en forma de polvo; véanse también las páginas 126–127.

**Fig. 6.19 Filtro de arena doméstico**

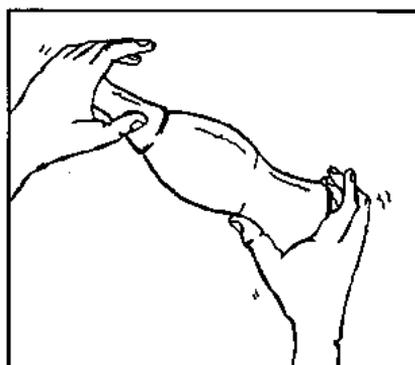


*El cloro es una sustancia peligrosa. Es muy corrosiva en solución concentrada y las salpicaduras pueden causar quemaduras y lesiones en los ojos. Cuando se manipulan soluciones o polvos de cloro hay que adoptar las precauciones apropiadas. Si se reciben salpicaduras en los ojos o en la piel, hay que lavarlos inmediatamente a fondo con agua abundante. Durante el transporte, la manipulación*

**Fig. 6.20 Método para preparar soluciones de cloro utilizando materiales locales**



WHO 96571

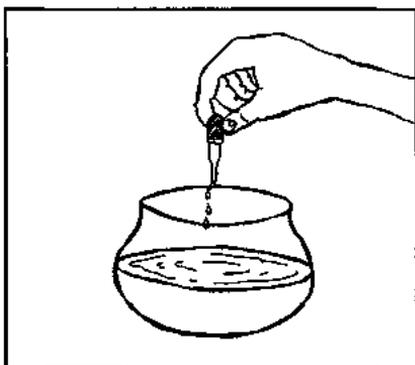


WHO 96572

1. Llenar dos tapones de botella (tipo corona) o una cucharilla de té rasa con polvos de cloro (alta-prueba), introducir el polvo en una botellita de vidrio (de unos 300 ml) y añadir agua clara hasta llenarla completamente.
2. Tapar la botella con un tapón de corcho y agitar bien durante dos minutos. Dejar reposar el líquido durante una hora.



WHO 96573



WHO 96574

3. El resultado es el mismo cloro de la lejía casera. Guardar la botella en un lugar oscuro, fuera del alcance de los niños.
4. Añadir tres gotas de la solución de cloro por cada litro de agua. Dejar reposar una hora y probar el agua. Apenas hay que notar el sabor del cloro. Si no se nota, añadir una gota más por litro hasta que se note. El agua no será inocua hasta que hayan transcurrido 24 horas.

de las formas sólidas es menos peligrosa que la de las soluciones. Es una buena costumbre la de lavarse las manos después de manipular cloro concentrado en cualquiera de sus formas. Todos los recipientes que contengan cloro deben llevar una etiqueta en la que se identifique claramente su contenido y figure un aviso de peligro en un forma fácilmente comprensible en el plano local. Los lugares donde se almacene cloro en cualquiera de sus formas deben ofrecer condiciones de seguridad, y hay que tomar precauciones especiales para impedir el acceso de los niños.

Cuando el agua de beber se ha de desinfectar y también filtrar, la desinfección debe seguir al filtrado, ya que, de lo contrario, el filtro podría neutralizar el desinfectante. La desinfección resulta menos eficaz en las aguas turbias o poco claras ya que las partículas en suspensión en el agua pueden consumir el cloro y, además, proteger a las bacterias de la acción desinfectante del cloro.

La solución de hipoclorito de sodio puede utilizarse directamente para desinfectar el agua de beber doméstica porque su concentración de cloro ya es del 1%; en cuanto al hipoclorito de calcio y al de alta prueba hay que diluirlos hasta esta concentración antes de utilizarlos. La cantidad de polvo que se use dependerá de la concentración de cloro que contenga. Los miembros de la comunidad deben emplear los contenedores disponibles y familiares así como las unidades de medida corrientes en el plano local. En la figura 6.20 se presenta un ejemplo de un método para preparar soluciones de cloro que se ha aplicado con eficacia.

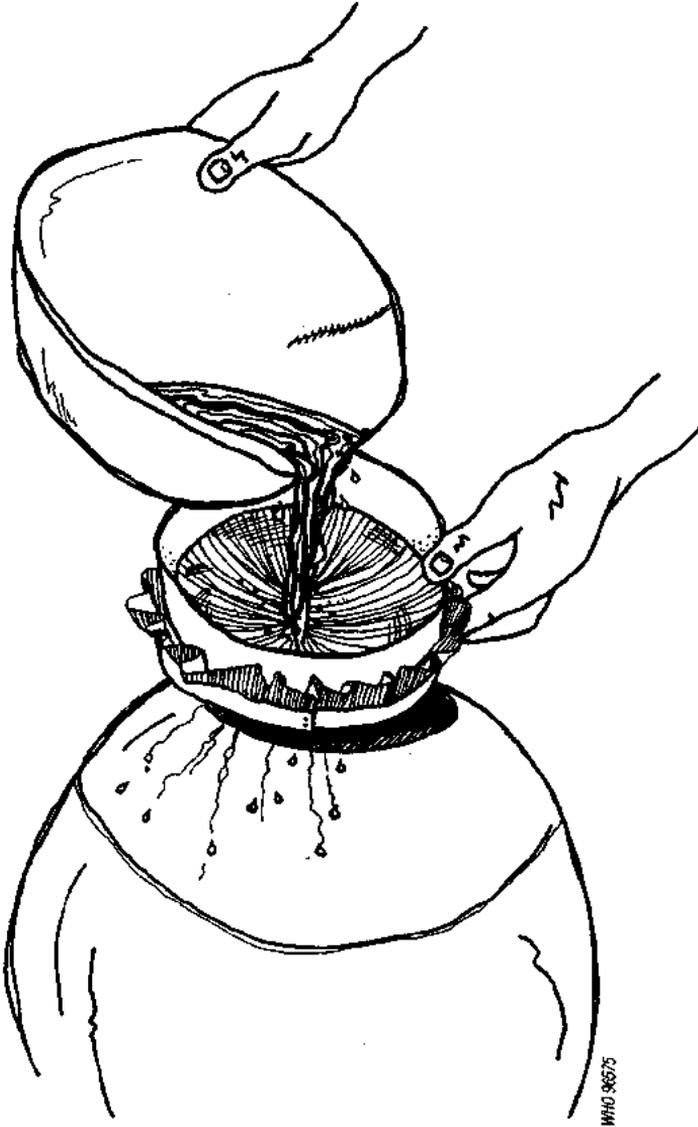
### **Filtrado en tela para prevenir la dracunculosis**

La dracunculosis (enfermedad causada por el gusano de Guinea) se transmite a través del agua de beber contaminada (por ejemplo, de charcas estancadas, cisternas o pozos con peldaños). La enfermedad se registra en varios países de África y de Asia y es causa de graves sufrimientos y de discapacidad entre los habitantes más desposeídos del mundo. Las personas infectadas no adquieren inmunidad. No se conoce ningún reservorio animal, y las personas pueden difundir el parásito un año después de la infección y durante un periodo de una a tres semanas después de la aparición del gusano. Por estas razones y porque la lucha contra la transmisión, incluido el tratamiento del agua de beber, no es difícil, es posible que se consiga la erradicación mundial de esta enfermedad.

Se han conseguido reducciones espectaculares de la prevalencia de la dracunculosis mediante el mejoramiento de los abastecimientos de agua y fomentando la higiene en las zonas donde la enfermedad es endémica. En estas zonas, el gusano de Guinea (*Dracunculus medinensis*) se puede eliminar eficazmente filtrando toda el agua de beber a través de una tela fina. Así pues, el filtrado del agua de beber es una estrategia primaria para la lucha contra la dracunculosis.

Si la malla de los filtros es de menos de 130  $\mu\text{m}$ , se eliminarán todos los huéspedes intermediarios infectados. La tela sintética de un solo filamento (nilón) es la más adecuada porque se tapona con menos rapidez y es fácil de limpiar; el tamaño de su malla es de 100–130  $\mu\text{m}$ . Puede usarse tela de algodón, pero se tapona rápidamente. Hervir el agua también resulta eficaz para combatir la enfermedad.

**Fig. 6.21 El agua se vierte a través de un filtro de tela de un solo filamento para combatir la transmisión del gusano de Guinea**



### 6.7.2 Almacenamiento del agua en el hogar

El principal riesgo para la salud asociado al almacenamiento doméstico de agua es la facilidad con que el agua puede volver a contaminarse durante el transporte y el almacenamiento, en particular si los miembros de la familia o de la comunidad

no siguen las prácticas de higiene correctas. Entre las medidas de higiene apropiadas figuran las siguientes:

- almacenamiento cuidadoso del agua en el hogar y limpieza periódica de todos los utensilios domésticos de almacenamiento de agua;
- construcción, uso apropiado y mantenimiento de letrinas;
- lavado sistemático de las manos, especialmente después de la defecación y antes de comer o de preparar los alimentos;
- almacenamiento y preparación cuidadosos de los alimentos.

El agua que llega limpia del abastecimiento o ha sido tratada en el hogar debe protegerse de una nueva contaminación. Son importantes las precauciones y consideraciones siguientes:

- *Ubicación de los recipientes de almacenamiento.* El recipiente de almacenamiento debe estar situado por encima del nivel del suelo para restringir el acceso de los niños y los animales al mismo. A poder ser, debe situarse a la sombra para mantener fresca el agua, y debe ser accesible a los usuarios y para poder volver a llenarlo.
- *Diseño del recipiente de almacenamiento.* El recipiente de almacenamiento debe diseñarse con miras a reducir el riesgo de contaminación: debe estar provisto de una tapa segura y muy ajustada, ser lo bastante fuerte para resistir una manipulación ruda sin agrietarse y ser fácil de levantar del suelo y de acarrearlo de vuelta al lugar de almacenamiento una vez llenado. El agua almacenada se puede mantener fresca utilizando vasijas o botes de barro; éstos permiten que se evapore parte del agua, lo que tiene efectos refrigerantes. Los contenedores deben ser fáciles de llenar y de limpiar, de modo que el contacto con las manos sea mínimo.
- *Extracción del agua.* El agua se debe poder extraer del contenedor higiénicamente, sin ningún contacto entre las manos y el agua. Generalmente el agua se recoge por medio de un tazón, lo que puede ser aceptable si el tazón no se utiliza para ningún otro fin, se lava regularmente y se guarda donde no pueda contaminarse. Sin embargo, dado que es difícil introducir el tazón en el agua sin mojarse las manos, el riesgo de contaminación sigue siendo alto. Es preferible utilizar un cazo que se guarde permanentemente en el interior del contenedor, con lo que se reduce el riesgo de contaminación mientras el cazo no se utiliza. Sin embargo, el cazo debe utilizarse *solamente* para pasar el agua a otro recipiente. Beber directamente del cazo puede causar contaminación del agua. El cazo debe cogerse solamente por el extremo del mango y nunca por el otro extremo ni por ninguna otra parte que se introduzca normalmente en el agua almacenada. Instalar una espita en el contenedor reduce al mínimo el contacto con el agua y es el método más higiénico de extraer agua del contenedor. Sin embargo, los usuarios nunca deben enjugar la espita con las manos sucias o colgar tazones u otros utensilios de la misma ya que, de hacerlo, aumentaría el riesgo de contaminación antes del consumo del agua. Las espitas son costosas, pueden ser difíciles de instalar en los contenedores tradicionales y, además, pueden debilitar el contenedor.

Las sustancias como el petróleo, el gasóleo, los plaguicidas y los disolventes no deben almacenarse ni utilizarse cerca de las instalaciones de agua (manantiales, zonas de captación, depósitos de almacenamiento, etc.). Los contenedores que hayan sido utilizados para el almacenamiento, el transporte o la manipulación de estas sustancias no deben utilizarse después para almacenar agua destinada al consumo humano, ni siquiera después de una limpieza a fondo.

Los elementos más importantes del almacenamiento de agua se resumen a continuación:

- Usar una fuente de agua limpia o tratar el agua, bien sea en el hogar o en un depósito de almacenamiento.
- Almacenar el agua en un recipiente de barro o de plástico con tapa.
- Colocar el contenedor de agua a la altura suficiente para que no esté al alcance de los niños ni de los animales.
- Instalar una espita en el contenedor para extraer el agua limpia con el fin de prevenir su contaminación con el contacto de las manos o con el uso de tazones o cazos sucios.

### 6.7.3 Depósitos de almacenamiento

En los lugares donde la red de suministro de agua al hogar funciona de manera intermitente se suele utilizar un depósito de almacenamiento para poder disponer de agua suficiente para las necesidades de la familia durante todo el día. El depósito debe estar cubierto para prevenir la contaminación del agua y restringir el acceso de los niños y los animales. Puede estar en el interior o al exterior de la casa, pero si el depósito está en el exterior debe protegerse con una cubierta sólida.

Si el agua que entra en el depósito es limpia (es decir, si procede de una fuente protegida o de una estación de tratamiento), el depósito debe ser inspeccionado, limpiado y desinfectado por lo menos una vez al año. Si el agua que entra no es limpia, la limpieza deberá ser más frecuente en función de la calidad del agua. El agua de calidad deficiente debe ser tratada por los medios más apropiados.

Las cañerías que llevan el agua del depósito de almacenamiento doméstico a los grifos *no* deben ser de plomo, que es un metal tóxico; en su lugar deben instalarse cañerías de hierro galvanizado, de cobre o de plástico (por ejemplo de PVC de calidad potable). Las cañerías de hierro galvanizado no se deben emplear en los lugares donde el agua es altamente ácida o alcalina, a causa de la corrosión que sufrirían. Para la conexión entre las cañerías de metal no se debe emplear, a ser posible, soldadura que contenga plomo; y se debe evitar que el pegamento que se emplee para unir las tuberías de plástico sea tóxico. Para eliminar del interior de las cañerías todo rastro de disolvente o de soldadura metálica se debe hacer circular agua abundante por todo el sistema antes de utilizarlo para distribuir el agua destinada al consumo.

Cuando se instala un depósito para el almacenamiento doméstico de agua y una red de distribución para el agua de beber, en principio se debería llenar el conjunto de agua con un contenido de 50 mg/litro de cloro y dejarla reposar toda una noche con el fin de desinfectar el sistema antes de utilizarlo.

# 7.

## Educación en materia de higiene

### 7.1 Alcance de la educación en materia de higiene

#### 7.1.1 Vigilancia basada en la comunidad

Para que los programas de vigilancia de los abastecimientos de agua sean eficaces y sostenibles es necesario que las comunidades locales les presten apoyo activo, participando en todas las etapas de estos programas, con inclusión de las encuestas iniciales, el control y la vigilancia de los abastecimientos de agua, las actividades de mantenimiento, y la adopción de medidas correctivas; además de las actividades de apoyo, incluidos el saneamiento y las prácticas higiénicas. Todo ello supone el establecimiento de un programa de educación completo encaminado a conseguir que la comunidad:

- adquiera conciencia de la importancia de la calidad del agua y de su relación con la salud, así como de la necesidad de contar con unos abastecimientos de agua inocuos;
- reconozca la importancia de la vigilancia y la necesidad de la colaboración de la comunidad;
- comprenda cuál es su función en el proceso de vigilancia y se disponga a desempeñarla;
- esté dotada de los conocimientos necesarios para desempeñar esta función.

#### 7.1.2 Comportamientos en materia de higiene

La disponibilidad de un buen sistema de abastecimiento de agua potable no basta por sí sola para garantizar la salud. Hay muchas etapas en la recogida, el almacenamiento y la manipulación de alimentos, la evacuación de las excretas y el cuidado de los niños en las que el agua de beber puede contaminarse y exponer a la comunidad a los gérmenes patógenos presentes en las excretas.

Los niños, en particular los de menos de cinco años de edad, son especialmente vulnerables a la diarrea. Es una creencia común la de que las heces de los niños son inocuas, cuando en realidad son las principales fuentes de infección para los otros niños. Es posible que los padres no eliminen higiénicamente las heces de sus niños pequeños, que los niños de corta edad no usen las letrinas, y que los alrededores de las viviendas estén con frecuencia contaminados.

Son muchas las vías de transmisión de las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento, y, por consiguiente, la educación en materia de higiene

### **Cuadro 7.1 Comportamientos que se deben recomendar en la educación en materia de higiene**

---

**Fuente de agua:**

- Todos los niños, mujeres y hombres de la comunidad deben utilizar fuentes de agua inocuas para beber y preparar los alimentos.
- Debe utilizarse agua en cantidad suficiente para fines higiénicos, tales como bañarse, limpiar la casa y lavar la ropa.
- El agua debe utilizarse de manera eficiente, sin derrocharla. Las aguas servidas deben evacuarse de manera apropiada.
- Las fuentes de agua mejoradas se deben utilizar higiénicamente y su mantenimiento debe ser eficaz.
- No debe haber riesgos de contaminación de las fuentes de agua por causa de la proximidad de letrinas, de la evacuación de las aguas servidas, de ganado o de productos agroquímicos.

**Tratamiento del agua:**

- Si es necesario, se debe someter al agua a procedimientos sencillos de depuración, por ejemplo, la cloración.
- Si es necesario, el agua debe filtrarse para eliminar todos los materiales sólidos, los gusanos de Guinea, etc. (véase la sección 6.7.1).

**Recogida del agua:**

- El agua de beber debe recogerse en recipientes limpios sin que entre en contacto con las manos ni con otros materiales.
- El agua debe transportarse en un contenedor cubierto.

**Almacenamiento del agua:**

- El agua debe almacenarse en recipientes cubiertos y sometidos a una limpieza periódica.
- Siempre que sea posible, el agua potable debe guardarse en un recipiente distinto de los destinados al agua para otros usos domésticos.

**El agua de beber:**

- El agua de beber debe extraerse del recipiente de almacenamiento de modo que no puedan contaminarla las manos, los tazones ni otros objetos.

**Uso del agua:**

- Debe disponerse de agua en cantidad suficiente y utilizarla para la higiene personal y doméstica. (Se calcula que para la higiene personal y doméstica se necesita un mínimo de 30–40 litros por persona al día.)

**Manipulación de los alimentos:**

- Antes de preparar los alimentos o de comer hay que lavarse las manos con jabón o con ceniza.
- La verdura y la fruta deben lavarse con agua inocua, y los alimentos deben cubrirse de manera adecuada.
- Los utensilios usados para preparar y cocer los alimentos deben lavarse con agua inocua lo antes posible después de su empleo y se deben guardar en un lugar limpio.

**Evacuación de las excretas:**

- Todos los hombres, mujeres y niños deben usar letrinas en el hogar, el trabajo y la escuela.
- Las deposiciones de los lactantes y de los niños pequeños se deben evacuar de manera higiénica.
- Las letrinas domésticas deben estar situadas donde el contenido del pozo no pueda llegar a las fuentes de agua o a la capa freática.
- Debe disponerse de instalaciones para lavarse las manos, y de jabón o cenizas; y las manos deben lavarse siempre después de defecar y también después de cambiar los pañales a los lactantes y los niños pequeños.

**Evacuación de las aguas servidas:**

- Las aguas servidas domésticas deben evacuarse o reutilizarse de manera apropiada. Deben adoptarse medidas para evitar que las aguas servidas creen criaderos de mosquitos y otros vectores de enfermedades o contaminen el agua.
-

puede abarcar una larga serie de actividades. Los comportamientos más importantes desde el punto de vista de la salud dependerán de la comunidad, la distribución de las enfermedades y el clima. Una de las funciones de la inspección inicial sobre el terreno y de la vigilancia (véanse los capítulos 1 y 2) consiste en determinar cuáles son los comportamientos que el programa de educación en materia de higiene debe tratar de fomentar en la comunidad (véase el cuadro 7.1).

## 7.2 Planificación de la educación en materia de higiene

La planificación de la educación en materia de higiene en la comunidad incluye los pasos siguientes:

- el diálogo con la comunidad y los organismos locales;
- la selección de los comportamientos prioritarios en relación con la higiene que es necesario modificar, sobre la base de los datos derivados de la vigilancia y de las necesidades de las que la comunidad tiene conciencia;
- el análisis de la influencia en los comportamientos seleccionados y de sus consecuencias para la educación en materia de higiene.

La preparación de un *plan de acción* para la educación en materia de higiene requiere que se dé respuesta a las preguntas siguientes:

- ¿Cómo se puede suscitar la participación de la comunidad?
- ¿A quiénes debe dirigirse la educación (grupo-objetivo)?
- ¿Cuál debe ser el contenido de la educación?
- ¿Quiénes deben impartir la educación en materia de higiene?
- ¿Qué métodos educativos se deben aplicar?
- ¿Qué apoyo debe prestar el organismo de vigilancia?

### 7.2.1 Participación y capacitación de la comunidad

En capítulos anteriores se ha insistido en la importancia de la participación de la comunidad. Los comportamientos en materia de higiene son particularmente difíciles de modificar porque guardan relación con las actividades cotidianas, son comunes a toda la comunidad, y forman parte de la cultura y de las tradiciones de la comunidad. El mejoramiento del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la higiene debe entenderse como algo que forma parte del proceso general de desarrollo de la comunidad. Es importante, pues, trabajar en colaboración con toda la comunidad y en particular con los niños de las escuelas, y hacer que intervengan en todas las fases de la educación en materia de higiene, a saber, la selección de los comportamientos prioritarios en relación con la higiene, la comprensión de las influencias en estos comportamientos, la selección de los métodos de educación y su aplicación. Los métodos educativos que se utilicen deben ser los idóneos para estimular y capacitar a las personas y a las comunidades para efectuar los cambios necesarios.

No hay unas reglas fijas para establecer un programa de participación de la comunidad, pero las etapas que se describen en el cuadro 7.2 son comunes a muchos de estos programas.

### **Cuadro 7.2 Etapas del proceso de participación de la comunidad**

---

**Llegar a conocer bien la comunidad:**

- adquisición de conocimientos sobre la comunidad, su estructura y su forma de liderazgo
- contactos iniciales con las familias, los dirigentes y las agrupaciones de la comunidad
- diálogos y debates sobre las preocupaciones y las necesidades sentidas

**Mejorar la organización:**

- fortalecimiento de la organización de la comunidad
- establecimiento de nuevas estructuras, por ejemplo, comités de las aguas, agrupaciones femeninas
- actividades educativas dentro de las estructuras de la comunidad
- adopción de decisiones en cuanto a prioridades
- selección de miembros de la comunidad para formarlos como dirigentes en el sector del agua

**Acciones iniciales:**

- acción a cargo de la comunidad sobre objetivos alcanzables a corto plazo que respondan a las necesidades sentidas como tales y aúnen a la comunidad
- reflexión sobre las actividades iniciales
- establecimiento de prioridades para las actividades futuras

**Acciones ulteriores:**

- actividades en las que la comunidad toma una mayor parte de responsabilidad en cuanto a la toma de decisiones y la gestión
- 

Es posible que la comunidad ya esté muy organizada y que ya intervenga en cuestiones de salud. En tales casos, bastarán unas pocas visitas del personal de vigilancia sobre el terreno para introducir los conceptos de vigilancia y conseguir que la comunidad participe en el programa de vigilancia. Sin embargo, también es posible que no exista ninguna estructura comunitaria bien establecida, que algunos sectores de la comunidad, como las mujeres, estén insuficientemente representados, y que existan desacuerdos o conflictos entre grupos opuestos. En esta situación, conseguir la participación de la comunidad llevará más tiempo y requerirá muchas visitas del personal sobre el terreno para aunar voluntades, resolver diferencias, sentar objetivos de común acuerdo y emprender las actividades. Aun después de que la comunidad haya empezado a participar harán falta nuevas visitas, posiblemente durante años, para prestar apoyo y ánimo y conseguir que las estructuras creadas sigan funcionando.

#### 7.2.2 Selección de los comportamientos que se deben modificar

Es mejor centrar la atención en un corto número de comportamientos que tratar de influir en todos los que figuran en el cuadro 7.1. Los comportamientos se deben seleccionar sobre la base de los beneficios que es probable que su modificación aporte a la salud pública de la comunidad. A continuación figura una lista de algunas de las preguntas que habrá que formular para determinar las prioridades:

- ¿Qué es lo que demuestra que el comportamiento constituye un problema en la comunidad?
- ¿Qué cambios de comportamiento influirán más en el mejoramiento de la salud?
- ¿Qué comportamientos en materia de higiene serán más fáciles de modificar?
- ¿Cuáles son las necesidades específicas de los sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento que se están promoviendo en la comunidad?
- ¿Cuáles son las necesidades y prioridades que la comunidad siente como propias?

Lo mejor es concentrarse en las prácticas de higiene que la vigilancia ha revelado como las que requieren una acción correctiva prioritaria en la comunidad; la modificación de estas prácticas será probablemente la que redunde en mayores beneficios para la salud. Por otra parte, la modificación de las prácticas que la comunidad no considera importantes o que entra en conflicto con su cultura y sus tradiciones requerirá sin duda mayores esfuerzos.

### 7.2.3 Factores que influyen en los comportamientos en materia de higiene y selección del contenido de la educación

Los programas de educación sobre higiene deben basarse en el conocimiento de los factores que influyen en el comportamiento en el plano de la comunidad. Entre éstos pueden figurar los siguientes:

- los factores que facilitan la acción, por ejemplo el dinero, los materiales y el tiempo para implantar una nueva forma de comportamiento;
- las presiones ejercidas por algunos miembros de la familia y de la comunidad, por ejemplo, los ancianos que gozan de prestigio local, los curanderos o los líderes de opinión;
- las creencias y actitudes entre los miembros de la comunidad con respecto al comportamiento higiénico y en particular los beneficios y los inconvenientes que se supone que pueden derivarse del hecho de actuar, y la comprensión de la relación entre salud e higiene.

El conocimiento y la comprensión de los factores que influyen en los comportamientos en materia de higiene ayudarán a identificar los recursos (por ejemplo, jabón, contenedores para almacenamiento, etc.), los miembros clave en el seno de la familia y de la comunidad, y las creencias lo bastante importantes para ser tenidas en cuenta. Todo ello ayudará a conseguir que el contenido de la educación sobre higiene responda a la idiosincrasia de la comunidad. Un buen consejo en materia de higiene debe:

- redundar en un mejoramiento de la salud
- ser aplicable con los medios disponibles
- requerir tiempo y esfuerzos mínimos para ponerlo en práctica
- ser realista
- ser aceptable desde el punto de vista cultural
- responder a una necesidad sentida como tal
- ser fácil de comprender.

Una de las características más importantes de una educación eficaz en materia de salud es que parte de conceptos, ideas y prácticas que la gente ya posee. La mayoría de las comunidades ya tienen sus propias creencias acerca de la limpieza, la diarrea y la higiene. A corto plazo, quizás no sea necesario convencer a la gente de la verdad de la teoría de los gérmenes causantes de enfermedades para conseguir que usen las letrinas y adopten prácticas higiénicas. Éste es un objetivo a largo plazo que en ningún lugar se alcanzará mejor que en las escuelas. Es posible encontrar ideas de base en muchos sistemas de creencias tradicionales, y apelar, por ejemplo, al deseo de comodidad y de intimidad.

#### 7.2.4 Selección de los grupos destinatarios

La educación en materia de higiene apunta a dos clases de grupo-objetivo:

- *Grupo-objetivo primario*, compuesto por los miembros de la unidad doméstica, a saber, niños, mujeres, hombres, abuelos y otras personas que cuidan de los niños.
- *Grupo-objetivo secundario*, compuesto por las personas que conviene interesar en el programa por la influencia de que gozan en la comunidad (dirigentes locales, personal de campo de otros organismos, políticos, curanderos, etc.).

No es probable que un mismo y único mensaje educativo en materia de higiene – ni el material didáctico correspondiente – baste para todos los fines propuestos. En principio, habría que tratar de responder a las necesidades propias de cada uno de los grupos-objetivo de la comunidad, teniendo en cuenta su nivel de instrucción así como las posibles limitaciones culturales.

#### 7.2.5 Necesidades de información para la educación en materia de higiene

Antes de emprender la ejecución de un programa estructurado de educación en materia de higiene es importante incluir en la encuesta sanitaria (véase el capítulo 3) una evaluación de los factores socioculturales que caracterizan a la comunidad, con el fin de determinar:

- las creencias y actitudes locales en lo relativo al agua, el saneamiento y la salud;
- los hábitos tradicionales en cuanto al uso del agua y a la defecación y las prácticas sobre evacuación de las excretas;
- el nivel actual de los conocimientos acerca de la transmisión de las enfermedades, en particular entre los dirigentes de la comunidad y las demás personas que gozan de influencia en la misma;
- la prioridad que se atribuye a las mejoras en el abastecimiento de agua y el saneamiento en relación con las demás necesidades de la comunidad;
- los canales de comunicación existentes en la comunidad, tales como

libros, periódicos, revistas, radio o televisión, teatro tradicional, canciones y narraciones orales;

- los miembros de la comunidad y el personal de campo de otros organismos que pueden participar en las actividades de educación sobre higiene.

### 7.3 Métodos de educación

En el cuadro 7.3 se resumen algunas características clave de una comunicación y una educación sanitaria eficaces.

En la elección de los métodos que conviene aplicar hay que tener en cuenta la índole de lo que se trata de transmitir, de una parte, y, de otra, las creencias, los valores y las prácticas locales; las características de los destinatarios de la educación, tales como los niveles de instrucción y de alfabetismo, y el grado en que han tenido contacto y están familiarizados con los diferentes métodos de educación; y, por último, ciertas consideraciones prácticas, como el dinero de que se dispone y la experiencia del personal.

Conseguir los cambios fundamentales en el modo de vida que son indispensables para mejorar el saneamiento y la higiene requerirá generalmente un programa intensivo de comunicación directa con la comunidad. Ello puede incluir un plan de visitas domiciliarias o la colaboración con agrupaciones de la comunidad u otros organismos locales; con agrupaciones de mujeres o de madres, con los niños de las escuelas o con los sindicatos.

En la educación sobre higiene, es importante hacer hincapié en los *métodos de aprendizaje participativos*, que pueden incluir la enseñanza en pequeños grupos, simulaciones, estudios de casos, ejercicios de grupo y la escenificación de situaciones. Mediante la aplicación de los métodos de esta clase:

#### **Cuadro 7.3 Características de una educación sanitaria eficaz**

- 
- Promueve acciones realistas y viables dentro de las limitaciones de la comunidad
  - Se basa en ideas y conceptos que la gente ya tiene y en las prácticas corrientes
  - Se repite y se refuerza con el paso del tiempo utilizando diferentes métodos
  - Utiliza los cauces de comunicación existentes, por ejemplo, canciones, teatro y narración de cuentos, y puede adaptarse bien a estos medios
  - Es amena y llama la atención de la comunidad
  - Utiliza un lenguaje sencillo y claro y expresiones locales, e insiste en destacar los beneficios a corto plazo de la acción
  - Ofrece oportunidades para el diálogo y el debate para dar pie a la participación de los asistentes y a la retroinformación
  - Utiliza demostraciones prácticas para mostrar los beneficios que se derivan de adoptar las prácticas recomendadas
-

- se evitan las conferencias formales
- se estimula el debate entre los participantes
- se estimula la interacción durante las sesiones
- se hace uso de diversos juegos, rompecabezas y ejercicios
- se utiliza material de aprendizaje que estimula el debate y los comentarios.

Los métodos de aprendizaje participativos presentan una serie de ventajas: su índole activa aumenta las probabilidades de que los participantes recuerden lo que han aprendido; los participantes se basan en su propia experiencia y aprenden a descubrir los principios básicos por sí mismos; se les ofrecen oportunidades para aprender las técnicas de solución de problemas; y adquieren la confianza necesaria para abordar los problemas y mejorar sus condiciones de vida. Sin embargo, muchas veces el personal de terreno ignora los métodos de aprendizaje participativos y necesita formación al respecto.

Algunos medios de comunicación tradicionales, como el teatro, las canciones y la narración de cuentos tienen un gran valor potencial y se han utilizado con eficacia en la educación sobre saneamiento e higiene. Combinan la diversión con la enseñanza práctica y cabe utilizarlos para estimular el debate y la participación de la comunidad. Debe suministrarse a los actores y los músicos información básica sobre higiene y salud y dejar que creen un espectáculo que sea al mismo tiempo entretenido y comprensible para la comunidad. También puede ser útil conseguir que los miembros de la comunidad intervengan en la representación.

Una de las formas de comunicación más eficaces es la que utiliza ejemplos de la vida real; por ejemplo, se puede construir una letrina de demostración en un lugar a propósito, y mostrar en la práctica su utilización correcta. Las demostraciones alcanzan su máxima eficacia cuando se puede comprobar que producen beneficios observables a corto plazo. Sin embargo, dado que los beneficios del saneamiento y la higiene para la salud pueden tardar en manifestarse visiblemente, lo mejor será hacer hincapié en los beneficios más inmediatos, tales como la comodidad, el confort y el hecho de librarse de moscas y malos olores.

También cabe transmitir mensajes valiosos por conducto de las personas que han mejorado sus prácticas de saneamiento e higiene y están satisfechas de los resultados. Nadie puede explicar mejor a los demás los beneficios que reportan estas nuevas prácticas, ya que emplearán un lenguaje cotidiano y gozarán de más credibilidad en la comunidad.

Cabe asimismo preparar material didáctico apropiado para mejorar la eficacia de las actividades de educación, por ejemplo, franelógrafos, rotafolios, carteles, diapositivas, videos y maquetas. Este material debe ensayarse en una muestra del público destinatario para comprobar si su mensaje es fácil de entender, si es de interés y si responde a las necesidades de la comunidad. Cabe utilizar a los artistas locales y estimularles a colaborar con la comunidad en la preparación de estos materiales.

En general, los mensajes de educación sanitaria deben reforzarse mediante la repetición, a poder ser a través de más de un medio.

La educación directa, cara a cara, puede complementarse con el uso de los medios de comunicación social tales como la radio, la televisión y la prensa, siempre que la encuesta inicial haya demostrado que estos medios llegan a la comunidad. Unos programas radiofónicos bien diseñados y previamente ensayados pueden servir para difundir rápidamente una información sencilla entre un gran número de personas, y para estimular y aumentar el interés por el programa de educación. Las emisiones deben utilizar diversas formas de diversión y de información que sean interesantes, tales como canciones, teatro, concursos y entrevistas a miembros de la comunidad. El horario de transmisión debe ajustarse al ritmo de las actividades de la comunidad. Dado que los medios de información social llegan a un público muy vasto, es difícil dirigir mensajes específicos a las comunidades locales; puede ser útil preparar programas radiofónicos en casetes para difundirlas entre grupos reducidos o a través de altavoces en lugares públicos.

Una manera de conseguir a largo plazo el mejoramiento de la higiene en la comunidad consiste en dedicar la atención educativa a los niños de las escuelas. De esta manera se consigue que los conceptos de higiene pasen a formar parte de los conocimientos generales sobre la salud y la influencia del medio ambiente. Además, los colegiales pueden transmitir los conceptos sobre higiene a sus padres. Los niños aprenden a partir de lo que ven a su alrededor, de modo que el ambiente mismo de la escuela debe ajustarse a los requisitos de una higiene correcta, por ejemplo mediante la instalación de letrinas y de agua para lavarse las manos, un ambiente de limpieza generalizado, e instalaciones higiénicas para la preparación y el servicio de las comidas escolares.

La educación sobre higiene puede tener lugar en el aula pero también a través de actividades en los alrededores de la escuela y en la comunidad. Puede impartirse como parte de un programa de educación sanitaria o de otras materias, tales como las matemáticas, el arte, las ciencias, la música y el teatro, y debe integrarse en un programa amplio de educación sanitaria con un número limitado de objetivos educativos fijados de antemano y centrados en las necesidades de la comunidad en materia de salud. De esta manera se difundirán unos conocimientos básicos sobre la salud en los primeros años de escolarización, que más tarde se podrán ampliar a beneficio de los escolares de más edad mediante un examen más pormenorizado de las cuestiones relativas a la salud y la enfermedad.

### **7.4 Recursos humanos para la educación en materia de higiene**

Para que un programa de educación sobre higiene resulte eficaz es necesario que el personal de gestión esté persuadido de su importancia y resuelto a ponerlo en práctica. Este personal incluye a los ingenieros de saneamiento y a los especialistas en medicina de salud pública, por lo que es necesario que la educación sobre higiene forme parte de su formación profesional.

La eficacia de la educación sobre higiene en el marco de los programas de vigilancia dependerá de la medida en que se consiga movilizar recursos locales en apoyo de las actividades de educación.

La mayoría de los hábitos de higiene se adquieren en los primeros años de vida y se refuerzan con la influencia de los padres y los ancianos de la familia. Las madres en particular desempeñan un papel importante, estimulando los hábitos de sus hijos en materia de higiene, y en la mayoría de las comunidades intervienen en la organización del hogar, el acarreo y el almacenamiento del agua, la limpieza general y el cuidado de los hijos. Así pues, una prioridad fundamental en la educación sobre higiene es conseguir la participación de las mujeres, ya sea actuando cerca de cada una de ellas en su propio hogar, o bien a través de las agrupaciones femeninas de la comunidad. Es necesario que las mujeres estén representadas en todas las agrupaciones comunitarias que se constituyan como parte del programa de vigilancia.

El recurso más importante para la educación en materia de higiene es la comunidad misma. Hay que tratar de identificar los grupos u organizaciones de la comunidad que pueden participar en la educación sobre higiene, incluidos los comités de aldea, los comités del agua, los comités de salud, los grupos de agricultores jóvenes y los organismos religiosos.

La educación en materia de higiene ya forma parte de las actividades de muchos miembros de la comunidad y de organismos que operan sobre el terreno (véase el cuadro 7.4), así como del personal de los dispensarios y los centros de salud. Los agentes de salud comunitarios de los programas de atención primaria de salud son educadores de salud clave en el plano de la aldea. Los inspectores

**Cuadro 7.4 Posibles recursos humanos para la educación en materia de higiene en la comunidad**

<b>Servicios de salud:</b>	<b>Agentes agrícolas y de desarrollo:</b>
Personal médico y de enfermería de la atención primaria de salud	Agentes de extensión agrícola
Personal de partería	Agentes de desarrollo de la comunidad
Visitantes de salud	Personal de los programas de nutrición
Personal de enfermería de salud pública	Personal de las cooperativas
Ayudantes médicos	Personal del programa de generación de empleo
Programas de nutrición	Personal de los programas para las mujeres
Programas de inmunización	<b>Servicios de educación:</b>
Programas sobre enfermedades especiales	Maestros de las escuelas primarias y secundarias
Agentes de salud de aldea	Personal de educación de adultos
Técnicos de saneamiento	Personal de los programas de alfabetización
Veterinarios	Personal de los programas preescolares
<b>Servicios de salud pública:</b>	Personal de formación profesional
Inspectores de salud pública	<b>Recursos no institucionalizados en la comunidad:</b>
Personal de abastecimiento de agua	Personas mayores
Técnicos de saneamiento	Padres
Inspectores de higiene	Parteras tradicionales
Personal de gestión de los desechos	Curanderos
Ingenieros sanitarios	Dirigentes de aldea
	Dirigentes religiosos

de salud pública y los ayudantes de salud rurales participan intensamente en la educación sobre higiene como parte de su labor de promoción del agua potable, el saneamiento ambiental y la higiene. El personal de salud de los hospitales tiene una función de educación sanitaria como parte del proceso de tratamiento y rehabilitación.

Fuera de los servicios de salud, pueden participar en la educación en materia de higiene, entre otros, los maestros de escuela, los de los centros de educación de adultos y los de los programas de alfabetización. Con el fin de capacitarlos para esta función, el ministerio de educación o su equivalente debe conseguir que ciertas materias como el medio ambiente, la higiene y la salud figuren en los programas de educación cuando sea apropiado.

Cabe también movilizar para la educación sobre higiene a otros agentes que operan en la comunidad. Los agentes de extensión agrícola que asesoran a las comunidades en materia de cultivos pueden impartir además educación sobre salud y nutrición. Los agentes de desarrollo de la comunidad que se dedican a promover las organizaciones y cooperativas comunitarias pueden desempeñar una función clave fomentando la acción comunitaria en cuestiones de salud.

Además de los organismos gubernamentales, son muchos los de tipo voluntario que participan en la educación sanitaria, incluidos los grupos de nutrición, las asociaciones de planificación de la familia, la Cruz Roja, la Media Luna Roja y otras asociaciones.

En la búsqueda de posibles recursos para la educación en materia de higiene hay que preguntarse si hay actualmente algún grupo, o varios, que se dediquen a este tipo de educación, si es probable que presten apoyo a la educación sobre higiene, y qué apoyo debería prestárseles para que participen en esta acción, en forma, por ejemplo, de formación o de recursos para el aprendizaje.

Puede ser necesario adiestrar al personal sobre el terreno y a los voluntarios en materia de educación sobre higiene, en particular en los métodos de aprendizaje participativos más modernos. El objetivo debe ser establecer en la comunidad unos programas de educación sobre higiene capaces de autosostenerse, como parte de la labor normal de los agentes locales que actúan sobre el terreno. Inicialmente este tipo de personal podría necesitar formación, apoyo y estímulos para dedicarse a la educación en materia de higiene, pero con el tiempo debería ser capaz de hacerlo con un mínimo de apoyo externo.

### **7.5 Función del organismo de vigilancia en la educación en materia de higiene**

La educación en materia de higiene es tan sólo una de las muchas responsabilidades del personal de vigilancia que opera sobre el terreno. Muchos organismos pueden desempeñar una función en esta educación, incluidos los gubernamentales (por ejemplo, los ministerios del agua, del medio ambiente, de salud, de educación y de desarrollo y los gobiernos locales), las organizaciones no gubernamentales (nacionales o internacionales) y las instituciones privadas. Normalmente será un

organismo del gobierno el que desempeñe la función de coordinación, la cual, a causa de la índole intersectorial de la actividad, podrá comprender las acciones siguientes:

### *En el plano nacional*

- Colaborar con otros organismos, incluidos los siguientes: servicios de educación sanitaria, servicios de abastecimiento de agua y organizaciones no gubernamentales, y conseguir que participen en las actividades de educación sobre higiene.
- Empezar la educación sobre higiene a través de los medios de información sociales, en apoyo de las actividades en el plano de la comunidad.
- Revisar, analizar e interpretar los datos derivados de la vigilancia con el fin de evaluar las actividades de educación en materia de higiene y de determinar los sectores prioritarios para la acción futura.
- Recoger información sobre métodos innovadores y eficaces de educación sobre higiene, incluidas las experiencias nacionales y extranjeras, y difundir esta información por medio de informes, talleres y reuniones.
- Organizar la formación regional en educación sobre higiene para el personal de vigilancia sobre el terreno y los organismos de apoyo.

### *En el plano regional*

- Actuar de puente entre las actividades desarrolladas en el plano nacional y las de la región, dando orientaciones a los funcionarios regionales de las zonas donde se ejecutan proyectos, suministrando detalles de las actividades nacionales, y programas para los medios de información sociales.
- Colaborar con los organismos regionales para conseguir la participación del personal de campo de una diversidad de organismos lo más amplia posible, por ejemplo, ayudantes de salud e inspectores sanitarios, personal de enfermería, agentes de salud de aldea, maestros, agentes de desarrollo agrícola y rural, asistentes sociales de las zonas rurales, y agentes de alfabetización y educación de adultos.
- Coordinar las actividades de los diversos organismos que operan sobre el terreno y participan en las actividades de educación sobre higiene y asesorarles acerca del contenido de los programas de educación para conseguir que éstos sean correctos, pertinentes y apropiados para las necesidades de las comunidades locales.
- Dar formación en materia de saneamiento y educación sobre higiene, incluidas las técnicas prácticas de comunicación.
- Distribuir material didáctico y colaborar con el personal sobre el terreno y con la comunidad en la producción de material didáctico apropiado para ésta.
- Colaborar con otros organismos sobre el terreno y con la comunidad para conseguir que los informes sobre las actividades de vigilancia incluyan información sobre las necesidades en materia de educación sobre higiene, la eficacia de las actividades locales en este sector, y las investigaciones sobre educación en materia de higiene.

### *En el plano local*

- Colaborar con las familias y las comunidades en la tarea de estimular la participación de la comunidad y en las actividades de educación sobre higiene.
- Colaborar con las organizaciones de la comunidad que desarrollan actividades de educación sobre higiene y de vigilancia, por ejemplo, los comités de aguas, para prestarles apoyo y facilitarles formación, y conseguir que participen en las actividades de educación sobre higiene, control y vigilancia.
- Colaborar con el personal de campo de los diferentes organismos que operan en las comunidades locales, y coordinar la educación sobre higiene, la formación, el apoyo y el material didáctico.

### **7.6 Financiación de las actividades de educación en materia de higiene**

Dada la indole intersectorial de la educación en materia de higiene, es de prever que sean varios los organismos que aporten contribuciones a la misma, tanto en fondos como en especie. Así, por ejemplo, el sector de la educación puede contribuir considerablemente a través de los programas escolares y de alfabetización para adultos o de formación profesional, y las comunidades mismas pueden también aportar contribuciones considerables, particularmente en especie.

En la práctica, la responsabilidad de los programas de educación sobre higiene corresponde casi siempre a los ministerios de salud o sus equivalentes. Y es lógico que así sea, dada la responsabilidad de estos ministerios en la protección de la salud. Sin embargo, según sean las circunstancias locales, otros organismos pueden útilmente incluir en sus programas actividades de educación en materia de higiene; por ejemplo, los equipos móviles del ministerio responsable de los recursos hídricos dedicados a realizar perforaciones pueden estar vinculados con el personal de educación en materia de higiene.

# 8.

## Aspectos legislativos, de reglamentación, de política y de gestión básica

### 8.1 Aplicación de la legislación sobre abastecimiento de agua

#### 8.1.1 Objetivos a corto plazo y a plazo medio

Las *Directrices para la calidad del agua potable* tratan de un gran número de posibles contaminantes con el fin de responder a las diversas necesidades de los países. Sin embargo, es muy improbable que todos los contaminantes mencionados se encuentren presentes en un abastecimiento de agua. Por lo tanto, debe ponerse cuidado en seleccionar las sustancias para las cuales se establezcan normas nacionales. Hay que tener en cuenta varios factores, entre ellos la geología de la región y el tipo de actividades humanas que en ella se despliegan. Así, por ejemplo, si un determinado plaguicida no se usa en la región, no habrá necesidad de vigilar su empleo o de establecer una norma sobre el mismo en relación con el agua potable. No se deben derrochar los escasos recursos disponibles en el establecimiento de normas para sustancias de escasa importancia ni en su vigilancia.

En los países donde los recursos económicos y humanos son limitados deben fijarse objetivos a corto plazo y a plazo medio al establecer las normas nacionales para el agua potable, la vigilancia de la calidad del agua y los programas de control de esta calidad de modo que se controlen en primer lugar los riesgos más graves para la salud humana. Es importante, pues, redactar la legislación sobre calidad del agua de manera que se deje cierto margen de flexibilidad en el logro por etapas de las metas de calidad fijadas.

El riesgo para la salud más común y generalizado asociado al agua de beber es su contaminación microbiana, cuyas consecuencias son tan graves que su control debe ser siempre de la máxima importancia. La calidad microbiológica debe considerarse, pues, como una prioridad, aunque quizás resulte imposible alcanzar las metas a corto plazo o a plazo medio. En consecuencia, es necesario conseguir que se dé prioridad a los abastecimientos de agua que presentan el mayor riesgo para la salud pública, ya sea mediante el reconocimiento de esta prioridad, como se describe en el capítulo 5, o mediante mecanismos legales tales como exenciones para permitir su mejoramiento gradual.

Tratar de seguir las *Directrices* de manera indiscriminada podría conducir a una situación en la que las normas sobre agua potable adoptadas en un país no

## 8. ASPECTOS LEGISLATIVOS, DE REGLAMENTACIÓN, DE POLÍTICA Y DE GESTIÓN BÁSICA

respondieran a sus verdaderas necesidades en materia de salud, o en la que no existiera – o sólo en corta medida – la capacidad económica o profesional necesaria para vigilar o imponer su observancia. En esta situación, el personal responsable de la calidad del agua y de la salud pública y los dirigentes de las comunidades podrían desmoralizarse, lo que conduciría a una pérdida de confianza en la totalidad de las normas y de los procedimientos de vigilancia de la calidad del agua, a un sentimiento de frustración y a la pérdida de respeto por las leyes y los reglamentos sobre salud y medio ambiente en general.

Las autoridades de salud y del agua deben, pues, formular una estrategia clara para el establecimiento de metas graduales para la calidad del agua, es decir, a corto plazo, a plazo medio y a largo plazo. Un programa basado en una metas modestas pero realistas que incluya menos parámetros de la calidad del agua pero a unos niveles asequibles compatibles con un grado razonable de protección de la salud pública puede resultar más eficaz que un programa demasiado ambicioso.

La legislación sobre calidad del agua potable debe prever claramente la posibilidad de diferencias regionales en las normas y de diferencias entre los grandes abastecimientos urbanos y los de las comunidades pequeñas. Esta previsión puede adoptar también la forma de exenciones temporales para algunas comunidades o zonas respecto de determinadas normas sobre calidad del agua para periodos de tiempo claramente delimitados. Tales exenciones deben ser concedidas por un alto funcionario de salud pública o de higiene del medio en los planos nacional, regional o de distrito, dotado por la ley de la autoridad necesaria para ello.

Deben establecerse bajo la autoridad de la ley normas provisionales, desviaciones permisibles y exenciones como parte de una política nacional o regional, y no como resultado de iniciativas locales o de intereses egoístas. Los organismos abastecedores de agua deben actuar en todos los asuntos relacionados con la calidad del agua que suministran bajo la autoridad de las leyes y los reglamentos fijados por una autoridad superior, renunciando a establecer sus propias normas provisionales sobre la base de su propio juicio o conveniencia. Este marco legal es importante tanto para garantizar la protección de la salud pública como para proteger a los organismos abastecedores de agua de la posibilidad de que se les considere responsables de suministrar agua de calidad inferior.

### 8.1.2 Observancia: la función del organismo de abastecimiento de agua y la del organismo de vigilancia

La legislación debe especificar claramente que el *organismo abastecedor de agua* es responsable legalmente y en todo momento de la calidad del agua que vende y/o suministra al consumidor, así como de la supervisión, la inspección, el mantenimiento y el funcionamiento inocuo y apropiado del sistema de abastecimiento de agua. Es el organismo abastecedor de agua el que suministra en la práctica el agua al público – el «cliente» – generalmente sobre una base

comercial, y el que, como suministrador o vendedor del producto acabado, es legalmente responsable (ante el derecho penal y el civil) de su calidad e inocuidad desde el punto de vista de la salud pública. Sin embargo, sólo debe considerársele responsable de la calidad del agua hasta un punto definido del sistema de distribución y nunca por una posible deterioración de la calidad del agua ocurrida en el hogar del consumidor por defectos de la instalación o del depósito de almacenamiento. La política a largo plazo de las autoridades de salud y de las aguas debe ser la de imponer la carga legal del nivel primario de los análisis para el control de la calidad del agua al organismo abastecedor. Éste debe establecer la infraestructura necesaria para el control de la calidad, cuyo costo pasará a formar parte del precio del agua. Esta forma de transferencia de la responsabilidad, de manera descentralizada, al productor/abastecedor proporciona un sistema de vigilancia independiente que lleva aparejada la estricta imposición de la observancia por una autoridad que puede determinar si el abastecedor está cumpliendo con sus responsabilidades, y está basada en los principios de una buena administración.

La legislación debe conferir al *organismo de vigilancia* designado la autoridad necesaria para imponer la observancia de las normas y los reglamentos sobre calidad del agua mediante la vigilancia periódica de todos los aspectos de la calidad y la inocuidad del agua, con inclusión de las inspecciones sanitarias y los controles puntuales que sean necesarios. Los resultados de esta vigilancia se deben notificar al organismo de abastecimiento, al que se instará, si hay lugar para ello, a adoptar las medidas correctivas pertinentes.

La vigilancia debe ser primordialmente una función de apoyo y asesoramiento y sólo en segundo lugar una función de imposición del cumplimiento de las normas y de penalización. Sin embargo, en la ley se deben especificar las penas apropiadas, incluidas las multas por las infracciones y las multas continuadas por las infracciones continuadas. Debe estudiarse la posibilidad de considerar a los administradores o directores del organismo de abastecimiento responsables personalmente de las infracciones graves en las que se aprecie negligencia del personal y mala gestión; este sistema ha dado buenos resultados en algunos países. La ley debe imponer al organismo de vigilancia la obligación de publicar informes anuales sobre sus actividades o por lo menos de facilitar el libre acceso del público a todos los resultados de la vigilancia en una forma tal que resulte al mismo tiempo informativa y comprensible para el público general.

Aunque uno de los objetivos del programa de vigilancia debe ser la adopción de las medidas necesarias para corregir las deficiencias observadas, en determinadas ocasiones puede ser necesario imponer multas para castigar las posibles infracciones. Para ser eficaz, el organismo de vigilancia debe poder contar con el apoyo de una legislación estricta y de cumplimiento obligatorio. Sin embargo, es importante que el organismo establezca una relación positiva y de apoyo con los abastecedores.

La ley debe conferir al organismo de vigilancia la autoridad necesaria para poder obligar al abastecedor a fijar o enviar por correo avisos en los que se recomiende hervir el agua cuando se haya detectado una contaminación microbiana.

### 8.1.3 Necesidades en materia de vigilancia

La legislación debe definir los deberes, las obligaciones y el grado de autoridad del organismo de vigilancia del agua. Las disposiciones legales y de organización encaminadas a conseguir que se observen la legislación, las normas o los códigos de prácticas para la calidad del agua de beber deben prever el establecimiento, cuando sea posible, de un organismo de vigilancia independiente. En muchos casos el procedimiento óptimo consiste en confiar la función de organismo de vigilancia a un organismo del gobierno, como se ha visto en el capítulo 2, que disponga de personal profesional calificado y de las instalaciones de laboratorio necesarias. En muchos países en desarrollo, sin embargo, es posible que el ministerio de salud u otro organismo de vigilancia esté dotado por la ley de la autoridad necesaria pero disponga de pocos recursos para las actividades de vigilancia y, por ende, resulte ineficaz. La delegación de la función de vigilancia en un organismo calificado y autorizado por el gobierno, posiblemente en un nivel inferior (por ejemplo, provincial o local) o en una institución privada, puede considerarse como otra posibilidad.

### 8.1.4 Frecuencias de los muestreos y parámetros

La práctica frecuente de inspecciones sanitarias y de análisis de la calidad del agua, en particular para determinar una posible contaminación microbiológica, es un elemento indispensable en todo programa de vigilancia encaminado a comprobar si el agua de beber se ajusta a las normas establecidas. En las zonas rurales, donde las fuentes de agua pueden no estar expuestas a desechos industriales o a productos agroquímicos, quizás no sean factibles o necesarios los análisis relativos a la mayoría de microcontaminantes. Conviene establecer unas frecuencias de muestreo realistas y flexibles para los parámetros que deban medirse. La legislación básica sobre el agua no debe especificar la frecuencia de los muestreos pero sí debe conferir poderes a la administración para establecer la lista de los parámetros que deben medirse y la frecuencia de estas mediciones. Sin embargo, debe insistirse en señalar que la vigilancia de los abastecimientos de agua no se basa solamente en los análisis de laboratorio sino también en inspecciones sanitarias y encuestas periódicas, acompañadas de recomendaciones sobre medidas correctivas. También será necesario efectuar visitas de seguimiento para comprobar si se han adoptado tales medidas.

### 8.1.5 Métodos de análisis prescritos

Las normas y los reglamentos sobre el agua potable deben diseñarse de modo que se garantice que todos los organismos y laboratorios van a aplicar métodos de análisis aceptados, estandarizados, fiables y precisos. Ello es particularmente importante en caso de litigio. En las zonas remotas donde no se dispone de instalaciones de laboratorio apropiadas se pueden aceptar a veces métodos más sencillos y menos costosos para la práctica de algunos análisis sistemáticos. La

legislación debe prever la posibilidad de aplicar estos métodos alternativos en determinadas circunstancias. Los reglamentos deben también exigir que en los organismos abastecedores de agua y en los laboratorios privados autorizados que llevan a cabo análisis de la calidad del agua se apliquen y controlen los procedimientos de garantía de la calidad.

## **8.2 Reglamentos técnicos: códigos de prácticas en materia de construcción, funcionamiento e instalaciones**

Entre los elementos importantes que garantizan un abastecimiento de agua de la calidad requerida figuran la selección de una fuente apropiada, y el diseño, la construcción y el funcionamiento de las instalaciones de abastecimiento de agua. Deben establecerse códigos de prácticas para conseguir que se seleccione la mejor fuente de agua sostenible, y que se diseñen sistemas para proteger la calidad del agua mediante unas barreras eficaces contra la contaminación. Estos aspectos pueden quedar cubiertos en cierta medida por los reglamentos técnicos y los códigos reglamentarios derivados de la legislación básica sobre calidad del agua. Sin embargo, conviene evitar un exceso de rigidez en los códigos sobre construcción e instalaciones, cuya modificación requiera obligatoriamente procedimientos legislativos lentos y complicados. Estos reglamentos técnicos, así como los códigos de prácticas, deben ser de carácter administrativo y fáciles de modificar en función de la evolución de la tecnología y para hacer posible la aplicación provisional de métodos de bajo costo en determinadas circunstancias.

# Bibliografía complementaria

Bartram J. *Drinking water supply surveillance*. Guildford, Inglaterra, Robens Institute of Health and Safety, Universidad de Surrey, 1990.

*Directrices para la calidad del agua potable. Vol. 1, Recomendaciones*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1993.

*Directrices para la calidad del agua potable. Vol. 2, Criterios de salud y otras informaciones de apoyo*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1996.

*Disinfection of rural and small-community water supplies: a manual for design and operation*. Medmenham, Inglaterra, Water Research Centre, 1989.

Foster S, Venura M, Hirata R. *Groundwater pollution*. Lima, OMS/OPS/CEPIS, 1987.

Lloyd B, Helmer R. *Surveillance of drinking water quality in rural areas*. Harlow, Inglaterra, Longman Scientific and Technical, 1991.

*Manual de técnicas básicas para un laboratorio de salud*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1980 (segunda edición en preparación).

Rajagopalan S, Shiffman MA. *Guide to simple sanitary measures for the control of enteric diseases*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1974.

*Selected physical and chemical standard methods for students*. Washington, DC, American Public Health Association, 1990.

*Small community water supplies – technology of small water supply systems in developing countries*. La Haya, International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation, 1983.

*Standard methods for the examination of water and wastewater*, 17ª ed. Washington, DC, American Public Health Association, 1989.

*Vigilancia de la calidad del agua potable*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1976 (OMS, Serie de monografías, N° 63).

## **Normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) para el muestreo de abastecimientos de agua potable:**

ISO 5667-1:1980      Sampling-Part 1      Guidance on the design of sampling programmes

## GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

ISO 5667-2:1991	Sampling-Part 2	Guidance on sampling techniques
ISO 5667-3:1994	Sampling-Part 3	Guidance on the preservation and handling of samples
ISO 5667-4:1987	Sampling-Part 4	Guidance on sampling from lakes, natural and man-made
ISO 5667-5:1991	Sampling-Part 5	Guidance on sampling of drinking-water and water used for food and beverage processing
ISO 5667-6:1990	Sampling-Part 6	Guidance on sampling of rivers and streams

### **Normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) para los análisis microbiológicos:**

ISO 6222:1988	Enumeration of viable micro-organisms. Colony count by inoculation in or on a nutrient agar culture medium.
ISO 7899-1:1984	Detection and enumeration of faecal streptococci-Part 1: Method by enrichment in a liquid medium.
ISO 7899-2:1984	Detection and enumeration of faecal streptococci-Part 2: Method by membrane filtration.
ISO 8199:1988	General guide to the enumeration of micro-organisms by culture.
ISO 9308-1:1990	Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliform organisms and presumptive <i>Escherichia coli</i> -Part 1: Membrane filtration method.
ISO 9308-2:1990	Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliform organisms and presumptive <i>Escherichia coli</i> -Part 2: Multiple tube (most probable number) method.

## Anexo 1

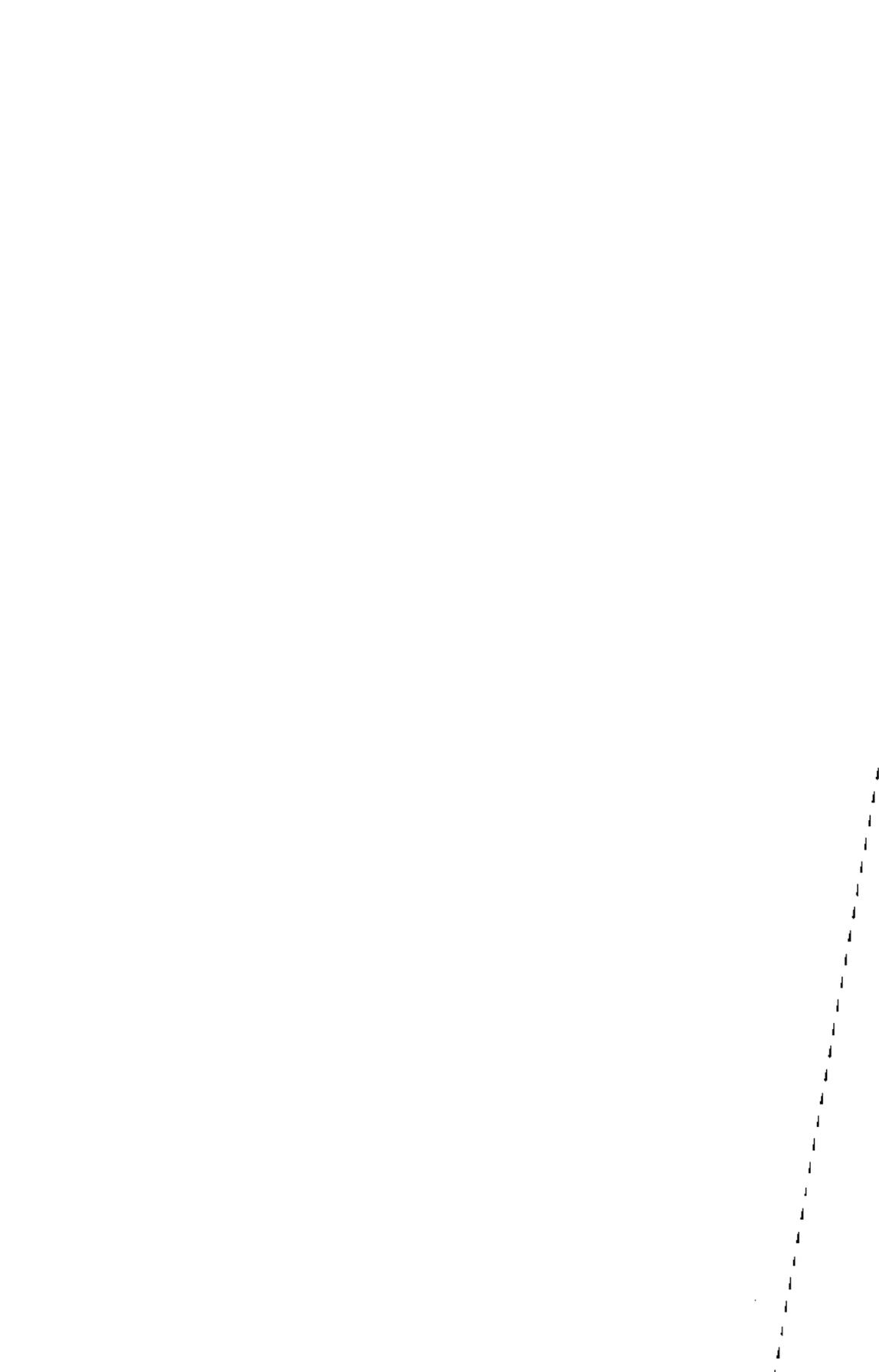
# Lista de colaboradores y especialistas consultados

- H. Abouzaid, Evaluación y gestión de los riesgos para la higiene del medio, División de Higiene del Medio, Oficina Regional de la OMS para el Mediterráneo Oriental, Alejandría, Egipto
- J. Bartram, Administrador, Agua y Desechos, OMS, Centro Europeo para el Medio Ambiente y la Salud, Roma, Italia
- V. Bizhga, Gabinete del Ministro, Ministerio de Salud y Protección del Medio Ambiente, Tirana, Albania
- X. Bonnefoy, Planificación de la Higiene del Medio/Ecología, Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para Europa, Copenhague, Dinamarca
- T. Boonyakarnkul, División de Higiene del Medio, Departamento de Salud, Ministerio de Salud Pública, Bangkok, Tailandia
- M. T. Boot, Oficial de Programa, IRC International Water and Sanitation Centre, La Haya, Países Bajos
- J. Z. Boutros, Consultor, Control de los Alimentos y del Agua, Jartum, Sudán
- B. Clarke, Centre for Environmental Health and Water Engineering, Department of Civil Engineering, Universidad de Surrey, Guildford, Inglaterra
- W. Fellows, Oficial de Programa, Agua y Saneamiento Ambiental, UNICEF, Harare, Zimbabwe
- H. Fenger, OMS, Oficina Regional para Europa, Copenhague, Dinamarca
- H. Galal-Gorchev, Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza
- E. González, Jefe, División de Calidad del Agua, Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, San José, Costa Rica
- F. J. Gumbo, Jefe de Laboratorios del Agua, División de Funcionamiento, Mantenimiento y Laboratorios del Agua, Ministerio del Agua (MAJI), Dar-es-Salam, República Unida de Tanzania
- A. N. Havelaar, Instituto Nacional de Salud Pública y Protección del Medio Ambiente, Bilthoven, países Bajos

## GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

- R. Helmer, Higiene del Medio Urbano, División de Apoyo Operacional a la Higiene del Medio, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza
- G. Howard, Research Fellow, The Robens Institute of Health and Safety, Universidad de Surrey, Guildford, Inglaterra
- J. Hubley, Catedrático de Educación Sanitaria, Unidad de Educación Sanitaria, Facultad de Salud y Asistencia Social, Universidad Metropolitana de Leeds, Leeds, Inglaterra
- J. A. Hueb, Higiene del Medio Rural, División de Apoyo Operacional a la Higiene del Medio, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza
- B. Jackson, Asesor Principal de Ingeniería, División Británica de Desarrollo en África Oriental, Nairobi, Kenya; Asesor de Recursos Hídricos, División de Ingeniería, Administración de Desarrollo de Ultramar, Londres, Inglaterra
- E. Khaka, Ministerio de Tierras, Agricultura y Agua, Harare, Zimbabwe
- L. Laugerí, anteriormente, Abastecimiento de Agua a la Comunidad, División de Higiene del Medio, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza
- S. Laver, Catedrático, Departamento de Medicina de la Comunidad, Universidad de Zimbabwe, Mount Pleasant, Harare, Zimbabwe
- L. Leno, Microbiólogo, Instituto de Investigaciones de Higiene y Epidemiología, y Gabinete del Ministro, Ministerio de Salud y Protección del Medio Ambiente, Tirana, Albania
- B. Lloyd, Jefe, Centre for Environmental Health and Water Engineering, Department of Civil Engineering, Universidad de Surrey, Guildford, Inglaterra
- M. T. Martins, Profesor Asociado, Laboratorio de Microbiología Ambiental, Universidad de São Paulo, Brasil
- L. Monjour, Agua, Agricultura y Salud en los Trópicos, París, Francia
- P. Morgan, Asesor, Agua y Saneamiento, Ministerio de Salud, Blair Research Laboratory, Harare, Zimbabwe
- S. Mtero, Oficial Médico Principal de Investigaciones, Ministerio de Salud, Blair Research Laboratory, Harare, Zimbabwe
- S. Musingarabwi, Director, Servicios de Higiene del Medio, Ministerio de Salud, Harare, Zimbabwe
- F. Niang, Jefe, Servicio de Laboratorio, Compañía Nacional Senegalcsa de Gestión del Agua, Dakar, Senegal
- M. Pardon, DelAgua/CEPIS, Lima, Perú
- S. Pedley, Investigador, The Robens Institute of Health and Safety, Universidad de Surrey, Guildford, Inglaterra

- E. B. Pike, anteriormente del Water Research Centre, Medmenham, Inglaterra
- J. Ptashekas, Director, Centro de Medicina Ambiental, Vilnius, Lituania
- P. Ranque, Erradicación de la Dracunculosis, División de Lucha contra las Enfermedades Tropicales, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza
- P. K. Ray, Director, Centro de Investigaciones sobre Toxicología Industrial, Lucknow, India
- A. Rickards, Investigador, The Robens Institute of Health and Safety, Universidad de Surrey, Inglaterra
- K. Shehu, Director, Hidráulica, Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, Tirana, Albania
- H. Shuval, Profesor Lunenfield-Kunin de Higiene del Medio, Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel
- F. Solsona, Ingeniero de Saneamiento de la OMS, Brasilia, Brasil
- P. Taylor, Director, Centro de Formación para Agua y Saneamiento, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Zimbabwe, Harare, Zimbabwe
- J. Thoegersen, Centro para los Países en Desarrollo, Universidad Técnica de Dinamarca, Lyngby, Dinamarca
- H. Utkilen, Científico, Instituto Nacional de Salud Pública, Departamento de Medicina Ambiental, Oslo, Noruega
- K. Wedgwood, Oficial de Investigación, The Robens Institute of Health and Safety, Universidad de Surrey, Guildford, Inglaterra
- F. Zawide, Ingeniero de Saneamiento de la OMS, Subregión III, Harare, Zimbabwe



## Anexo 2

# Ejemplos de formularios para la inspección de saneamiento

Se presentan aquí los siguientes ejemplos de formularios para la inspección de saneamiento:

Abastecimientos no canalizados: pozo excavado abierto (figura A2.1); pozo excavado con torno y cubierta parcial (figura A2.2); pozo excavado cubierto con bomba manual (figura A2.3); recogida y almacenamiento de aguas pluviales (figura A2.4); pozo tubular con bomba manual (figura A2.5); camiones cisterna, estaciones de servicio y depósitos domésticos (figura A2.6).

Abastecimientos canalizados: perforación profunda con bomba mecánica (figura A2.7); manantial protegido (figura A2.8); fuente de superficie y extracción (figura A2.9); distribución canalizada (figura A2.10); estación de tratamiento de agua (figura A2.11).

Con la excepción de la figura A2.11, todos los ejemplos constan de dos páginas e incluyen ilustraciones de los diversos tipos de abastecimientos de agua; los posibles riesgos aparecen numerados y figuran en una lista. El uso de estos formularios permite asignar una puntuación del riesgo a cada abastecimiento de agua sobre la base del número total de riesgos observados; sin embargo, puede ser necesario aplicar una valoración diferente en función de las condiciones locales (véase la página 51).

Las letrinas y demás fuentes puntuales de posible contaminación fecal deben estar situadas lo bastante lejos de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas como agua de beber para poder tener la seguridad de que el riesgo de supervivencia de los gérmenes patógenos es muy bajo. Una vez comprobado el «tiempo de viaje» de los microbios patógenos a través del subsuelo, se puede determinar la distancia mínima de seguridad (DMS) que debe separar las posibles actividades contaminadoras de las fuentes de agua.

El tiempo de viaje de los microbios depende de las condiciones hidrogeológicas locales, en particular la conductividad hidráulica o permeabilidad del suelo y de la roca en las zonas no saturadas y las saturadas. Por esto es difícil fijar unas DMS de aplicación universal. También influirán en el tiempo de viaje el volumen y la concentración de la contaminación introducida en la zona. Se ha comprobado que en las zonas rurales de baja densidad de población la mayoría de los virus y de las bacterias presentes en las aguas subterráneas mueren a los 10 días. Así pues, en estas zonas, donde se implantan abastecimientos de agua y sistemas de saneamiento en pequeña escala, este tiempo de viaje puede servir de base para

establecer las DMS. En las zonas urbanas donde se descargan las aguas servidas municipales y en las zonas donde se hace un uso intensivo del saneamiento *in situ*, será más apropiado calcular un plazo de 50 días.

Con frecuencia resulta difícil obtener una información hidrogeológica fiable. Sin embargo, cabe hacerse una idea de las condiciones hidrogeológicas locales tomando nota cuidadosamente de los cambios observables en el tipo de suelo y de roca mediante una cata o perforación de prueba y efectuando pruebas de infiltración en la zona donde se proyecta construir una letrina. La capacidad de infiltración del suelo en la zona debe evaluarse cuando la capa freática está en su nivel más alto.

Una prueba de infiltración puede efectuarse de la manera siguiente:

- Abrir un agujero (o más de uno) de 10 cm de diámetro y de una profundidad ligeramente superior a la profundidad máxima del pozo de la letrina (generalmente unos 3 m).
- Llenar de agua la perforación o perforaciones y dejarla durante toda una noche para que el suelo se sature. Cuando el suelo está muy seco, puede ser necesario volver a llenar la perforación varias veces para asegurarse de que el suelo circundante queda saturado.
- Volver a llenar el agujero o los agujeros hasta una profundidad de 30 cm, y medir el descenso del nivel del agua a los 30 y los 90 minutos. La velocidad de infiltración puede medirse entonces sobre la base del descenso del nivel del agua durante estos periodos. Para que el cálculo sea más preciso, conviene calcular el volumen del agua que se infiltra y así se obtiene un valor de la tasa de infiltración expresado en  $m^3/m^2$  por hora o m/h.

Debe señalarse que esta prueba permite conocer la capacidad de infiltración del suelo, es decir, su capacidad de absorción del agua en condiciones normales y estables. En condiciones muy secas, la velocidad de infiltración puede variar considerablemente. La prueba se realiza generalmente con agua «limpia», pero el líquido procedente de las letrinas de pozo es muy «sucio» y, en consecuencia, la capacidad real de infiltración puede ser menor. Sin embargo, cuando se trata de instalar letrinas siempre es mejor ser prudente, y utilizando agua limpia es probable que se fije una DMS que sea más que suficiente para el agua «sucia».

El procedimiento que se acaba de describir es una prueba básica que solamente da una idea de la rapidez con que el líquido de una letrina de pozo se infiltrará y viajará por el subsuelo. Para más precisión, deberá establecerse la conductividad hidráulica del suelo mediante unas fórmulas más complicadas, basadas en la ley de Darcy, para las cuales habrá que recurrir a los textos estándar sobre aguas subterráneas y geología. Debe obtenerse información sobre la geología de la zona donde se está evaluando la capacidad de infiltración, en particular sobre la posible existencia de fisuras o juntas subyacentes a la zona propuesta para la construcción de la letrina o las letrinas, porque estas fisuras pueden aumentar espectacularmente la conductividad hidráulica y, por ende, la DMS.

La tasa de movimiento de las aguas subterráneas varía mucho según sea la

permeabilidad del terreno; así, puede variar entre fracciones de metro al día en las arcillas hasta de 1–10 al día en las arenas, 50 mg más al día en las gravas muy permeables, y aun alcanzar tasas más altas en las fisuras de las rocas, por ejemplo en la piedra caliza. Así, mientras que la DMS para las arcillas impermeables puede ser de unos pocos metros, en el caso de la arena puede llegar a los 100 m, y en lechos de grava permeable o en las zonas donde hay acuíferos someros en fisuras puede llegar a ser de varios kilómetros.

A título de simple orientación, un valor de 10 m puede considerarse como la DMS absoluta admisible en las zonas de arcilla profunda e impermeable en las que no se abren grietas durante los periodos secos. Sin embargo, a menos que se hayan llevado a cabo investigaciones detalladas bajo todas las condiciones, es preferible aumentar esta distancia hasta 30 m por lo menos. Si el agua subterránea de la zona se encuentra en acuíferos muy permeables, como pueden ser las gravas y las rocas fisuradas, es posible que el saneamiento *in situ* no resulte apropiado. Si no hay otra opción posible, habrá que recurrir a la construcción de pozos sellados con revestimiento de hormigón impermeable.



<b>I</b>	<b>Tipo de instalación</b>	<b>POZO EXCAVADO ABIERTO</b>
1.	Información general:	Centro de salud..... Aldea.....
2.	Nº de código–Dirección .....	
3.	Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....	
4.	Fecha de la visita .....	
5.	¿Se tomó una muestra del agua? ..... Nº de la muestra ..... Grado de coliformes termotolerantes .....	
<b>II</b>	<b>Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación</b>	<b>Riesgo</b>
1.	¿Hay una letrina a menos de 10 m del pozo?	S/N
2.	¿Está situada la letrina más próxima en un punto más alto que el pozo?	S/N
3.	¿Hay alguna otra fuente de contaminación (por ejemplo, excretas de animales, basuras) a menos de 10 m del pozo?	S/N
4.	¿Es deficiente el drenaje, y hay agua estancada a menos de 2 m del pozo?	S/N
5.	¿Hay un canal de drenaje defectuoso? ¿Está roto y permite que el agua se encharque?	S/N
6.	¿Es el brocal del pozo inadecuado y deja que el agua de superficie entre en el pozo?	S/N
7.	¿Tiene la plataforma de hormigón menos de 1 m de anchura alrededor del pozo?	S/N
8.	¿Está el forro interior del pozo mal sellado en algún punto a 3 m de profundidad?	S/N
9.	¿Hay grietas en la plataforma de hormigón que rodea el pozo por las que pueda entrar agua en el mismo?	S/N
10.	¿Se dejan la cuerda y el cubo en una posición en la que pueden contaminarse?	S/N
11.	¿Necesita la instalación una valla?	S/N
	Puntuación total de los riesgos .....	/11
	Puntuación del riesgo de contaminación;	9–11 = muy alto; 6–8 = alto; 3–5 = intermedio; 0–2 = bajo

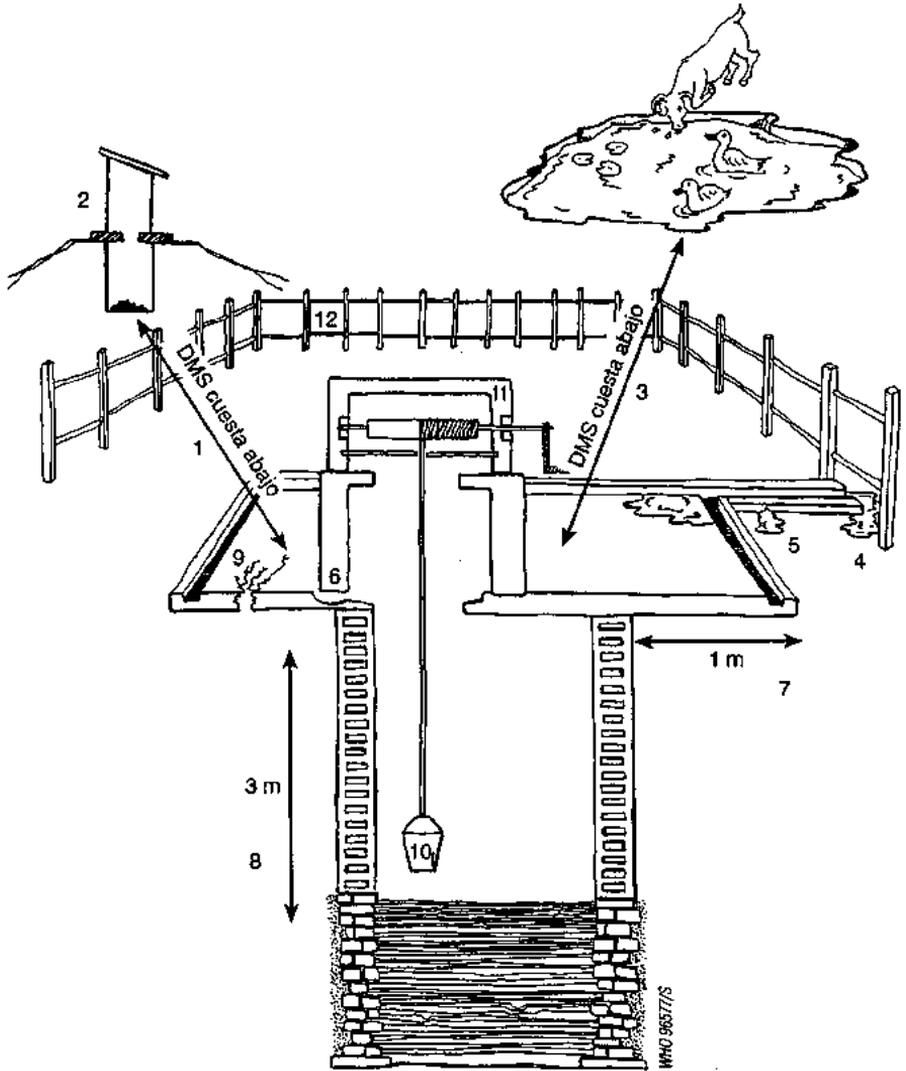
### III Resultados y recomendaciones

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 11) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.2 Ejemplo de formulario de Inspección sanitaria para un pozo excavado, con torno y cobertura parcial**

Nota: DMS = distancia mínima de seguridad determinada localmente; véase la sección 6.2.2.







**I Tipo de instalación POZO EXCAVADO CUBIERTO, CON BOMBA MANUAL**

1. Información general: Centro de salud .....
- Aldea .....
2. Nº de código-Dirección .....
3. Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....
4. Fecha de la visita .....
5. ¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....

**II Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación Riesgo**

1. ¿Hay una letrina a menos de 10 m del pozo y de la bomba manual? S/N
2. ¿Está situada la letrina más próxima en un punto más alto que la bomba manual? S/N
3. ¿Hay alguna otra fuente de contaminación (por ejemplo, excretas de animales, basuras) a menos de 10 m de la bomba manual? S/N
4. ¿Es deficiente el drenaje, y hay agua encharcada a menos de 2 m del pavimento de cemento de la bomba manual? S/N
5. ¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....
6. ¿Es el muro o la valla que rodea la bomba manual inadecuada, y permite que entren los animales? S/N
7. ¿Tiene el pavimento de hormigón menos de 1 m de anchura alrededor de la bomba manual? S/N
8. ¿Se forman charcos en el pavimento de hormigón alrededor de la bomba manual? S/N
9. ¿Hay grietas en el pavimento de hormigón que rodea la bomba manual por las que pueda entrar agua en ella? S/N
10. ¿Está suelta la bomba manual en el punto de anclaje en la base de modo que el agua puede entrar en la caja? S/N
11. ¿Es la cubierta del pozo antihigiénica? S/N
12. ¿Están las paredes del pozo mal selladas en algún punto hasta 3 m de profundidad? S/N

Puntuación total de los riesgos ..... /12

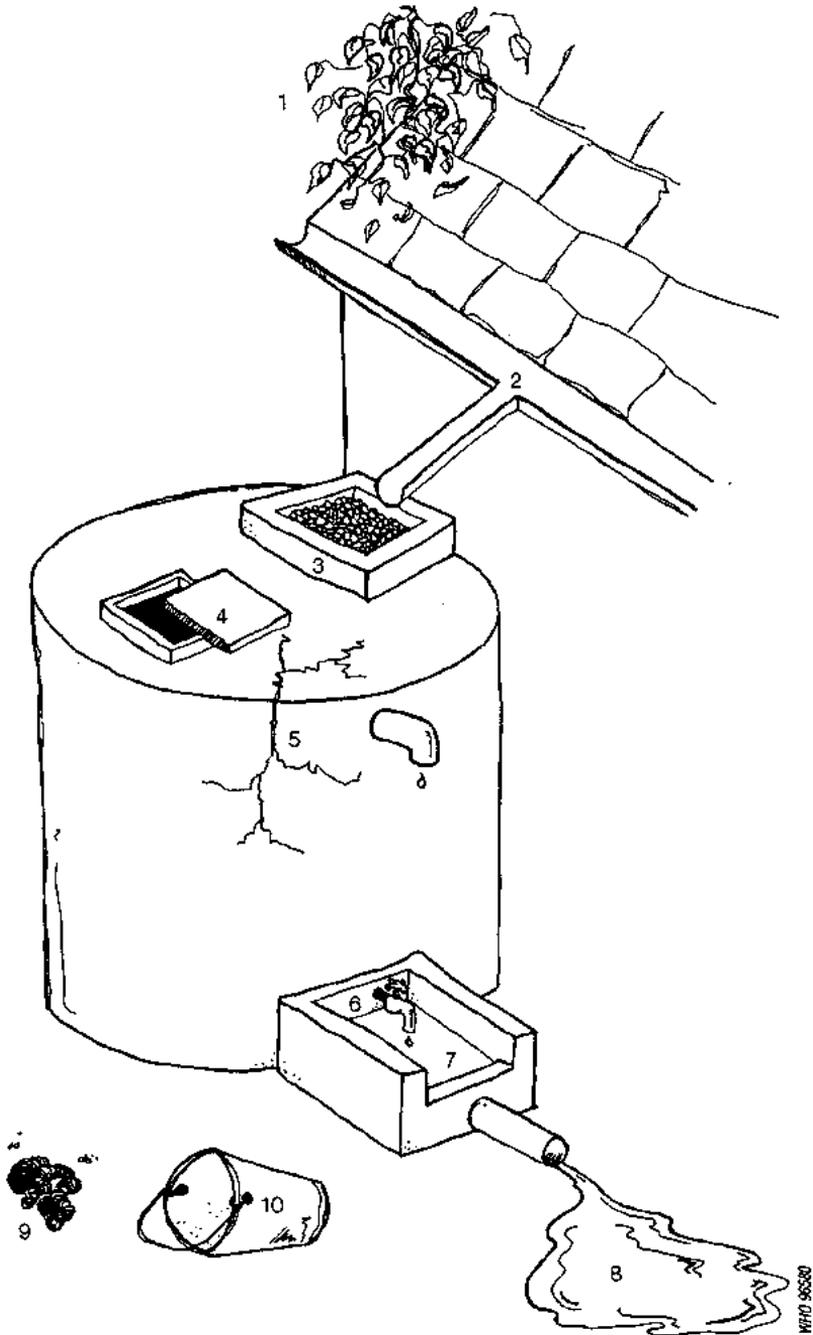
Puntuación del riesgo de contaminación: 9-12 = muy alto; 6-8 = alto; 3-5 = intermedio;  
0-2 = bajo

**III Resultados y recomendaciones**

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 12) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.4 Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para la recogida y el almacenamiento de aguas pluviales**



**I Tipo de instalación RECOGIDA Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES**

1. Información general: Centro de salud .....  
Aldea .....
2. Nº de código–Dirección .....
3. Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....
4. Fecha de la visita .....
5. ¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....

**II Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación Riesgo**

1. ¿Hay alguna contaminación visible de la zona de captación del tejado (plantas, suciedad o excretas)? S/N
2. ¿Están sucios los canalones que recogen el agua? S/N
3. ¿Hay alguna deficiencia en la caja de filtro a la entrada de la cisterna (por ejemplo, ausencia de grava fina)? S/N
4. ¿Hay algún otro punto de entrada a la cisterna que no está bien cubierto? S/N
5. ¿Hay algún defecto en las paredes o la cubierta de la cisterna (por ejemplo, grietas) que puede dejar entrar agua? S/N
6. ¿Gotea el grifo o tiene algún otro defecto? S/N
7. ¿Es defectuoso o está sucio el pavimento de hormigón debajo del grifo? S/N
8. ¿Está insuficientemente drenada la zona de recogida del agua? S/N
9. ¿Hay alguna fuente de contaminación alrededor de la cisterna o de la zona de recogida del agua (por ejemplo, excretas)? S/N
10. ¿Se utiliza un cubo y se deja en un lugar donde puede contaminarse? S/N

Puntuación total de los riesgos ...../10

Puntuación del riesgo de contaminación: 9–10 = muy alto; 6–8 = alto; 3–5 = intermedio;  
0–2 = bajo

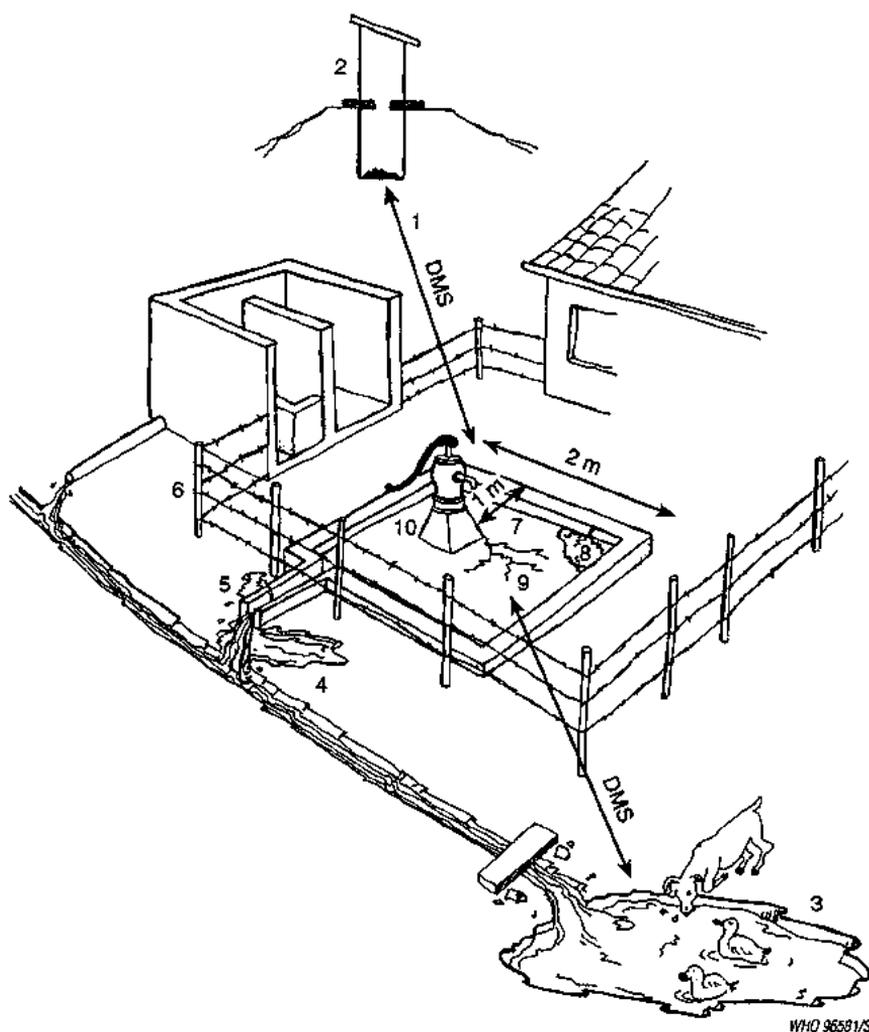
**III Resultados y recomendaciones**

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (Indíquense los números del 1 al 10) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.5 Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para un pozo tubular con bomba manual**

*Nota:* DMS = distancia mínima de seguridad determinada localmente; véase la sección 6.2.2.



**I Tipo de instalación POZO TUBULAR CON BOMBA MANUAL**

1. Información general: Centro de salud .....
- Aldea .....
2. Nº de código-Dirección .....
3. Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....
4. Fecha de la visita .....
5. ¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....

**II Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación Riesgo**

1. ¿Hay una letrina a menos de 10 m de la bomba manual? S/N
2. ¿Está situada la letrina más próxima en un punto más alto que la bomba manual? S/N
3. ¿Hay alguna otra fuente de contaminación (por ejemplo, excretas de animales, basuras, aguas de superficie) a menos de 10 m de la bomba manual? S/N
4. ¿Es deficiente el drenaje, y hay agua encharcada a menos de 2 m de la bomba manual? S/N
5. ¿Es defectuoso el canal de drenaje? ¿Está roto y permite que el agua se encharque? ¿Necesita limpieza? S/N
6. ¿Es la valla que rodea la bomba manual inadecuada y permite que los animales entren? S/N
7. ¿Tiene el pavimento de hormigón menos de 1 m de anchura alrededor de la bomba manual? S/N
8. ¿Hay algún charco en el pavimento de hormigón alrededor de la bomba manual? S/N
9. ¿Hay grietas en el pavimento de hormigón que rodea la bomba manual por las que pueda entrar agua en el pozo? S/N
10. ¿Está suelta la bomba manual en el punto de anclaje en la base de modo que el agua puede entrar en la caja? S/N

Puntuación total de los riesgos ...../10

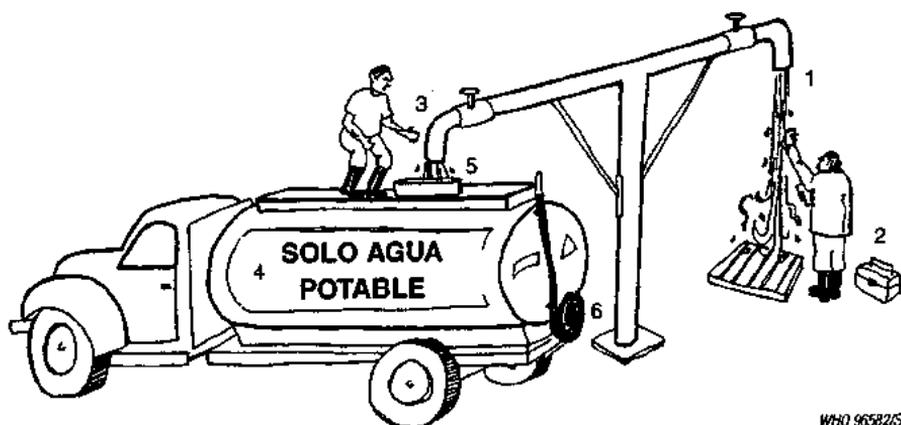
Puntuación del riesgo de contaminación: 9-10 = muy alto; 6-8 = alto; 3-5 = intermedio;  
0-2 = bajo

**III Resultados y recomendaciones**

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 10) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.6 Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para estaciones de servicio, camiones cisterna y depósitos domésticos**



WHO 96582S



WHO 96582a/S

**I Tipo de instalación ESTACIONES DE SERVICIO, CAMIONES CISTERNA Y DEPÓSITOS DOMÉSTICOS**

1. Información general: Centro de salud .....
- Aldea .....
2. N° de código-Dirección .....
3. Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....
4. Fecha de la visita .....
5. ¿Se tomó una muestra del agua? .....N° de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....

**II Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación Riesgo**

*Estaciones de servicio para cisternas*

1. ¿Es la concentración de cloro en la estación de servicio de menos de 0,5 mg/litro? S/N
2. ¿Está excluida la estación de servicio del programa de control sistemático de la calidad a cargo de la autoridad de aguas? S/N
3. ¿Es antihigiénica la tubería de descarga? S/N

*Camiones cisterna*

4. ¿Se utiliza alguna vez la cisterna para transportar otros líquidos además de agua potable? S/N
5. ¿Es antihigiénico el orificio de llenado o falta la tapa del mismo? S/N
6. ¿Está sucia la manguera de distribución o se almacena de manera antihigiénica? S/N

*Depósitos domésticos*

7. ¿Pueden entrar contaminantes (por ejemplo, tierra en la parte interior de la tapa) en el depósito durante la operación de llenado? S/N
8. ¿Carece de cubierta el depósito? S/N
9. ¿Necesita el depósito un grifo para retirar el agua que contiene? S/N
10. ¿Hay agua encharcada alrededor del depósito de almacenamiento? S/N

Puntuación total de los riesgos ...../10

Puntuación del riesgo de contaminación: 9-10 = muy alto; 6-8 = alto; 3-5 = intermedio; 0-2 = bajo

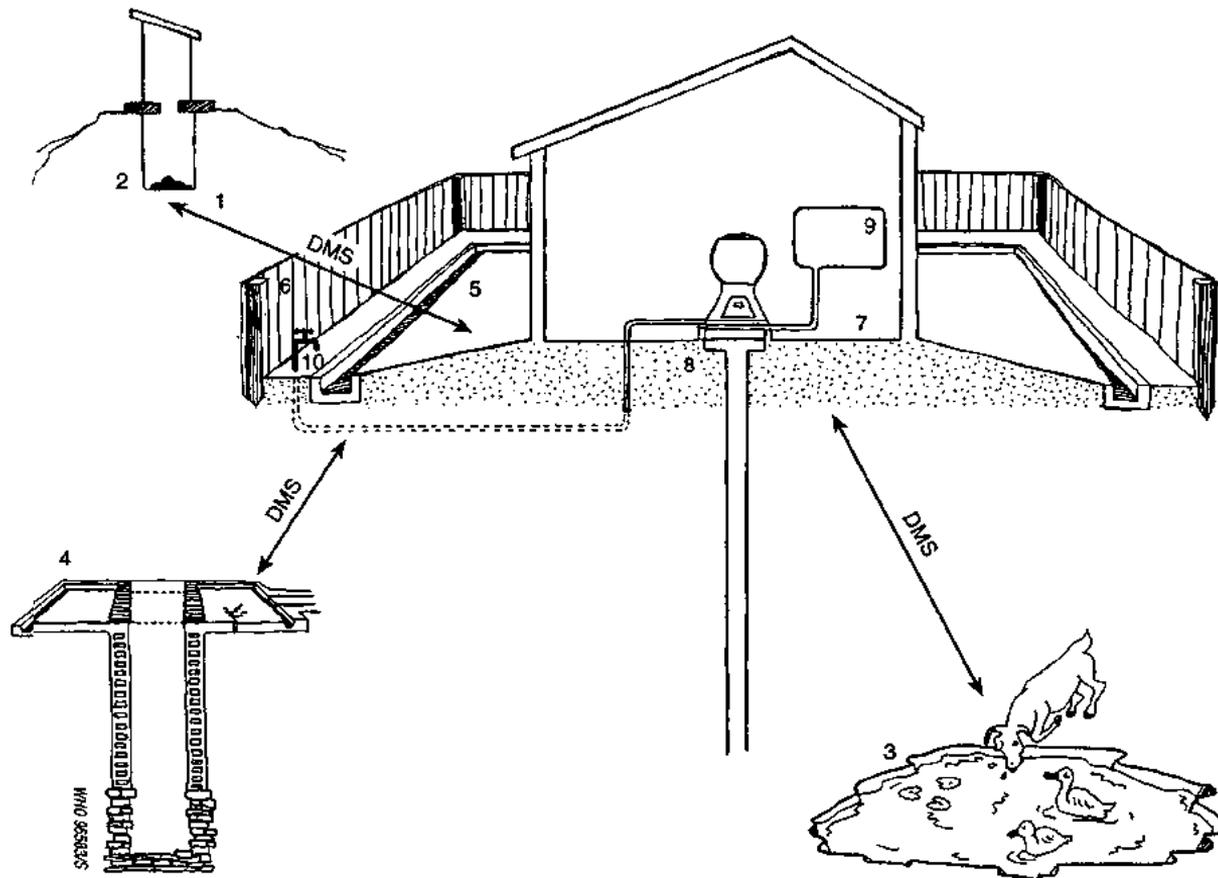
**III Resultados y recomendaciones**

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 10) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.7 Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para un pozo perforado profundo con bomba mecánica**

Nota: DMS = distancia mínima de seguridad determinada localmente; véase la sección 6.2.2.



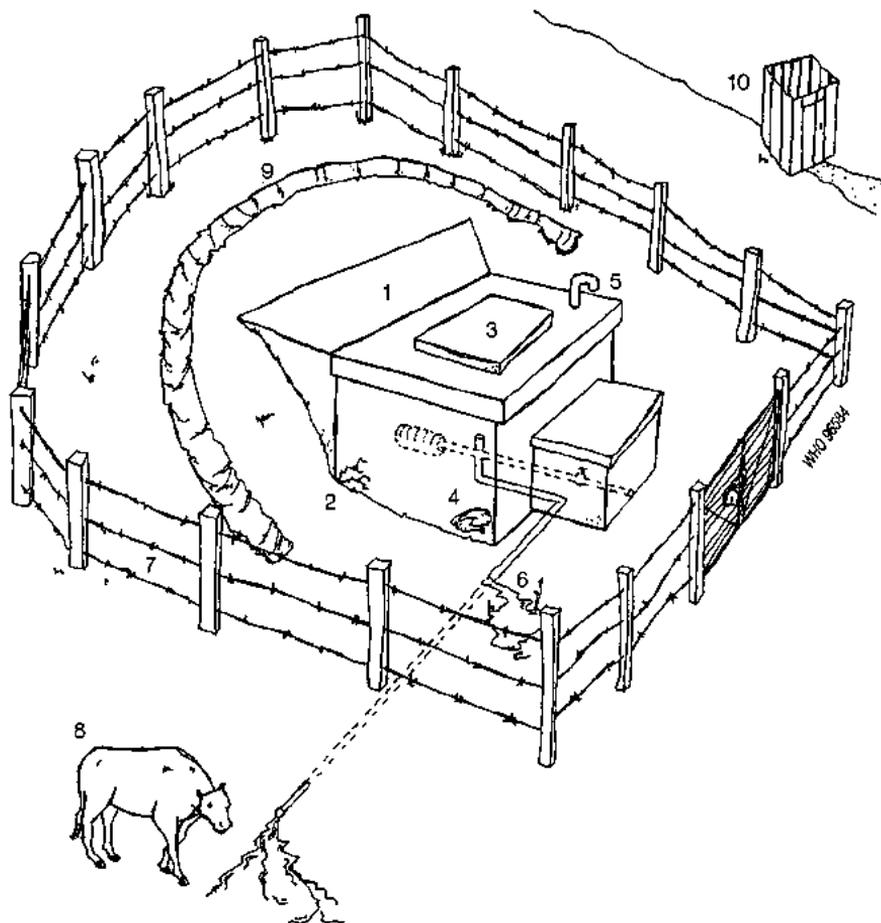
<b>I</b>	<b>Tipo de instalación</b>	<b>POZO PERFORADO PROFUNDO CON BOMBA MECÁNICA</b>
1.	Información general:	Centro de salud ..... Aldea .....
2.	Nº de código–Dirección .....	
3.	Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....	
4.	Fecha de la visita .....	
5.	¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....	
<b>II</b>	<b>Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación</b>	<b>Riesgo</b>
1.	¿Hay una letrina o una alcantarilla a menos de 15-20 metros de la casilla de la bomba?	S/N
2.	¿Es la letrina más próxima una letrina de pozo que filtra en el suelo, es decir, sin alcantarilla?	S/N
3.	¿Hay alguna otra fuente de contaminación (por ejemplo, excretas de animales, basuras, aguas de superficie) a menos de 10 m del pozo perforado?	S/N
4.	¿Hay un pozo descubierto a menos de 15-20 m del pozo perforado?	S/N
5.	¿Es defectuosa la zona de drenaje alrededor de la casilla de la bomba? ¿Está dañada y hay fugas de agua y/o charcos en el suelo?	S/N
6.	¿Está en mal estado la valla que rodea la instalación, de modo que pueda permitir la entrada de personas no autorizadas o de animales?	S/N
7.	¿Es el pavimento de la casilla de la bomba permeable al agua?	S/N
8.	¿Es antihigiénico el sellado del pozo?	S/N
9.	¿Funciona correctamente la cloración?	S/N
10.	¿Hay cloro presente en el grifo de muestreo?	S/N
	Puntuación total de los riesgos .....	/10
	Puntuación del riesgo de contaminación:	9–10 = muy alto; 6–8 = alto; 3–5 = intermedio; 0–2 = bajo

**III Resultados y recomendaciones**

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 10) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.8** Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para un manantial protegido



**I Tipo de instalación MANANTIAL PROTEGIDO**

1. Información general: Centro de salud .....  
Aldea .....
2. Nº de código-Dirección .....
3. Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....
4. Fecha de la visita .....
5. ¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....

**II Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación Riesgo**

1. ¿Está el manantial desprovisto de protección en forma de una pared de mampostería o de hormigón o de una caseta, y, por consiguiente, expuesto a contaminación procedente de la superficie? S/N
2. ¿Es deficiente la mampostería que protege el manantial? S/N
3. Si el manantial está protegido por una caseta, ¿es antihigiénica la trampilla de inspección? S/N
4. ¿Contiene la caseta del manantial sedimentos o animales? S/N
5. Si la mampostería tiene un respiradero ¿es antihigiénico? S/N
6. Si hay un rebosadero, ¿es antihigiénico? S/N
7. ¿Está desprovista de valla la zona que rodea al manantial? S/N
8. ¿Pueden tener acceso los animales hasta menos de 10 m de distancia del manantial? S/N
9. ¿Carece el manantial de una zanja excavada un poco más arriba para desviar las aguas superficiales, o, si la hay, no es funcional? S/N
10. ¿Hay letrinas más arriba del manantial? S/N

Puntuación total de los riesgos ...../10

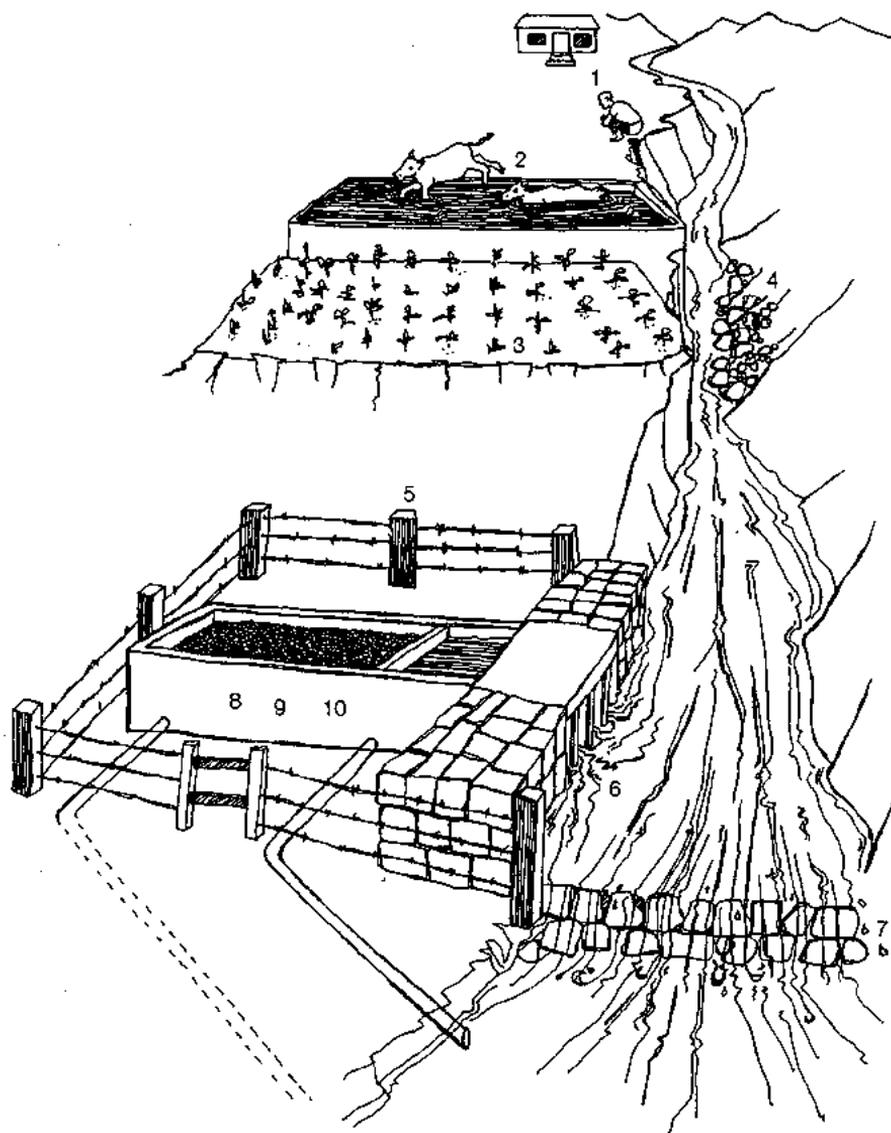
Puntuación del riesgo de contaminación: 9-10 = muy alto; 6-8 = alto; 3-5 = intermedio;  
0-2 = bajo

**III Resultados y recomendaciones**

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 10) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.9 Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para fuente de superficie y extracción**



WHO 96385

- I Tipo de instalación FUENTE DE SUPERFICIE Y EXTRACCIÓN**
1. Información general: Centro de salud .....  
Aldea .....
  2. Nº de código–Dirección .....
  3. Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....
  4. Fecha de la visita .....
  5. ¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....

- II Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación Riesgo**
1. ¿Hay alguna vivienda que contamine el agua, corriente arriba? S/N
  2. ¿Hay animales de granja que contaminen el agua, corriente arriba? S/N
  3. ¿Hay cultivos o contaminación industrial, corriente arriba? S/N
  4. ¿Hay riesgo de corrimiento de tierras o de arrastre de barro en la zona de captación? S/N
  5. ¿Carece de valla la instalación? S/N
  6. ¿Carece de rejilla de entrada? S/N
  7. ¿Carece el punto de extracción de un dispositivo de caída mínima (dique o presa para que el agua tenga una altura de caída mínima)? S/N
  8. ¿Necesita el sistema un filtro de arena o de grava? S/N
  9. Si hay filtro, ¿funciona mal? S/N
  10. ¿Está el flujo de agua exento de control? S/N

Puntuación total de los riesgos ...../10

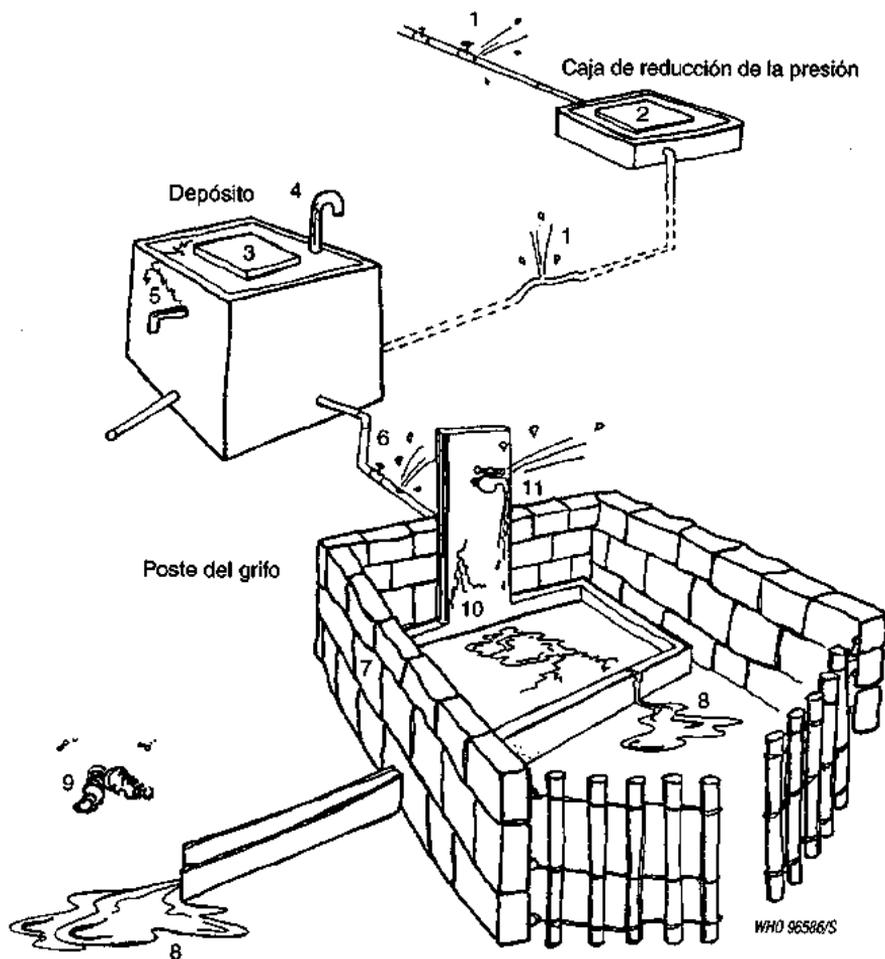
Puntuación del riesgo de contaminación: 9–10 = muy alto; 6–8 = alto; 3–5 = intermedio;  
0–2 = bajo

### III Resultados y recomendaciones

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 10) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.10** Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para un sistema de distribución canalizado



- I Tipo de instalación DISTRIBUCIÓN CANALIZADA**
- Información general: Centro de salud .....  
Aldea .....
  - Nº de código– Dirección .....
  - Autoridad de aguas/firma del representante de la comunidad .....
  - Fecha de la visita .....
  - ¿Se tomó una muestra del agua? .....Nº de la muestra .....Grado de coliformes termotolerantes .....

- II Información sobre el diagnóstico específico para la evaluación Riesgo**
- ¿Hay algún punto de escape entre la fuente y el depósito? S/N
  - Si hay cajas de regulación de la presión, ¿son antihigiénicas sus cubiertas? S/N  
Si hay depósito:
  - ¿Es antihigiénica la tapa de inspección? S/N
  - ¿Hay algún respiradero antihigiénico? S/N
  - ¿Tiene el depósito grietas o escapes? S/N
  - ¿Hay algún escape en el sistema de distribución? S/N
  - ¿Carece de valla la zona del poste del grifo (muro de piedra seca y/o valla incompleta)? S/N
  - ¿Se acumula agua cerca del poste del grifo (hay que mejorar el canal de drenaje)? S/N
  - ¿Hay excretas humanas a menos de 10 m del poste del grifo? S/N
  - ¿Está la plataforma agrietada o erosionada? S/N
  - ¿Pierde el grifo? S/N

Puntuación total de los riesgos ...../11

Puntuación del riesgo de contaminación: 9–11 = muy alto; 6–8 = alto; 3–5 = intermedio;  
0–2 = bajo

### III Resultados y recomendaciones

Se observaron los siguientes puntos de riesgo importantes: ..... (indíquense los números del 1 al 11) y se asesoró a los responsables sobre las medidas correctivas.

Firma del sanitario .....

**Fig. A2.11 Ejemplo de formulario de inspección sanitaria para una estación de tratamiento de agua**

<b>I Información general</b>	<b>ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA</b>				
1. Fecha de la inspección...../...../.....					
2. Inspección de .....	Fuente	Entrada	Estación	Distribución	
3. Realizada por .....	Nombre de la persona		Organismo		
4. Nombre del abastecimiento .....	Estado		Distrito	Estación	
5. Dirección.....					
6. Persona responsable.....					
7. Año de la puesta en funcionamiento.....					
8. Zona atendida.....	Población atendida.....				
9. Capacidad de la estación:	Prevista.....	Real.....			
10. Seguridad de la estación	Valla: S/N		Guardia de seguridad: S/N		
<b>II Fuente</b>					
1. Tipo de fuente: .....	Depósito	Corriente	Río	Pozo	Otros tipos
<b>III Entrada</b>					
1. ¿Es la entrada adecuada con respecto a:	La ubicación?			S/N	
	La estructura?			S/N	
	El mantenimiento?			S/N	
	Posibles fuentes de contaminación de las proximidades?			S/N	
<b>IV Procesos de tratamiento aplicados:</b>					
1. Tamiz fino .....					
2. Cámara de arena .....					
3. Sifón de aceite y grasa .....					
4. Presedimentación .....					
5. Predesinfección/oxidación .....	Cloro		Ozono		
6. Tratamiento con carbón activado .....					

- |                                      |             |          |                 |
|--------------------------------------|-------------|----------|-----------------|
| 7. Aireación                         | .....       |          |                 |
| 8. Coagulación y floculación         | .....       | .....    | .....           |
|                                      | Cal         | Alumbre  | Otros           |
| 9. Sedimentación                     | .....       | .....    | .....           |
|                                      | Rectangular | Circular | Otros tipos     |
| 10. Filtrado                         | .....       | .....    | .....           |
|                                      | Lento       | Rápido   | Carbón granular |
| 11. Desinfección                     | .....       | .....    | .....           |
|                                      | Cloro       | Ozono    | Otros           |
| 12. Otros procesos (especificuense): | .....       |          |                 |
|                                      | .....       |          |                 |

#### V Sedimentación

- Nº de depósitos de sedimentación:.....
- Frecuencia de purga del fango:.....
- Tipo de instalación de purga:.....
- Método de evacuación del fango:.....
- Aspecto general del agua clarificada:.....
- Turbiedad (UNT) a la entrada:..... (UNT) a la salida: .....

#### VI Filtrado

- Nº de filtros:.....
- Tasa de filtración:.....
- Recorrido de filtración:.....
- Grosor de la capa de grava:.....
- Grosor de la capa de arena:.....

#### VII Lavado inverso

- Criterios aplicados para iniciar el lavado inverso:

Purga de aire:	.....	.....
	Tasa	Duración
Purga de agua:	.....	.....
	Tasa	Duración

## GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

2. Distribución del aire y del abastecimiento de agua en el lecho de arena:

.....  
Igual                      Desigual

3. Capacidad de agua limpia para el lavado inverso: .....
4. ¿Formación de bolas de fango o de grietas en el lecho del filtro?  
Antes del lavado inverso .....
- Después del lavado inverso .....
5. ¿A dónde va el agua? .....

### VIII Fluoración

1. Producto químico empleado: .....
2. Dosificación del producto químico: .....

### IX Cloración

1. ¿Alguna interrupción en la cloración?.....
2. Frecuencia de las interrupciones: .....
3. Causa de las interrupciones: .....
4. Tipo de producto utilizado: .....
5. Dosificación del producto: .....
6. Equipo y medidas de seguridad: .....
7. Existencias de reserva del desinfectante:..... Cantidad.....
8. Condiciones de almacenamiento:.....

### X Depósito(s) de agua limpia

1. Número de depósitos: .....
2. Capacidad de cada depósito: .....
3. Concentración de cloro residual libre: .....
4. pH: .....
5. Producto utilizado para ajustar el pH y dosificación del mismo: .....
6. ¿Pierde por algún punto del depósito? .....
7. ¿Está bien tapado y cerrado el depósito? .....
8. ¿Hay verdín o sustancias extrañas en el depósito? .....
9. ¿Están protegidos con rejillas los respiraderos y rebosaderos? .....

**XI Control del proceso**

	Sí	No	Con frecuencia
1. Prueba en tarro:	.....	.....	.....
2. pH:	.....	.....	.....
3. Cloro residual libre:	.....	.....	.....
4. Color:	.....	.....	.....
5. Turbiedad:	.....	.....	.....
6. <i>E. coli</i> /colí termotolerantes:	.....	.....	.....
7. Fluoruro:	.....	.....	.....
8. Otros controles:	.....	.....	.....

**INSPECCIÓN SANITARIA****XII Registros**

- Consumo de productos químicos:.....
- Pruebas de control de los procesos:.....
- Examen bacteriológico:.....
- Cloro residual:.....
- Otros registros:.....

**XIII Mantenimiento**

	Limpieza	Calibrado/aceite/ engrase
1. Tamiz:	.....	.....
2. Aparato de bombeo:	.....	.....
3. Dosificador del cloro:	.....	.....
4. Dosificador del alumbre:	.....	.....
5. Dosificador del flúor:	.....	.....
6. Instrumentos (manómetro, aparatos de registro, etc.):	.....	.....
7. Limpieza general:	.....	.....
8. Almacenamiento de productos químicos:	.....	.....
	Suficiente	Insuficiente



- 11. Desinfección: .....
- 12. Otros procesos: .....
- 13. Control de los procesos: .....
- 14. Registros: .....
- 15. Mantenimiento: .....

**XVII Diagrama del flujo (adjuntar diagrama)**

**XVIII Medidas correctivas recomendadas**

1. Medidas que se deben adoptar inmediatamente:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Medidas que se deben adoptar más adelante:

.....

.....

.....

.....

.....

**XIX ¿Se han resuelto los problemas identificados en la inspección sanitaria precedente?**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Firma del inspector: .....

## Anexo 3

# Ejemplos de posibles funciones del personal de vigilancia

### A3.1 Equipo nacional de vigilancia

Los miembros del equipo nacional de vigilancia pueden tener la responsabilidad de las funciones siguientes:

- asesorar al más alto nivel sobre políticas y estrategias de vigilancia para garantizar el mantenimiento y el mejoramiento de abastecimientos adecuados de agua inocua;
- formular y revisar las normas técnicas para el control de la calidad del agua de beber;
- coordinar la supervisión, el control y la evaluación del personal local de vigilancia y del personal de control de la calidad en el nivel de los operadores, cuando sea apropiado;
- coordinar y promover el mejoramiento de la vigilancia del agua en todos los niveles;
- fomentar el establecimiento de laboratorios y asesorar al respecto;
- prestar apoyo a la formación de personal y coordinarla;
- establecer y gestionar una base nacional de datos de utilidad para la planificación estratégica;
- asistir a la reuniones anuales con la autoridad nacional de planificación y las autoridades competentes en materia de abastecimiento de agua y construcción para debatir y establecer de común acuerdo los planes del sector.

### A3.2 Coordinador provincial de la vigilancia del agua

Entre las responsabilidades del coordinador provincial de la vigilancia del agua pueden figurar las siguientes:

- planificar y coordinar los programas anuales de vigilancia del agua con los coordinadores de distrito y el jefe provincial de higiene del medio;
- coordinar el suministro de equipo y materiales consumibles;
- realizar periódicamente (por ejemplo, cada trimestre) visitas de supervisión a cada distrito, acompañar al coordinador de distrito en las visitas de seguimiento para comprobar *in situ* el grado en que el personal de saneamiento desempeña correctamente sus funciones, y hacer constar en su informe de visita las deficiencias observadas;

- detectar y corregir los posibles errores contenidos en los informes y los observables en la metodología aplicada;
- recoger y comprobar los informes mensuales de los distritos sobre vigilancia y mantener actualizada la base de datos;
- informar al jefe provincial sobre las mejoras prioritarias, los resultados que no se ajustan a las normas de calidad del agua, y los progresos realizados en la vigilancia;
- enviar informes de vigilancia resumidos a los organismos provinciales de abastecimiento de agua; si fuese necesario, señalar a su atención los niveles de calidad y servicio que presentan un riesgo para la salud del consumidor; decidir la acción correctiva oportuna conjuntamente con las autoridades apropiadas;
- coordinar reuniones periódicas con el personal superior de los organismos de abastecimiento de agua para debatir acerca del alcance de las funciones de vigilancia y las de control de la calidad y de la línea divisoria entre unas y otras;
- aconsejar en las situaciones de emergencia y proponer estrategias provinciales a plazo medio para corregir las deficiencias observadas en los servicios de abastecimiento de agua, con el fin de reducir el riesgo para el consumidor;
- preparar informes anuales sobre todas las actividades de vigilancia, inspección y control de la calidad en los distritos; identificar en estos informes las zonas en situación de mayor riesgo y las deficiencias del personal de vigilancia en cuanto a número, competencia y formación;
- coordinar las reuniones de evaluación de los programas y de reciclaje;
- promover medidas correctivas y el buen funcionamiento, así como las estrategias de mantenimiento;
- evaluar el volumen de trabajo que recae en los laboratorios de análisis de agua tanto provinciales como de distrito, y coordinar el control de la calidad de los análisis y el envío de muestras no sólo entre estos laboratorios sino también entre ellos y los del plano nacional;
- tomar las disposiciones oportunas para que se envíen informes mensuales al equipo nacional de vigilancia.

### **A3.3 Coordinadores de la vigilancia del agua en los distritos**

Los coordinadores de la vigilancia del agua en los distritos pueden tener las funciones siguientes:

- planificar y coordinar el programa anual de vigilancia del agua con el equipo de vigilancia del distrito, el jefe de higiene del medio y el coordinador provincial de la vigilancia;
- supervisar las encuestas realizadas por el personal de saneamiento y practicar comprobaciones puntuales de las mismas visitando las zonas rurales y urbanas; informar de las observaciones realizadas al coordinador provincial de la vigilancia y después al jefe de higiene del medio;

- validar los resultados de los informes y de la calidad, decidir si existen o no situaciones de emergencia, y verificar los resultados «raros» realizando visitas de seguimiento sobre el terreno;
- recoger los informes mensuales de vigilancia urbana y rural; mantener y actualizar un archivo de datos con un inventario de todos los abastecimientos de agua, los niveles de cobertura con sistemas canalizados, y los abastecimientos rurales, canalizados o no, y un archivo análogo sobre saneamiento, si su responsabilidad recae también en el organismo de vigilancia;
- obtener informes de los laboratorios de los hospitales sobre calidad del agua y velar por que los resultados se comparen con los correspondientes informes de la inspección sanitaria;
- debatir con el coordinador provincial de la vigilancia del agua (y con el jefe de higiene del medio) tanto los resultados normales como los anómalos, identificar las comunidades en situación de alto riesgo y cursar la información pertinente;
- enviar los informes de vigilancia del agua en zonas urbanas a los responsables de los organismos locales de aguas;
- reunirse con los operadores y directores de los abastecimientos de agua urbanos, identificar las zonas de alto riesgo existentes en sus abastecimientos, y adoptar acuerdos conjuntos sobre calidad del agua; señalar los riesgos a la atención de los directores y proponer medidas de urgencia en su caso;
- aconsejar en cuanto a las medidas de emergencia, incluidos los avisos al público, y definir de común acuerdo con los demás organismos interesados las responsabilidades respectivas en cuanto a la acción prevista;
- tomar las disposiciones oportunas para que se envíen sistemáticamente los informes mensuales al coordinador provincial de la vigilancia del agua;
- coordinar y apoyar las actividades de educación en materia de higiene con base en la comunidad, y la formación de voluntarios de la comunidad en inspección sanitaria;
- llevar registros de voluntarios de la comunidad y estimular la participación de la comunidad en la vigilancia y el mejoramiento del abastecimiento de agua;
- coordinar la formación de técnicos en saneamiento en colaboración con las comunidades y asesorarlas en la materia;
- comprobar si los técnicos en saneamiento prestan un buen asesoramiento técnico y el correspondiente apoyo a la comunidad en materia de medidas correctivas y de mejoras;
- efectuar comprobaciones puntuales para averiguar si se aplican las medidas correctivas, y notificar las deficiencias al coordinador provincial de la vigilancia y, por ende, al jefe de higiene del medio;
- participar en las reuniones anuales para la planificación intersectorial de las estrategias encaminadas a mejorar los servicios de abastecimiento de agua; presentar pruebas de la necesidad de mejoras en sectores concretos;
- investigar los brotes de enfermedades relacionadas con el agua y tomar las disposiciones oportunas para que se adopten medidas de urgencia para la protección de la comunidad;

- presentar un informe anual sobre los niveles de los servicios de saneamiento en las zonas urbanas y las rurales.

### **A3.4 Técnicos de saneamiento para la vigilancia del agua**

Los técnicos de saneamiento para la vigilancia del agua deben encargarse de:

- llevar a cabo periódicamente (por ejemplo, semanalmente) la vigilancia de los sistemas de distribución de agua, incluidos los muestreos en puntos fijos y en otros elegidos al azar;
- comprobar y registrar *in situ* los residuos de cloro, y tomar muestras de los puntos donde se observan concentraciones bajas (por ejemplo, de menos de 0,1 mg/litro de cloro libre) para su análisis bacteriológico; transportar las muestras al laboratorio apropiado;
- incluir los resultados de los análisis en los informes sobre vigilancia y presentar informes semanales al coordinador de la vigilancia;
- intensificar la vigilancia de las zonas de abastecimiento de agua que presentan alto riesgo, tales como las zonas donde la presión es baja, donde hay muchas pérdidas, y donde los resultados de los análisis son malos, o bien donde las columnas de alimentación están usadas;
- ejecutar programas especiales de muestreo en las zonas periurbanas y urbanas que carecen de sistemas canalizados, y preparar los correspondientes informes;
- informar al coordinador de la vigilancia y al jefe de higiene del medio acerca de las zonas de alto riesgo en cuanto se hayan identificado, y hacer llegar por los medios apropiados los necesarios avisos a la población en caso de emergencia;
- suministrar periódicamente muestras al laboratorio provincial para su análisis químico y conseguir los resultados para su inclusión en el archivo del distrito;
- mantener estrecho contacto con los operadores de la estación local de tratamiento y efectuar comprobaciones puntuales para asegurarse de que llevan correctamente un registro diario; tomar nota de las deficiencias y señalarlas en el informe de vigilancia;
- mantener un registro de todas las fuentes de contaminación importantes que pueden afectar a los recursos hídricos, y efectuar inspecciones periódicas de estos recursos (en los lugares donde ello es de la incumbencia del organismo de vigilancia);
- tomar muestras de agua de la fuentes urbanas y enviarlas al laboratorio apropiado para que sean sometidas a un análisis completo;
- efectuar inspecciones de los manantiales;
- efectuar inspecciones sanitarias de los abastecimientos de agua a la comunidad;
- presentar informes resumidos a los representantes de la comunidad, señalarles las medidas correctivas indispensables y, en lo posible, prestarles apoyo técnico para el mejoramiento de los abastecimientos;
- mantener y ampliar un inventario de todas las fuentes de agua y su situación,

juntamente con un inventario de saneamiento (en los lugares donde éste es una de las responsabilidades del organismo de vigilancia);

- preparar un resumen mensual de todas las encuestas sanitarias, incluido el asesoramiento prestado sobre medidas correctivas, y enviar este resumen al coordinador de la vigilancia en el distrito;
- informar al coordinador de la vigilancia en el distrito acerca de las instalaciones de alto riesgo, y pedirle apoyo para la inspección de seguimiento y los análisis;
- establecer un programa anual de educación en materia de higiene, y pedir al coordinador que facilite el material y el apoyo técnico necesarios para su ejecución;
- establecer y ejecutar un programa de formación para la vigilancia en la comunidad de los recursos de agua y la protección de las fuentes, y pedir al coordinador que facilite el apoyo técnico y el material necesarios;
- mantener estrechos contactos con los voluntarios de vigilancia de la comunidad, recibir sus informes, prestarles asesoramiento y darles formación.

## Anexo 4

# Métodos de muestreo para análisis bacteriológico

Cuando se toman muestras de agua para su análisis, debe ponerse cuidado en evitar la contaminación externa de las muestras. Si las muestras recogidas no son válidas, los resultados de los análisis subsiguientes pueden inducir a error.

Para la toma de muestras se pueden utilizar varios tipos de frascos, pero los mejores son los de vidrio. Éstos deben estar provistos de tapones de corcho o de goma, o bien de rosca, que cierren bien y que no contengan ningún material tóxico, y tanto los frascos como los tapones deben esterilizarse. Cada tapón debe estar provisto de un manguito de metal independiente del filete de la rosca para reducir al mínimo el peligro de que el agua de la muestra se contamine. No son recomendables las torundas de algodón ni los tapones de papel porque suelen desprenderse durante o después del muestreo y aumentan el riesgo de contaminación. Los frascos deben tener una capacidad mínima de 200 ml.

Siempre que se utiliza cloro como desinfectante, es posible que el agua recogida como muestra contenga un residuo de cloro, que seguirá actuando contra las bacterias que puede contener; en este caso, los resultados del análisis microbiológico podrían no ser indicativos del contenido bacteriológico real del agua. Para resolver este problema se suele añadir a la muestra tiosulfato de sodio, que inactiva inmediatamente todo residuo de cloro sin afectar a los microorganismos que puedan estar presentes. El tiosulfato de sodio se debe añadir a los frascos para muestras antes de su esterilización. Para muestras de 200 ml, deberán añadirse a cada frasco de muestra limpio cuatro o cinco gotas de solución acuosa de tiosulfato de sodio (100 g/litro). El tapón se inserta en la boca del frasco sin ejercer presión sobre él y para evitar que entre polvo se ata alrededor del cuello del frasco un capuchón de papel de estraza o de hoja de aluminio. Luego se esteriliza el frasco en un horno de aire caliente durante una hora a 160°C o durante 40 minutos a 170°C o en un autoclave a 121°C durante 20 minutos. Si no se dispone de otros medios, se puede utilizar un esterilizador portátil o una olla de presión, pero en este caso la esterilización llevará de 30 a 45 minutos. Para impedir que el tapón se hunda en el cuello del frasco durante la esterilización, debe insertarse una tira de papel de estraza (75 x 10 mm) entre el tapón y el cuello del frasco.

Por razones de costo, los frascos se deben volver a utilizar. Una vez analizadas las muestras en el laboratorio regional o central, los frascos se deben esterilizar de nuevo, y, si es posible, se han de devolver al remitente.

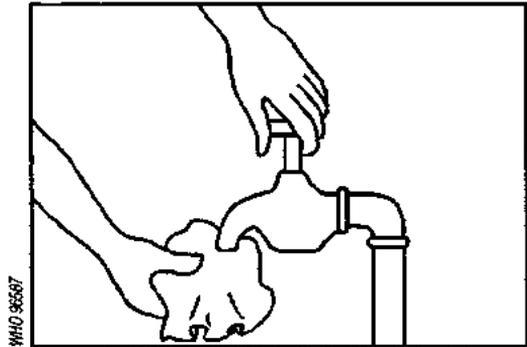
En relación con el muestreo, el agua puede dividirse en tres tipos básicos:

- agua de un grifo en un sistema de distribución o del tubo de salida de una bomba fija, etc;
- agua de una corriente de agua (río, lago, etc.) o de un depósito;
- agua de un pozo excavado, etc., en cuyo caso el muestreo resulta más difícil que en el de una corriente de agua a cielo abierto.

#### A4.1 Muestreo de agua de un grifo o del tubo de salida de una bomba

##### A. Limpiar el grifo

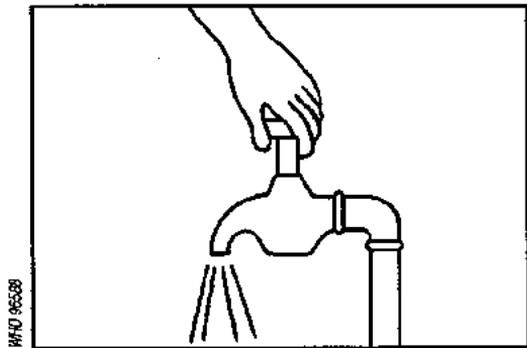
Eliminar del grifo cualquier adherencia que podría causar salpicaduras. Utilizar un trapo limpio, y secar el orificio de salida para eliminar cualquier suciedad.



##### B. Abrir el grifo

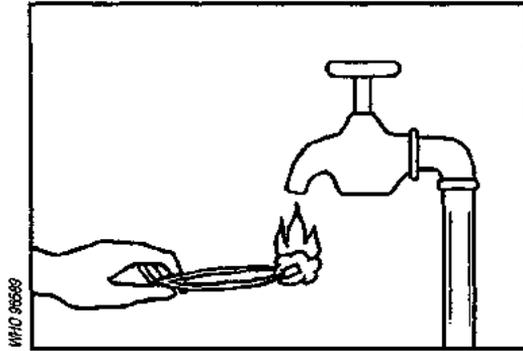
Abrir el grifo al máximo y dejar que mane el agua durante 1-2 minutos.

*Nota:* Algunos investigadores no pasan a las etapas C y D y toman la muestra de agua en esta etapa; en este caso, el grifo no se debe ajustar ni cerrar, sino dejar que mane al máximo. Los resultados así obtenidos suministrarán información sobre la calidad del agua según se consume. En cambio, si se pasa a las etapas C y D los resultados representan la calidad del agua excluida la contaminación procedente del grifo.

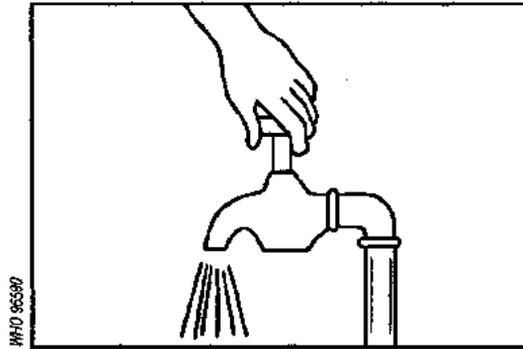


**C. Esterilizar el grifo**

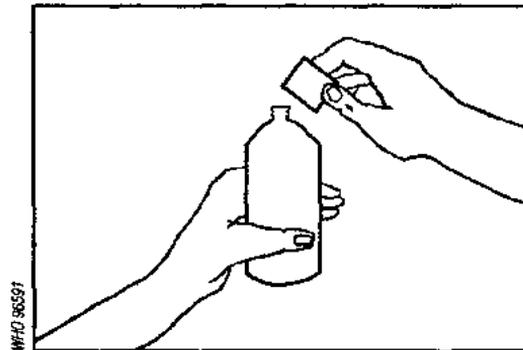
Esterilizar el grifo durante un minuto con la llama de un mechero de gas, un encendedor corriente o a la llama de una torunda de algodón empapada en alcohol.

**D. Abrir el grifo antes de tomar la muestra**

Abrir cuidadosamente el grifo y dejar que el agua mane durante uno o dos minutos a mitad de fuerza. No reajustar el chorro una vez fijado.

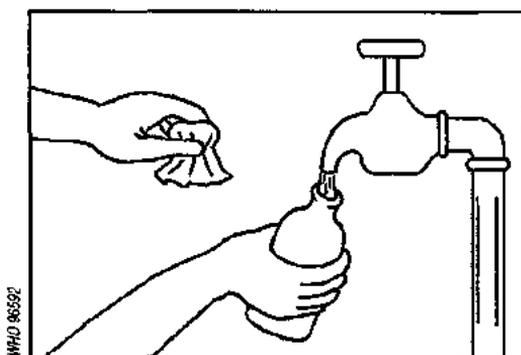
**E. Abrir el frasco esterilizado**

Coger un frasco y desenroscar cuidadosamente el tapón de rosca o tirar del tapón de corcho o de goma.

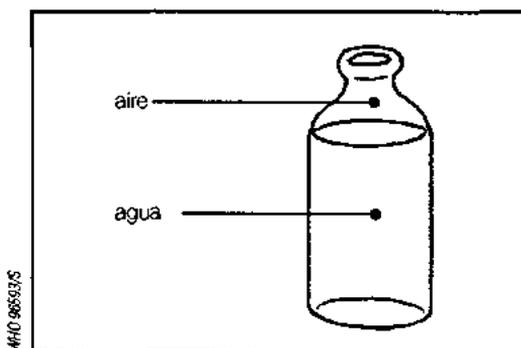


### F. Llenar el frasco

Manteniendo el tapón de rosca y el capuchón protector cara abajo (para prevenir la entrada de polvo, que puede contaminar la muestra), poner inmediatamente el frasco bajo el chorro de agua y llenarlo.

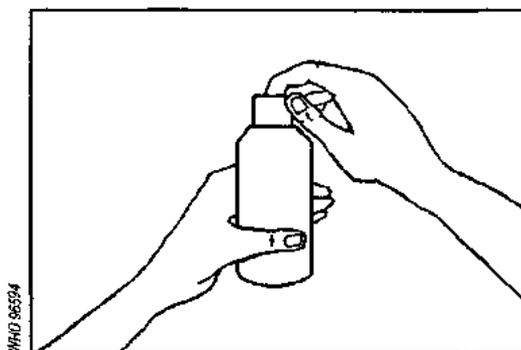


Hay que dejar un pequeño espacio de aire para que sea más fácil agitar la muestra antes del análisis.



### G. Tapar el frasco

Introducir el tapón de corcho o de goma en el cuello del frasco o enroscar el tapón de rosca y fijar el capuchón de papel de estraza con el cordel.



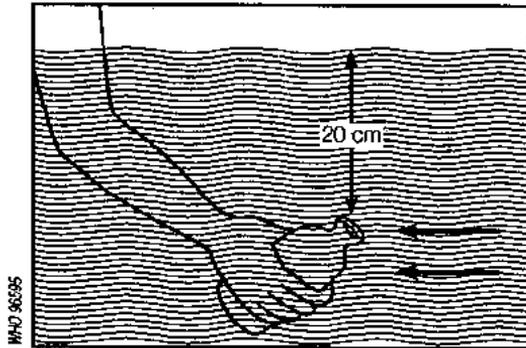
## A4.2 Muestreo de agua de una corriente o un depósito

Destapar el frasco como se describe en la sección A4.1.

### A. Llenar el frasco

Sujetando el frasco por su parte inferior, sumergirlo a unos 20 cm de profundidad, con la boca ligeramente inclinada hacia arriba. Si hay corriente, la boca del frasco debe quedar situada hacia la corriente.

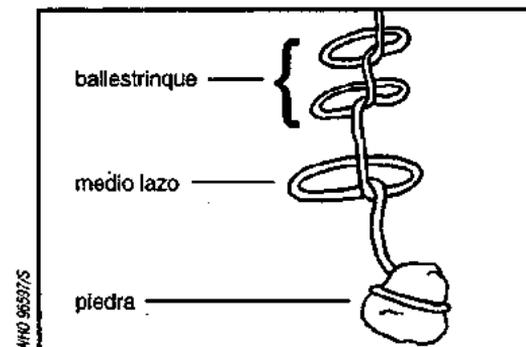
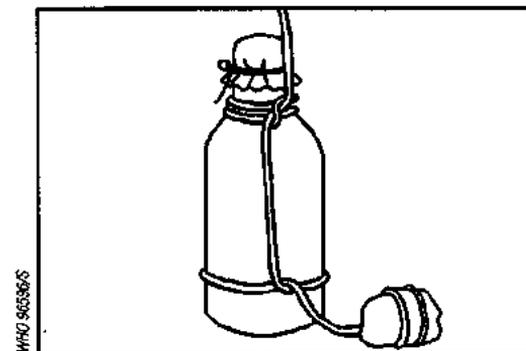
Después hay que tapar el frasco como se ha descrito antes.



## A4.3 Muestreo de agua de pozos excavados o fuentes análogas

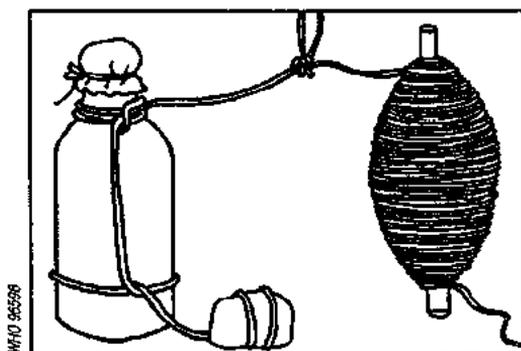
### A. Preparar el frasco

Con un cordel, atar un peso limpio al frasco de muestreo.



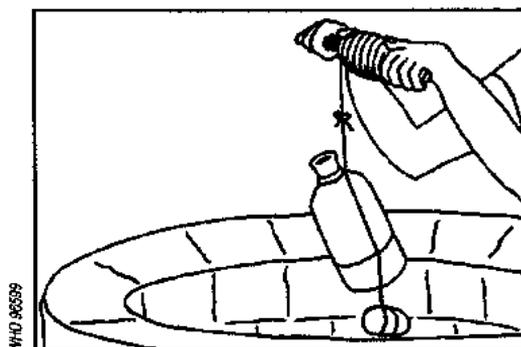
**B. Atar el frasco al cordel**

Coger 20 m de cordel limpio enrollado en un palo y atarlo al cordel del frasco. Abrir el frasco como se describe en la sección A4.1.



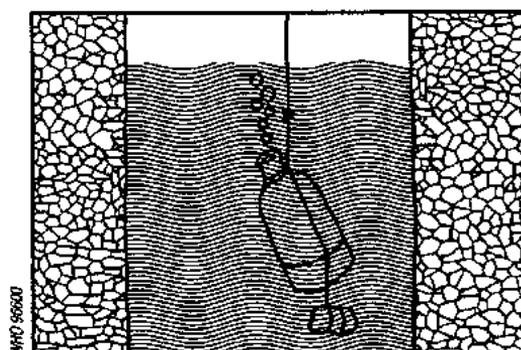
**C. Hacer bajar el frasco**

Hacer bajar el frasco, con el peso, por el pozo, desenrollando lentamente el cordel. No dejar que el frasco toque las paredes del pozo.



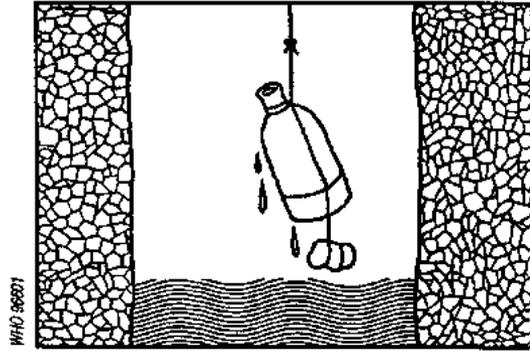
**D. Llenar el frasco**

Sumergir completamente el frasco en el agua y hacerlo descender bastante por debajo de la superficie, sin chocar con el fondo ni remover el sedimento.



**E. Recuperar el frasco**

Cuando se supone que el frasco está lleno, enrollar de nuevo el cordel para subir el frasco. Si está completamente lleno, tirar un poco de agua para dejar un espacio de aire. Tapar el frasco como ya se ha descrito.



## Anexo 5

# Método de los tubos múltiples para detectar coliformes (fecales) termotolerantes

En el método de los tubos múltiples, se inoculan una serie de tubos que contienen un medio de cultivo selectivo apropiado con porciones de ensayo de una muestra de agua. Después de un periodo de incubación determinado a una temperatura dada, cada uno de los tubos en que se observa formación de gas se considera como un «presunto positivo» ya que el gas indica la posible presencia de coliformes. Sin embargo, hay otros microorganismos que también producen gas, por lo que es indispensable una prueba de confirmación subsiguiente. Las dos pruebas se conocen respectivamente con los nombres de *prueba presuntiva* y *prueba confirmatoria*.

Para la prueba confirmatoria, se inocula un medio de cultivo más selectivo con material tomado de los tubos positivos. Después de un tiempo de incubación apropiado, se examinan los tubos, como antes, para observar si se ha formado gas. El número más probable (NMP) de bacterias presentes puede estimarse entonces a partir del número de tubos inoculados y del número de tubos positivos obtenidos en la prueba confirmatoria, utilizando unos cuadros estadísticos especialmente elaborados con este fin. Esta técnica es conocida como el método del NMP.

## A5.1 Inoculación

Se pueden utilizar diferentes porciones de prueba para preparar pasos de dilución seriada en diez veces, basando las diluciones en el número previsto de bacterias coliformes presentes en la muestra de agua que se analiza. La fiabilidad de los resultados obtenidos depende del número de tubos inoculados con cada porción de prueba; en ciertos casos, el número puede reducirse a tres en cada paso de dilución. Cada combinación de tubos inoculados tendrá su propia tabla de valores del NMP. En el cuadro 4.4 (página 68) se presentan los volúmenes corrientes para análisis.

## A5.2 Agua no contaminada y tratada

En general, cabe dar por supuesto que el agua del sistema de distribución o que entra en el mismo no está contaminada o lo está muy poco. En este caso, se recomienda que se inoculen en los tubos un volumen de 50 ml más cinco volúmenes de 10 ml de la muestra de agua; cinco tubos deben contener 10 ml cada uno, y un tubo 50 ml de medio de doble potencia.

### A5.3 Agua contaminada

El agua de la que se sospecha que está más contaminada, por ejemplo, el agua no tratada procedente de ciertas fuentes crudas, debe examinarse utilizando diferentes volúmenes de inoculación en pasos de dilución en diez veces. Normalmente se hacen las inoculaciones siguientes:

- 10 ml de la muestra para cada uno de cinco tubos que contienen 10 ml de medio de doble potencia;
- 1,0 ml de la muestra para cada uno de cinco tubos que contienen 10 ml de medio de potencia simple;
- 1,0 ml de una dilución de la muestra a 1:10 (es decir, 0,1 ml de la muestra) para cada uno de cinco tubos que contienen 10 ml de medio de potencia simple.

Si se sospecha que la muestra está muy contaminada, se inoculan partes alícuotas de 1,0 ml de diluciones seriadas en diez veces de cada dilución en cinco tubos cada uno de los cuales contiene 10 ml de medio de potencia simple.

Si el volumen de trabajo es mucho y se dispone de un tiempo limitado, el número de tubos se puede reducir a tres en cada serie. Estadísticamente, sin embargo, la inoculación de cinco tubos con cada volumen de la muestra produce un resultado más fiable en cuanto al NMP.

### A5.4 Equipo y suministros

Es indispensable el material de laboratorio siguiente:

- *Autoclave*: necesario para esterilizar los medios de cultivo. Su tamaño vendrá determinado por el número y el tipo de muestras que vayan a tomarse. El autoclave debe hacerse funcionar siguiendo escrupulosamente las instrucciones del fabricante y asegurándose de que todo el aire de la cámara es sustituido por vapor. La esterilización debe conseguirse en no más de 30 minutos. Es indispensable ajustarse estrictamente a las temperaturas y los tiempos de esterilización recomendados para los diferentes tipos de medios de cultivo. Se necesitarán estantes o gradillas para colocar en el autoclave los tubos y los frascos de medios de cultivo preparados.
- *Incubadora(s) o baños María*: cada aparato debe estar provisto de un control de temperatura y debe ser capaz de mantener una temperatura uniforme de  $35 \text{ ó } 37 \pm 0,5^\circ\text{C}$  ó de  $44 \text{ y/o } 44,5 \pm 0,25^\circ\text{C}$ . La selección de la temperatura depende de las bacterias indicadoras y del medio utilizado. La temperatura de las incubadoras y los baños María provistos de termómetros situados en puntos representativos se deben vigilar periódicamente (preferiblemente a diario). Para sostener los tubos de muestra se necesitarán estantes o gradillas de acero inoxidable.
- *Balanzas*: necesarias para pesar los medios de cultivo en polvo. Deben tener una precisión de 0.05 g. También se necesitará una cuchara o espátula para las pesadas. (Si se dispone de medios de cultivo previamente pesados en cantidades apropiadas no harán falta balanzas.)

- *Aparato para la destilación de agua, manguera y vasija:* se necesitan para producir agua no tóxica, es decir, agua exenta de toda sustancia que pueda dificultar el crecimiento de las bacterias. La vasija para el agua destilada debe tener una capacidad mínima de cinco litros y estar provista de un grifo.
- *Pipetas:* se necesitan pipetas de 1 ml y de 10 ml, con tapones de algodón en la boquilla. Las pipetas de 1 ml deben estar graduadas en divisiones de 0,1 ml y sirven para preparar diluciones; las pipetas de 10 ml se utilizan para la adición de las muestras a los tubos que contienen medios. Las pipetas desportilladas o con la punta rota deben desecharse. Las pipetas de vidrio se pueden guardar en un contenedor de metal esterilizable; también se pueden utilizar pipetas de plástico desechables. Para cada tamaño de pipeta debe utilizarse un contenedor separado. Las pipetas también se pueden envolver en papel, una por una, y esterilizarlas al calor. También se necesitan latas para las pipetas y ampollitas, así como un recipiente para las pipetas desechadas.
- *Tubos de ensayo y portatubos:* los tubos pueden ser de 20 x 150 mm de tamaño para volúmenes de 10 ml de la muestra más 10 ml de medio de cultivo (para los medios de fermentación no se recomiendan los tapones de rosca). Los portatubos deben ser lo bastante grandes para los tubos de cultivo del mayor diámetro empleado.
- *Frascos:* utilizados para los mayores volúmenes, es decir, de 50 ml de la muestra y 50 ml de medio de cultivo. Deben estar provistos de tapones que encajen holgadamente y en principio deberían estar calibrados con marcas para 50 ml y 100 ml.
- *Equipo para la preparación de medios:* se necesitan recipientes de vidrio o de acero inoxidable (generalmente matraces). El equipo de calentamiento y los agitadores utilizados en la preparación de los medios deben estar limpios y exentos de materiales tóxicos solubles.
- *Mechero de gas:* un mechero Bunsen u otro análogo será suficiente.
- *Tubos de cultivo con vial invertido en el interior (tubos de Durham):* cada tubo debe ser lo bastante grande para poder sumergir en su interior un vial completamente lleno de medio.
- *Asa de inoculación y mango:* deben utilizarse trozos de alambre de calibre 24-26 (7,5-10 cm). El alambre de nicromo es aceptable, pero es mejor el de platino-iridio. El alambre se fija a un mango de metal o de vidrio, de diámetro parecido al de un lápiz. Para formar el asa de inoculación, se dobla el alambre hasta conseguir un anillo de 3-4 mm de diámetro.
- *Dispensador:* para la solución de tiosulfato de sodio (véase más abajo).
- *Equipo de limpieza y mantenimiento:* se necesitan, por ejemplo, cepillos para limpiar los tubos, los frascos, etc., un cubo para la basura y una caja de herramientas.
- *Equipo de seguridad:* en todos los laboratorios debe haber un botiquín para primeros auxilios y un extintor de incendios o cualquier otro medio apropiado para luchar contra el fuego.
- *Equipo general de laboratorio:* se necesitan varios tamaños de matraces

**Cuadro A5.1 Medios de cultivo para la determinación del NMP<sup>a</sup>**

Medio	Usos	Temperatura de incubación	Observaciones
Caldo de MacConkey	Aislamiento presuntivo de bacterias coliformes	35 ± 0,5 °C ó 37 ± 0,5 °C	Medio tradicional para el aislamiento presuntivo de bacterias coliformes mediante el NMP. La calidad de las sales de bilis puede variar y puede afectar al resultado
Caldo de laurilriptosa (lactosa)	Aislamiento presuntivo de bacterias coliformes	35 ± 0,5 °C ó 37 ± 0,5 °C	—
	Confirmación de bacterias coliformes termotolerantes	44 °C	—
Medio mejorado de sal de glutamato de lactosa	Aislamiento presuntivo de bacterias coliformes	35 ± 0,5 °C ó 37 ± 0,5 °C	Éste es un medio selectivo porque contiene nutrientes definidos químicamente que sólo un número limitado de especies de bacterias pueden utilizar. La composición del medio es compleja y debe prepararse con especial cuidado
Caldo de lactosa verde brillante; CE	Confirmación de bacterias coliformes	35 ± 0,5 °C ó 37 ± 0,5 °C	Medios para la producción de gas
	Confirmación de bacterias coliformes termotolerantes	44 °C	
Agua de triptona	Producción de indol para la confirmación de <i>Escherichia coli</i>	44 °C	La formación de indol, detectada mediante la adición de reactivo de Kovacs <sup>b</sup> a agua de triptona después de la incubación, con producción de gas procedente de la lactosa a 44 °C indica la presencia de <i>E. coli</i>

<sup>a</sup> Adaptado de ISO 9308-2: 1990. Detección y enumeración de microorganismos coliformes, microorganismos coliformes termotolerantes, y presuntos *Escherichia coli* - Parte 2: Método de los tubos múltiples (número más probable).

<sup>b</sup> Para preparar reactivo de Kovacs, disolver 5 g de *p*-dimetilaminobenzaldehído en 75 ml de alcohol de amilo (o isoamilo), y añadir lentamente 25 ml de ácido clorhídrico concentrado. Conservar a 4 °C en la oscuridad.

redondos y de Erlenmeyer, vasos de precipitación, soportes, frascos medidores de vidrio o plástico irrompible, espátulas, etc.

En todo laboratorio es conveniente disponer asimismo del equipo siguiente:

- *Frigorífico*: para guardar los medios de cultivo preparados.
- *Esterilizador de aire caliente*: para esterilizar las pipetas.

Se necesitan los materiales consumibles siguientes:

- *Medios de cultivo*: en el cuadro A5.1 se describen los usos para los diversos medios; véase también la sección A5.5.
- *Desinfectante de laboratorio*: para limpiar los planos de trabajo del laboratorio y el cubo para las pipetas desechadas.
- *Detergente*: para lavar el vidrio, etc.
- *Solución de tiosulfato de sodio*: necesaria para analizar muestras cloradas. El tiosulfato de sodio neutraliza el cloro residual que puede haber en las muestras en el momento de recoger el agua, e impide que actúe en los microorganismos que pueden estar presentes en ellas.
- *Cinta para autoclave*.
- *Diluyente*: entre los diluyentes de uso corriente figuran la solución de Ringer y la solución salina con tampón de fosfato.

## A5.5 Medios de cultivo y agua para diluciones

Los medios deshidratados que se encuentran en el comercio simplifican la preparación de los caldos de cultivo y se recomienda en consecuencia su empleo en los laboratorios. Varios fabricantes producen estos medios en forma de polvos que son fáciles de pesar, disolver en agua destilada y distribuir en los tubos de cultivo antes de su esterilización.

### A5.5.1 Preparación de los medios

Los medios se deben preparar siguiendo las instrucciones del fabricante, de la manera siguiente:

- a) Disolver la cantidad necesaria del medio deshidratado en agua destilada para obtener el medio que se supone de doble potencia o de potencia simple (para los análisis de confirmación sólo se utiliza medio de potencia simple).
- b) Distribuir el volumen necesario entre los tubos de cultivo que contienen tubos de Durham invertidos, y tapar los tubos de cultivo.
- c) Esterilizar en un autoclave o una olla de presión a 115 °C durante 10 minutos (o según se indique en las especificaciones del fabricante). Es particularmente importante que los medios que contienen disacáridos, por ejemplo lactosa, no se sometan en el autoclave a temperaturas más altas.
- d) El medio esterilizado se puede conservar a temperatura ambiental (unos 25 °C) o, mejor aun, a 2–8 °C. En cualquier caso, los medios se deben calentar a la

temperatura ambiental antes de utilizarlos, para asegurarse de que todos sus componentes se han disuelto de nuevo. Además, dado que algunos tintes son sensibles a la luz, la solución debe protegerse de toda exposición a la luz.

### A5.5.2 Preparación de agua para diluciones

Para preparar las diluciones de las muestras que se habrán de inocular en los medios de cultivo se utiliza un agua especial, esterilizada y con tampón, que se prepara a partir de una solución concentrada patrón con tampón de fosfato. Para preparar la solución patrón, disolver 34 g de fosfato potásico dihidrogenado ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) en 500 ml de agua destilada. Debe comprobarse que el pH sea 7,2. Si es necesario puede aumentarse añadiendo unas pocas gotas de solución de hidróxido sódico (4,0 g disueltos en 1000 ml de agua destilada). Añadir después agua destilada hasta hacer un litro. Cuando la solución patrón no se está utilizando, debe conservarse en un frasco bien cerrado a 4–10 °C para prevenir el crecimiento microbiano.

Cuando se utiliza el agua para diluciones, añadir 1,25 ml de solución patrón de fosfato a un litro de agua destilada y distribuir en frascos para su esterilización en el autoclave. Antes de la esterilización, aflojar los tapones de los frascos. Esterilizar durante 15 minutos a 121 °C. Después de la esterilización ajustar bien los tapones y guardar el agua para diluciones en un lugar limpio hasta que se necesite.

Otra manera de preparar el agua para diluciones consiste en añadir cloruro de magnesio, con lo cual se ha comprobado que la tasa de recuperación es ligeramente más alta. Entre otras posibilidades cabe citar una solución al 0,1% de peptona en agua destilada (pH final 6,8), la solución de Ringer, y la solución salina fisiológica (9 g de cloruro sódico por litro). Después de distribuir estas soluciones en frascos se deben esterilizar como ya se ha descrito.

## A5.6 Aplicación al agua no contaminada

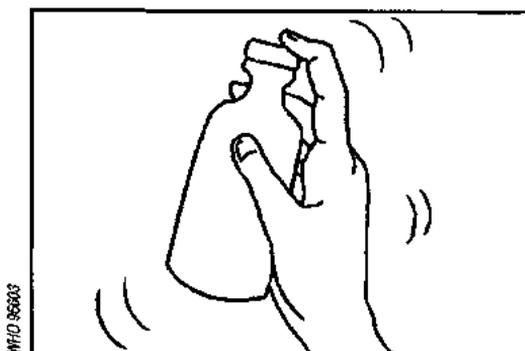
### A5.6.1 Procedimiento

A continuación se describe el procedimiento aplicable para analizar agua relativamente exenta de contaminación, como el agua tratada de las centrales depuradoras.

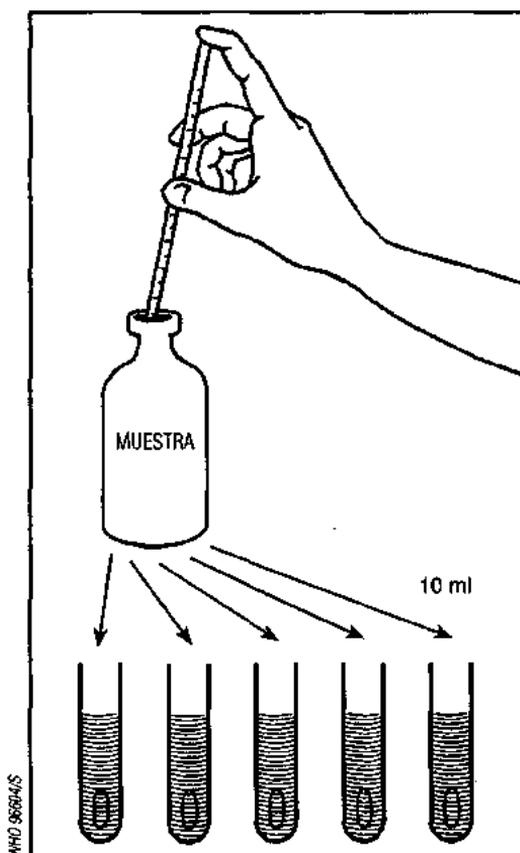
A. Destapar el frasco de muestra.



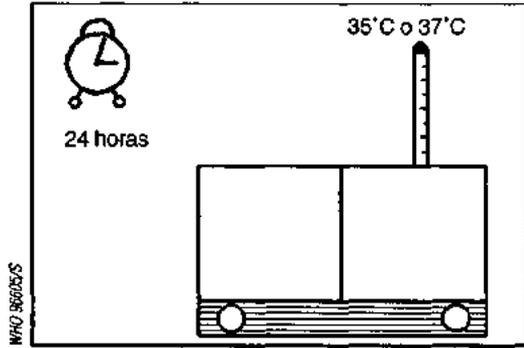
**B.** Con el tapón en posición, agitar enérgicamente el frasco para conseguir una dispersión homogénea de las bacterias. (Si el frasco está completamente lleno, retirar el tapón y tirar unos 20-30 ml de agua; después, volver a tapar y agitar. De esta manera se asegura una mezcla homogénea.)



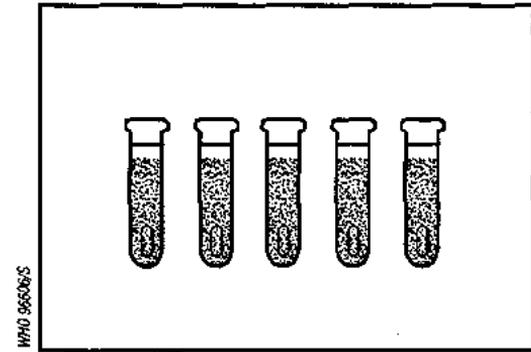
**C.** Con una pipeta estéril de 10 ml, inocular 10 ml de la muestra en cada uno de cinco tubos que contengan 10 ml de caldo presunto (doble potencia). Añadir 50 ml de la muestra a un tubo que contenga 50 ml de caldo presunto. Se aconseja agitar suavemente los tubos para distribuir uniformemente la muestra por todo el medio.



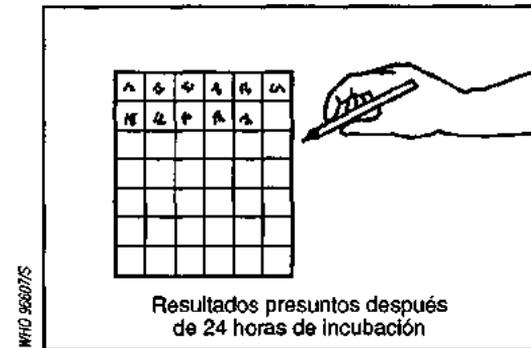
**D.** Incubar los tubos a 35 °C ó 37 °C durante 24 horas.



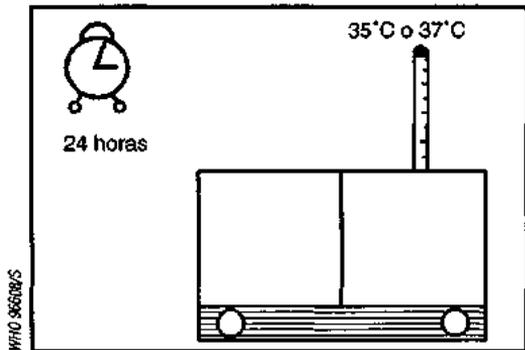
**E.** Al final del periodo de incubación de 24 horas, examinar cada tubo para comprobar la posible presencia de gas. Si está presente, el gas puede verse en el tubo de Durham; si no se ve gas, agitar suavemente el tubo; si se observa alguna efervescencia (pequeñas burbujas), el tubo debe considerarse positivo.



**F.** En un cuadro como el que se presenta aquí, anotar el número de tubos positivos a las 24 horas.

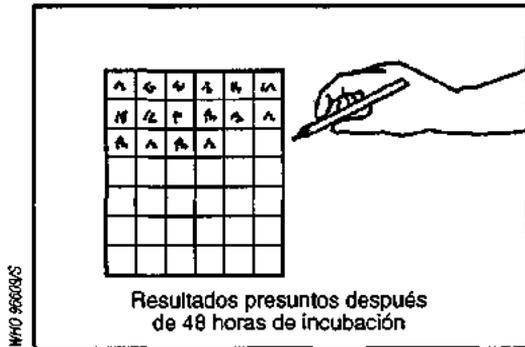


**G.** Volver a incubar los tubos negativos durante otro periodo de 24 horas. Al final de este periodo, observar de nuevo los tubos en busca de la posible presencia de gas, como en el apartado **E**. Se presume que la producción de gas después de 24 ó 48 horas de incubación se debe a la presencia de coliformes en la muestra.



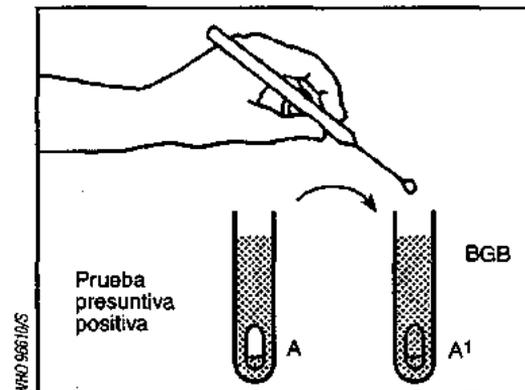
WHO 96610/S

**H.** Anotar el número de tubos positivos después de 48 horas.



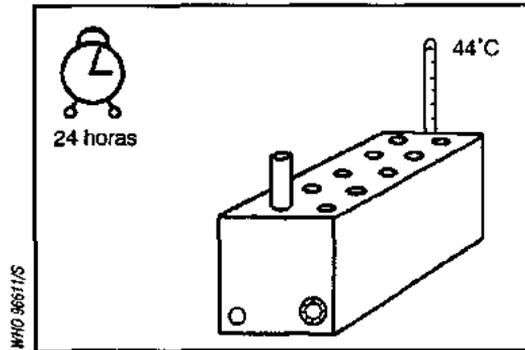
WHO 96610/S

**I.** La prueba confirmatoria debe efectuarse después de la incubación, tanto durante 24 horas como durante 48 horas. Con un asa estéril, transferir una o dos gotas de cada tubo presuntamente positivo a dos tubos que contengan respectivamente caldo confirmatorio y agua de triptona. (Esterilizar a la llama el asa de inoculación antes de cada transferencia y dejar que se enfríe.)

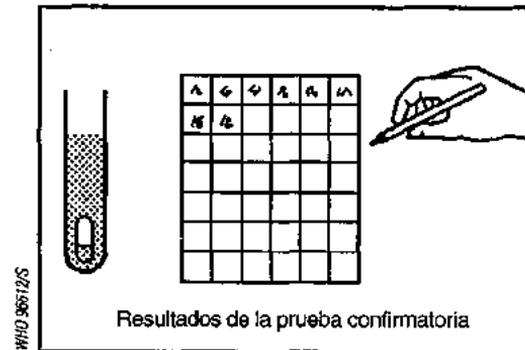


WHO 96610/S

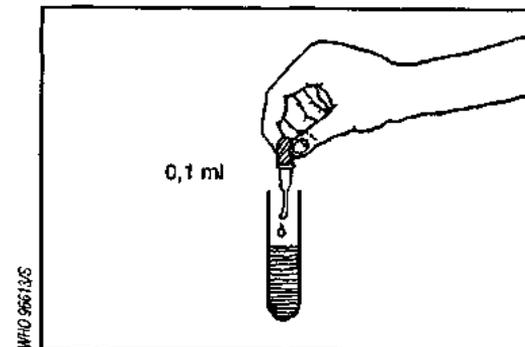
**J.** Para confirmar la presencia de coliformes termotolerantes, incubar los tubos de subcultivo procedente de cada tubo presuntamente positivo durante 24 horas a  $44 \pm 0,5$  °C.



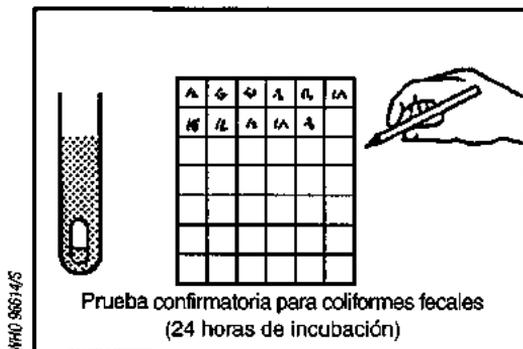
**K.** Después de las 24 horas de incubación, examinar cada tubo de caldo para observar si hay crecimiento y presencia de gas en el tubo de Durham. Anotar los resultados en el cuadro.



**L.** Añadir a cada tubo de agua de triptona aproximadamente 0,1 ml de reactivo de Kovacs (véase el cuadro A5.1, página 209) y mezclar suavemente. La presencia de indol viene indicada por un color rojo en el reactivo de Kovacs, formando una película sobre la fase acuosa del medio.



M. Las pruebas confirmatorias positivas para el indol, el crecimiento y la producción de gas muestran la presencia de *E. coli*. El crecimiento y la producción de gas en ausencia de indol confirman la presencia de coliformes termotolerantes.



**Cuadro A5.2** Valores de NMP por 100 ml de muestra y límites de confianza del 95% para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos (cuando se usan las siguientes porciones de ensayo: una de 50 ml y cinco de 10 ml)

Nº de tubos con reacción positiva		NMP (por 100 ml)	Límites de confianza del 95%	
1 de 50 ml	5 de 10 ml		Más bajos	Más altos
0	0	< 1	—	—
0	1	1	<1	4
0	2	2	<1	6
0	3	4	<1	11
0	4	5	1	13
0	5	7	2	17
1	0	2	<1	6
1	1	3	<1	9
1	2	6	1	15
1	3	9	2	21
1	4	16	4	40
1	5	>18	—	—

### A5.6.2 Determinación del NMP

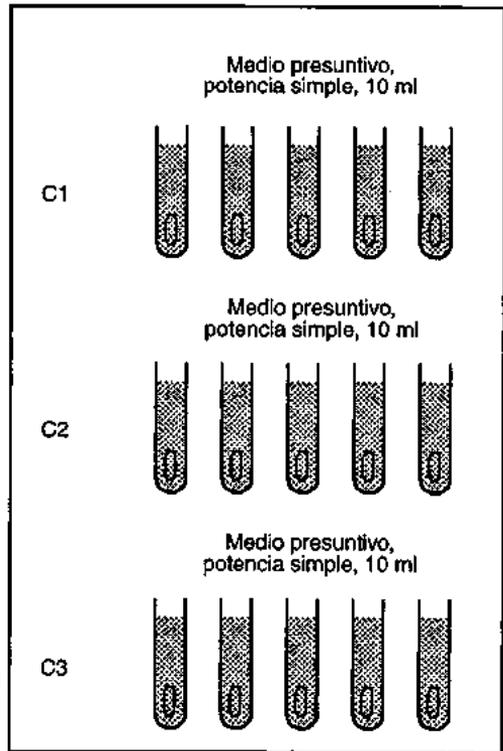
En el caso del agua tratada, en el que se inoculan una porción de 50 ml y cinco porciones de 10 ml, el NMP se puede encontrar a partir de los resultados de la prueba por medio del cuadro A5.2.

## A5.7 Aplicación al agua contaminada (método completo)

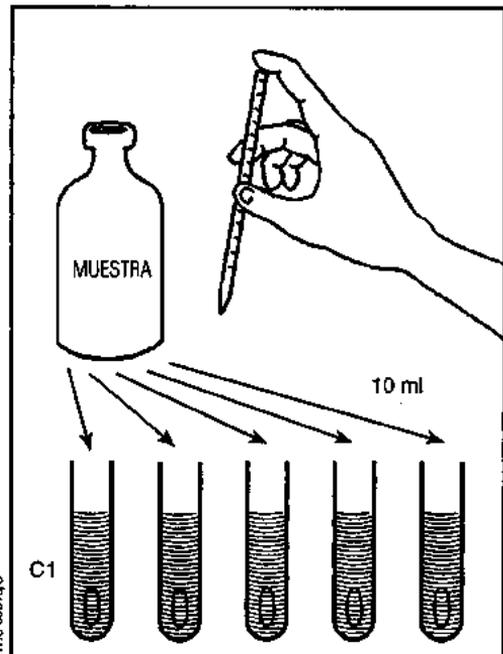
### A5.7.1 Procedimiento

A continuación se describe el procedimiento que se debe aplicar para el análisis de agua cuando se supone que está contaminada, aunque haya sido tratada; el procedimiento es básicamente análogo al descrito en la sección A5.6, con la diferencia de que se utilizan varias diluciones.

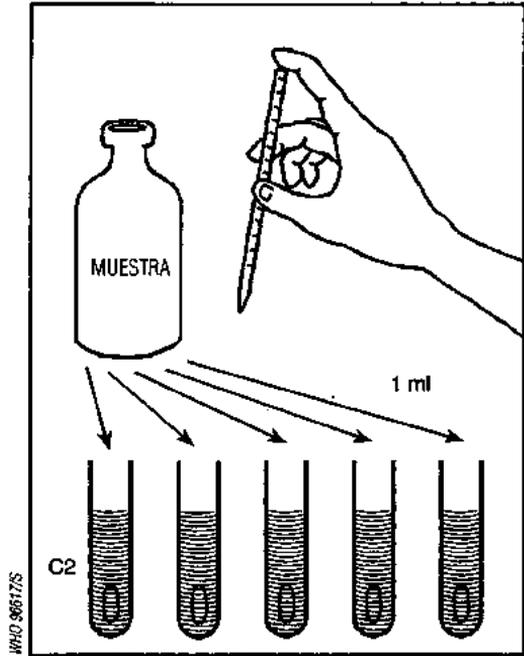
**A.** Disponer tres hileras de cinco tubos, cada una en una gradilla. Los tubos de la primera hilera (C1) contienen 10 ml de medio presunto de doble potencia mientras que los tubos de la segunda y la tercera hilera (C2, C3) contienen medio presunto de potencia simple.



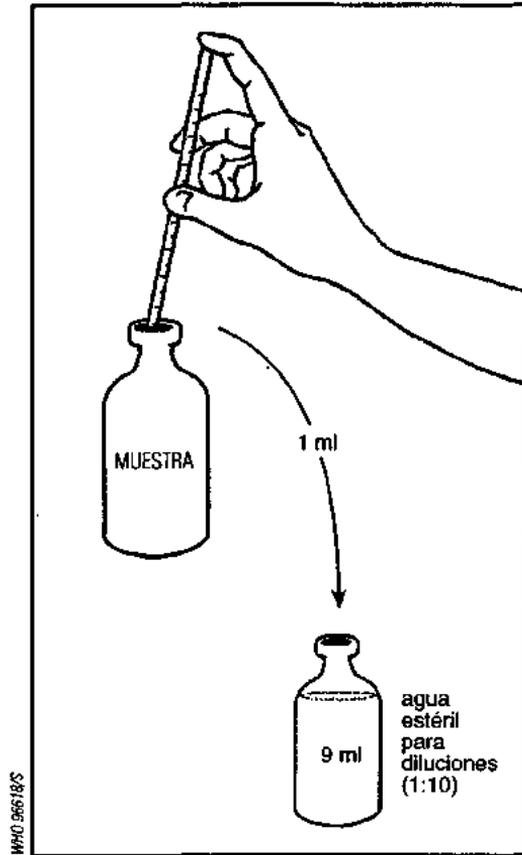
**B.** Con una pipeta estéril añadir 10 ml de la muestra a cada uno de los tubos de la hilera C1.



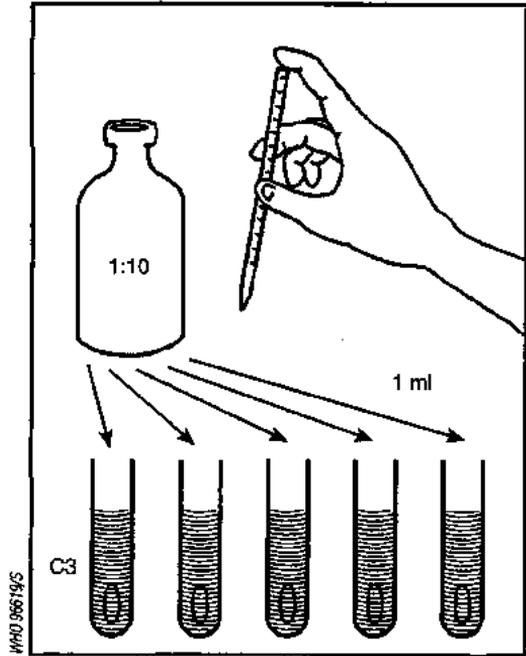
C. Con una pipeta estéril, añadir 1 ml de la muestra a cada uno de los cinco tubos de la hilera C2.



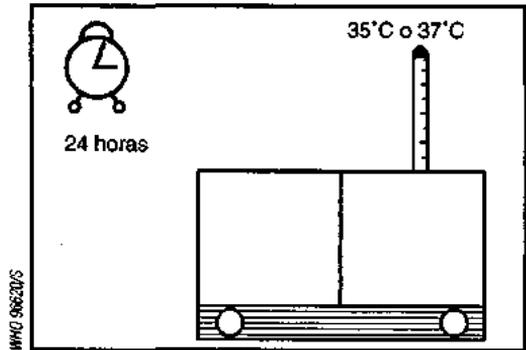
**D.** Preparar una dilución al 1:10 de la muestra añadiendo 1 ml de la muestra a 9 ml de agua para diluciones (usando una pipeta estéril de 1 ml). Volver a tapar el frasco que contiene la muestra diluida y agitar enérgicamente.



**E.** Con otra pipeta estéril añadir 1 ml de la dilución al 1:10 a cada uno de los cinco tubos de la hilera C3.



**F.** Después de agitar suavemente los tubos para mezclar el contenido, incubar la gradilla con los 15 tubos a 35 °C o 37 °C durante 24 horas. A partir de aquí, proceder como en el caso del agua *no contaminada*.



### A5.7.2 Determinación del NMP

El NMP se determina de manera análoga a la descrita en la sección A5.6.2, pero, dado el gran número de tubos que se utilizan, hay que aplicar una tabla más complicada (cuadro A5.3).

El ejemplo siguiente muestra cómo se obtienen los resultados.

Supongamos que, una vez confirmada la presencia de coliformes (fecales) termotolerantes, se obtienen los resultados siguientes:

- 5 tubos positivos en la hilera C1 (volumen de la muestra inoculado, 10 ml)
- 3 tubos positivos en la hilera C2 (volumen de la muestra inoculado, 1 ml)
- 1 tubo positivo en la hilera C3 (volumen de la muestra inoculado, 0,1 ml).

**Cuadro A5.3 Valores de NMP por 100 ml de muestra y límites de confianza del 95% para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos (cuando se usan las siguientes porciones de ensayo: cinco de 10 ml, cinco de 1 ml y cinco de 0,1 ml)**

Nº de tubos con reacción positiva			NMP (por 100 ml)	Límites de confianza del 95%	
5 de 10 ml	5 de 1 ml	5 de 0,1 ml		Más bajos	Más altos
0	0	0	<2	<1	7
0	1	0	2	<1	7
0	2	0	4	<1	11
1	0	0	2	<1	7
1	0	1	4	<1	11
1	1	0	4	<1	11
1	1	1	6	<1	15
2	0	0	5	<1	13
2	0	1	7	1	17
2	1	0	7	1	17
2	1	1	9	2	21
2	2	0	9	2	21
2	3	0	12	3	28
3	0	0	8	1	19
3	0	1	11	2	25
3	1	0	11	2	25
3	1	1	14	4	34
3	2	0	14	4	34
3	2	1	17	5	46
3	3	0	17	5	46
4	0	0	13	3	31
4	0	1	17	5	46
4	1	0	17	5	46
4	1	1	21	7	63
4	1	2	26	9	78
4	2	0	22	7	67
4	2	1	26	9	78
4	3	0	27	9	80
4	3	1	33	11	93
4	4	0	34	12	93
5	0	0	23	7	70
5	0	1	31	11	89
5	0	2	43	15	110
5	1	0	33	11	93
5	1	1	46	16	120
5	1	2	63	21	150
5	2	0	49	17	130
5	2	1	70	23	170
5	2	2	94	28	220
5	3	0	79	25	190
5	3	1	110	31	250
5	3	2	140	37	340
5	3	3	180	44	500

**Cuadro A5.3 (continuación)**

Nº de tubos con reacción positiva			NMP (por 100 ml)	Límites de confianza del 95%	
5 de 10 ml	5 de 1 ml	5 de 0,1 ml		Más bajos	Más altos
5	4	0	130	35	300
5	4	1	170	43	490
5	4	2	220	57	700
5	4	3	280	90	850
5	4	4	350	120	1000
5	5	0	240	68	750
5	5	1	350	120	1000
5	5	2	540	180	1400
5	5	3	920	300	3200
5	5	4	1600	640	5800
5	5	5	>1800	—	—

Así pues, los resultados se pueden codificar así: 5-3-1, y representan la prueba confirmatoria para los coliformes termotolerantes. El cuadro A5.3 indica que un resultado codificado de 5-3-1 (5 x 10 ml positivos, 3 x 1 ml positivos, 1 x 0,1 ml positivo) da un valor de NMP de 110, lo que significa que se estima que la muestra de agua contiene 110 coliformes por 100 ml.

Consideremos ahora un ejemplo de agua muy contaminada. El procedimiento antes descrito puede dar un resultado codificado de 5-5-5. Un resultado como éste no da un valor de NMP definido. Cuando se sospecha que la contaminación es tan grave se suele inocular más de tres diluciones en una serie de factores de 10. Esta serie de diluciones décuples debe prepararse de modo que sea probable que se obtenga un resultado negativo para al menos la dilución más alta incubada. Si inicialmente se inoculan 5 x 1,0 ml, 5 x 0,1 ml, 5 x 0,01 ml, y 5 x 0,001 ml y se obtiene un resultado codificado confirmado de 5-5-4-1, sólo tres de estos resultados deberán utilizarse para obtener el valor del NMP en el cuadro A5.3. Estos resultados deben seleccionarse eligiendo el volumen más pequeño de la muestra (en este caso, 0,1 ml) para el cual todos los tubos dan un resultado positivo, y las dos diluciones más altas siguientes. El resultado codificado de estos tres volúmenes se utiliza entonces para obtener el valor del NMP en el cuadro A5.3. En el ejemplo que aquí se ha presentado, se elegiría el resultado 5-4-1, que representa unos volúmenes de 0,1, 0,01, y 0,001 de la muestra. El valor del NMP obtenido en el cuadro A5.3 debe multiplicarse por 100 para obtener el NMP para esta muestra concreta (véase más adelante); en este caso, el resultado es de 17 000 por 100 ml.

A veces al trabajador del laboratorio puede resultarle difícil determinar el factor de multiplicación que debe aplicar para obtener el NMP apropiado para la muestra analizada. Una manera sencilla de determinar el NMP consiste en dividir el valor del NMP obtenido en el cuadro A5.3 por el volumen de la muestra

**Cuadro A5.4 Ejemplo de factores multiplicadores para la determinación del NMP para diferentes diluciones de la muestra**

Ejemplo	Nº de tubos con reacción positiva					Resultado codificado elegido	Factor multiplicador para el NMP
	5 de 1 ml	5 de 0,1 ml	5 de 0,01 ml	5 de 0,001 ml	5 de 0,0001 ml		
1	5	5	2	0	0	5-2-0	100
2	5	5	4	1	0	5-4-1	100
3	5	3	0	0	0	5-3-0	10
4	5	5	5	3	1	5-3-1	1000
5	0	1	0	0	0	0-1-0	10

**Cuadro A5.5 Valores del NMP por 100 ml de muestra y límites de confianza del 95% para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos (cuando se usan las siguientes porciones de ensayo: tres de 10 ml, tres de 1 ml y tres de 0,1 ml)**

Nº de tubos con reacción positiva			NMP (por 100 ml)	Límites de confianza del 95%	
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0,1 ml		Más bajos	Más altos
0	0	1	3	<1	9
0	1	0	3	<1	13
0	0	0	4	<1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	49
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	48	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800

representado por el número mediano del código elegido. Tomemos, por ejemplo, un código elegido de 5-2-0, en el que el 2 representa un volumen de la muestra de 0,01 ml (véase el cuadro A5.4). Según el cuadro A5.3, el NMP para un código de 5-2-0 es 49. Así pues, el valor del NMP para la muestra analizada será el siguiente:

$$(49/0,01) = 49 \times 100 = 4900.$$

En el cuadro A5.4 se presentan ejemplos de los factores que se deben utilizar para multiplicar el valor del NMP encontrado con el fin de obtener los NMP apropiados para las diferentes diluciones.

### A5.8 Aplicación al agua contaminada: «método breve»

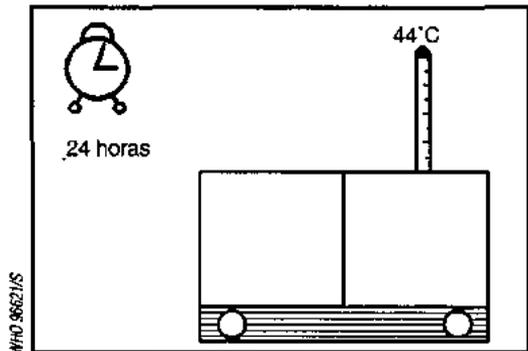
El procedimiento que se sigue en el método breve es casi idéntico al descrito en la sección A5.7, con la única diferencia de que se inoculan sólo tres tubos de cada volumen de muestra, en lugar de cinco. Para determinar el valor del NMP hay que servirse entonces de un cuadro distinto (cuadro A5.5).

### A5.9 Método directo de los coliformes termotolerantes

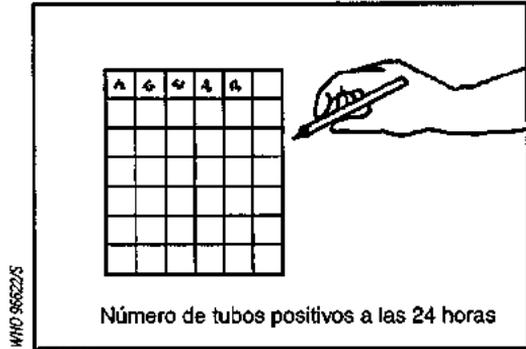
Si se analiza agua *no clorada* de abastecimientos de agua a comunidades pequeñas y sólo interesa averiguar el número de coliformes termotolerantes, cabe utilizar un método directo de tubos múltiples. Se recomienda utilizar este método cuando el resultado de coliformes totales no tiene gran importancia, por ejemplo, en los abastecimientos para comunidades pequeñas de países en desarrollo o cuando hay limitaciones de espacio, tiempo o instalaciones. El método se basa en el procedimiento normal del NMP, con la diferencia de que los tubos se incuban directamente en un baño María a  $44,5 \pm 0,2$  °C, sin incubarlos previamente a 35 ó 37 °C durante 24 horas ni proceder a su análisis para averiguar el total de coliformes.

El procedimiento es análogo al descrito para el análisis de aguas contaminadas, con la diferencia de que como medio presuntivo se utiliza caldo de MacConkey. Preparar 15 tubos de muestra y medio tal como se describe en las páginas 216-218, y después proceder como se indica a continuación:

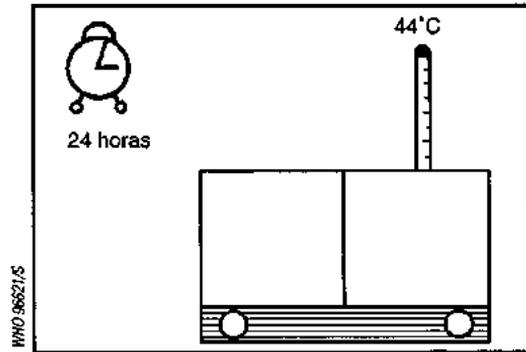
**A.** Después de agitar suavemente los tubos para mezclar sus contenidos, incubar los 15 tubos a 44 °C durante 24 horas.



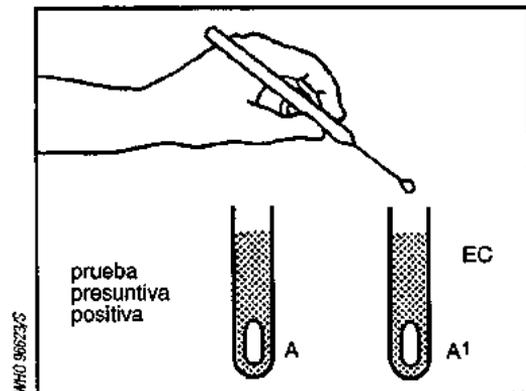
**B.** Observar cada tubo para detectar la presencia de gas y tomar nota en el cuadro apropiado del número de tubos positivos al cabo de las 24 horas.



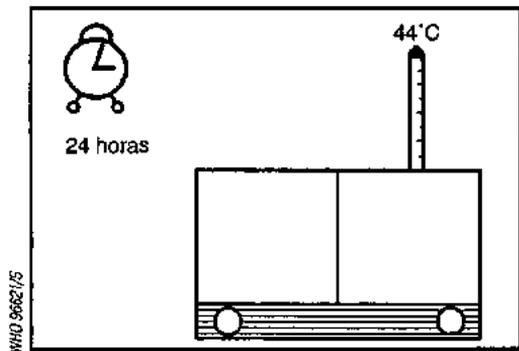
**C.** Los tubos negativos se deben volver a incubar durante otro periodo de 24 horas, pasadas las cuales hay que observar si ha habido producción de gas.



**D.** Confirmar los resultados presuntivos después de las 24 y las 48 horas transfiriendo el contenido de un asa llena del caldo a un caldo confirmatorio e incubando a 44 °C durante 24 horas.



E. La presencia de coliformes termotolerantes queda confirmada si se observa presencia de gas en el caldo confirmatorio después de 24 horas a 44 °C. Determinar el NMP en el cuadro A5.3 lo mismo que antes.



### A5.10 Selección de los tubos para la prueba confirmatoria

Todo análisis bacteriológico debe incluir siempre la prueba de confirmación. Si sólo se analizan porciones de 10 ml, la prueba confirmatoria de la presencia de coliformes y de coliformes termotolerantes debe practicarse en todos los tubos donde ha habido producción de gas. En cambio, si en la inoculación se han utilizado cinco (o tres) tubos para cada uno de los tres (o más) volúmenes de la muestra (por ejemplo, 10, 1,0, 0,1, 0,01 y 0,001 ml), no es necesario realizar pruebas confirmatorias en todos los tubos positivos.

Si los cinco (o tres) tubos de dos o más diluciones consecutivas son positivos, debe seleccionarse el juego de tubos que presenten el volumen de muestra más pequeño para el cual todos los tubos son positivos. La prueba confirmatoria debe practicarse en todos estos tubos y en todos los tubos positivos correspondientes a los volúmenes siguientes e inferiores. El ejemplo que sigue facilitará la comprensión de este procedimiento. Después de las 24 horas de incubación, cinco tubos con 10 ml, cinco con 1,0 ml, cinco con 0,1 ml, cuatro con 0,01 ml, y uno con 0,001 ml dieron resultados positivos. Así pues, la prueba confirmatoria debe practicarse en los tubos positivos inoculados inicialmente con 0,1, 0,01 y 0,001 ml de la muestra.

### A5.11 Formularios de registro

El análisis de una muestra determinada dará varios resultados. El formulario preparado para registrar estos resultados, aunque no debe ser complicado, debe rellenarse debidamente. El formulario, una vez cumplimentado, debe contener los datos sobre el muestreo, que servirán además para identificar las muestras, los registrados en el formulario de envío de las muestras, y los datos sobre el análisis bacteriológico. En la figura A5.1 se presenta un posible modelo de formulario completo. Una vez terminado el análisis, el laboratorio encargado de la operación debe registrar los resultados obtenidos en un formulario estandarizado (protocolo), ajustado a las recomendaciones formuladas en el capítulo 3. El protocolo puede consistir en un informe muy sencillo, en el que se registre la información sobre identificación de la muestra, juntamente con el resultado del análisis y la clasificación apropiada del agua. En la figura A5.2 se presenta un ejemplo de un protocolo de esta clase.

**Fig. A5.1 Formulario completo que se propone para registrar los resultados de los análisis practicados con el método de los tubos múltiples**

Identificación de la muestra					Remitente	Fecha y hora de recogida	Fecha y hora del primer análisis	Cloro libre residual (mg/litro)	Volumen de la muestra inoculado (ml)	Nº de tubos inoculados	Nº de tubos positivos en la prueba presuntiva 35 ó 37 °C			Nº de tubos positivos en la prueba confirmatoria		NMP		
Nº de la muestra	Comunidad	Tipo de muestra	Lugar	Fuente							24 horas	48 horas	Total	35 ó 37 °C, 48 h	44 °C, 24 h	Coliformes totales	Coliformes fecales	

**Fig. A5.2 Protocolo que se propone para los resultados de los análisis bacteriológicos**

	PROGRAMA DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA	
[..... Autoridad]		<b>ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA</b>
COMUNIDAD:		Nº DE LA MUESTRA. ...
PUNTO DE TOMA DE LA MUESTRA:		
LUGAR:		
FUENTE:		
REMITENTE:		
FECHA DEL MUESTRO _____ / ____ / ____		HORA:
FECHA DEL ANÁLISIS _____ / ____ / ____		HORA:
	COLOR LIBRE RESIDUAL	<input type="text"/> mg/litro
RESULTADOS		
<u>          </u>		
COLIFORMES TOTALES ..... /100 ml		
COLIFORMES FECALES ..... /100 ml		
AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE		..... Técnico del laboratorio
BUENA - MALA		..... Jefe (Firma)

## Anexo 6

# Método de filtrado con membrana para los coliformes (fecales) termotolerantes

### A6.1 Principio

A diferencia del método de tubos múltiples, el método de filtrado con membrana da un recuento directo de los coliformes totales y de los coliformes termotolerantes presentes en una determinada muestra de agua. El método se basa en el filtrado de un volumen conocido de agua a través de un filtro de membrana constituido por un compuesto de celulosa y con un diámetro de poro uniforme de 0,45 ó 0,2  $\mu\text{m}$ ; las bacterias quedan retenidas en la superficie del filtro de membrana. Cuando la membrana que contiene las bacterias se incuba en un recipiente estéril a temperatura apropiada con un medio de cultivo diferencial selectivo, se desarrollan colonias características de los coliformes termotolerantes que es posible contar directamente.

### A6.2 Volumen de la muestra de agua que se ha de filtrar

Dado que la superficie de filtrado es relativamente pequeña, sólo puede permitir el desarrollo de un número limitado de colonias: el número óptimo se sitúa entre las 20 y las 80, con un máximo de 200. Si se rebasa esta cantidad, pueden desarrollarse colonias atípicas muy pequeñas o colonias superpuestas, o puede producirse una inhibición del crecimiento debida a la superpoblación. La selección del volumen de la muestra que se va a filtrar dependerá del tipo de agua. En el cuadro 4.3 (página 67) se presentan ejemplos de volúmenes de uso corriente.

### A6.3 Equipo y material de vidrio

Además del equipo y el material de vidrio básicos utilizados en el método de los tubos múltiples (véase el anexo 5), para la técnica del filtrado con membrana se necesitará el equipo y los materiales siguientes:

- *Aparato de filtrado con membrana*: con inclusión de una bomba de vacío eléctrica o manual o un frasco de vacío (por ejemplo, un matraz de Erlenmeyer de brazo lateral) y un soporte para el filtro.
- *Platillos de Petri reutilizables*: pueden ser de vidrio o de metal (también se pueden utilizar los de plástico desechables).
- *Pinzas de punta roma*: para coger los filtros de membrana.

- *Frascos reutilizables (que resistan el autoclavado)*: para los medios de cultivo (por ejemplo, botellas de polipropileno de 25 ml).
- *Una lupa*: de 4 ó 5 aumentos para examinar y contar las colonias presentes en los filtros de membrana.
- *Un baño o cacerola para hervir agua*: si hay que desinfectar el aparato de filtración en agua hirviendo después de cada análisis.
- *Pipetas estériles*: de 1 ml y de 10 ml.
- *Una probeta*: de 100 ml.

Además del material consumible necesario para el NMP, se necesitará el siguiente:

- *Filtros de membrana*: de 47–50 mm de diámetro, con un diámetro de poro de 0,4 µm. Resultan muy prácticos los filtros de membrana preesterilizados, cada uno con su envoltorio. Sin embargo, también se pueden utilizar filtros no esterilizados, que deben envolverse en papel en número conveniente (según sea el número de muestras de agua que se van a analizar). Estos filtros se pueden esterilizar en el autoclave y secar mediante la eliminación rápida del vapor.
- *Almohadillas absorbentes de los nutrientes*: discos de papel de filtro de 1 mm de grosor aproximadamente, y del mismo diámetro que los filtros de membrana.
- *Medios de cultivo*: hay diferentes tipos (véase la sección A6.4).
- *Lápices de cera*: para las etiquetas de los platillos de Petri.
- *Bolsas de polietileno*: para envolver los platillos de Petri si se utiliza una incubadora seca, con el fin de evitar que se sequen la muestra y los medios.

## A6.4 Medios de cultivo y agua para diluciones

Son varios los medios que se pueden utilizar para determinar la presencia de microorganismos coliformes mediante el método del filtrado con membrana. De ellos, el agar Tergitol<sup>1</sup> de lactosa, el agar Tergitol<sup>1</sup> TTC de lactosa y el caldo de lactosa de sulfato de laurilo para membrana se pueden utilizar para los microorganismos coliformes a 35 ó 37 °C y para los microorganismos coliformes termotolerantes a 44 °C ó 44,5°C. El caldo para los coliformes fecales en membrana (CFM) sólo se debe utilizar a 44 ó 44,5 °C para el recuento de coliformes termotolerantes. Aunque el uso de todos estos medios para la detección de los microorganismos coliformes está basado en la fermentación de la lactosa, la reacción característica varía con cada medio, como puede verse en el cuadro A6.1.

Los medios se pueden preparar a partir de los ingredientes básicos, pero ello puede resultar impracticable en los laboratorios pequeños, por lo que se recomienda el uso de medios deshidratados. Los medios pueden prepararse como un caldo y utilizarse juntamente con almohadillas absorbentes de los nutrientes o como placas de agar sólido. Los caldos se pueden solidificar mediante la adición de 1,2–1,5% de agar antes de la ebullición.

<sup>1</sup> El Tergitol 7 es un ejemplo de producto adecuado que se encuentra en el comercio. Este nombre se facilita para mayor información del usuario, y el hecho de mencionarlo no significa que la OMS recomiende el producto.

**Cuadro A6.1 Características de las colonias después de los análisis con el método de filtrado con membrana<sup>a</sup>**

Medio <sup>b</sup>	Características de las colonias	
	Coliformes totales a 35/37 °C	Coliformes termotolerantes a 44/45,5 °C
Agar de lactosa TTC <sup>c</sup> con Tergitol 7	Coloración amarilla, anaranjada o rojo ladrillo con un halo central amarillo en el medio debajo de la membrana	Como los coliformes totales a 35/37 °C
Agar de lactosa con Tergitol 7	Halo central amarillo en el medio debajo de la membrana	Como los coliformes totales a 35/37 °C
Caldo de Teepol enriquecido para membrana	Color amarillo extendiéndose por encima de la membrana	Como los coliformes totales a 35/37 °C
Caldo de sulfato de laurilo para membrana	Color amarillo extendiéndose por encima de la membrana	Como los coliformes totales a 35/37 °C
Agar o caldo de Endo	Color rojo oscuro con brillo metálico verde-dorado	—
Agar de LES-Endo	Color rojo oscuro con brillo metálico verde-dorado	—
Caldo de coliformes fecales para membrana (CFM)	—	Colonias azules

<sup>a</sup> Adaptado de ISO 9308-1: 1990, Detección y enumeración de microorganismos coliformes, microorganismos coliformes termotolerantes y presuntas *Escherichia coli* - Parte 1: Método de filtración con membrana.

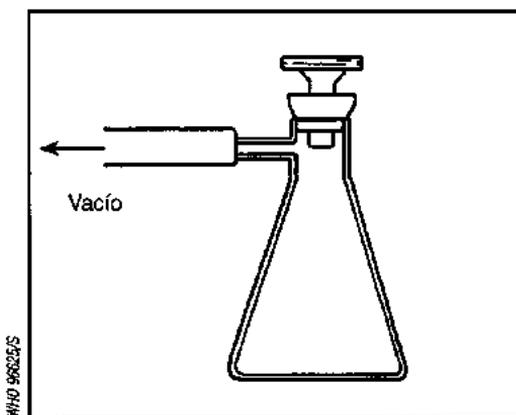
<sup>b</sup> El Tergitol 7 y el Teepol son ejemplos de productos adecuados que se encuentran en el comercio. Estos nombres se facilitan para mayor información del usuario, y el hecho de mencionarlos no significa que la ISO o la OMS recomienden los productos.

<sup>c</sup> Cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio.

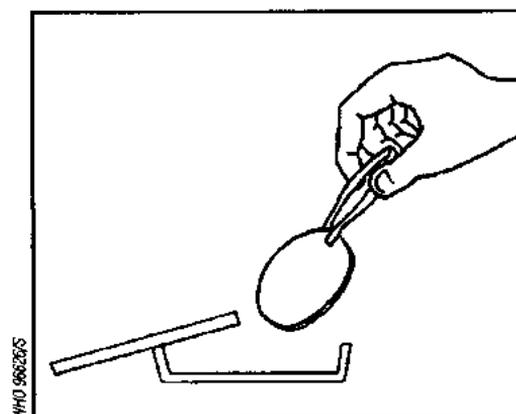
## A6.5 Procedimiento

Se describe a continuación el procedimiento de uso más común, pero hay diferentes tipos de aparatos y de equipo de filtrado.

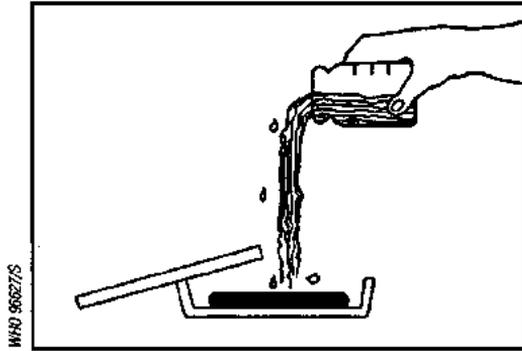
**A.** Conectar el matraz de Erlenmeyer (brazo lateral) al aparato de vacío (apagado) y colocar en su sitio el soporte poroso. Si se utiliza una bomba eléctrica, es aconsejable intercalar otro matraz entre el de Erlenmeyer y la bomba; este segundo matraz actúa de trampa para el agua y protege en consecuencia la bomba.



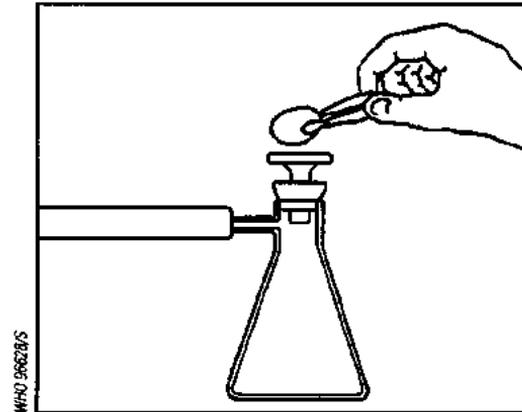
**B.** Extraer de su envoltorio un platillo de Petri y colocar en él una almohadilla absorbente.



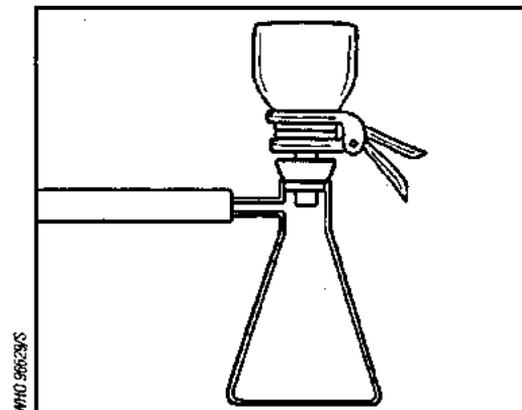
**C.** Verter medio de caldo para saturar la almohadilla; retirar el exceso de caldo.



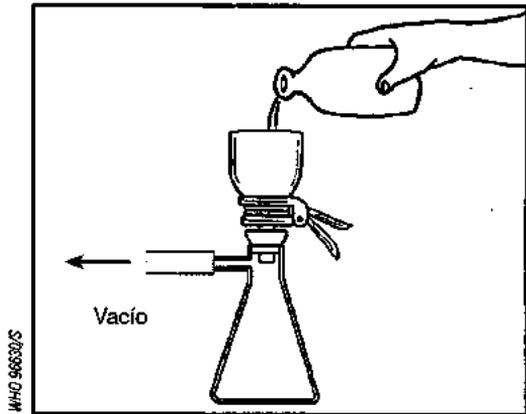
**D.** Montar el aparato de filtración colocando un filtro de membrana estéril encima del soporte poroso, utilizando para ello unas pinzas esterilizadas a la llama.



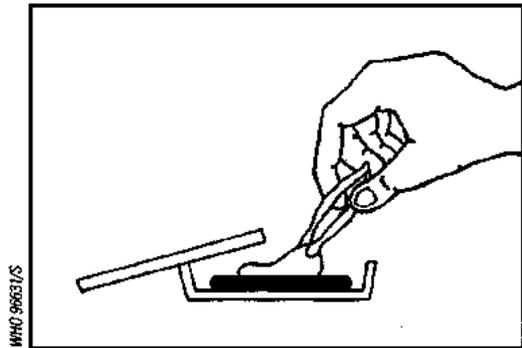
**E.** Colocar en su sitio el recipiente superior y fijarlo en posición. (El tipo de grapa que se utilice dependerá del tipo de equipo empleado.)



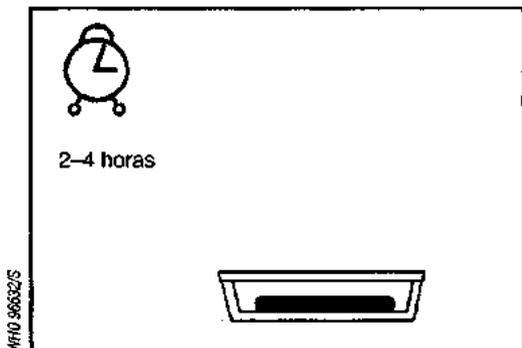
**F.** Verter el volumen de muestra considerado como el óptimo para el tipo de agua (véase el cuadro 4.3, página 67) en el recipiente superior. Si la muestra que se analiza es de menos de 10 ml, deberán añadirse al recipiente superior, antes de la filtración, al menos 20 ml de agua para diluciones esterilizada. Aplicar el vacío.



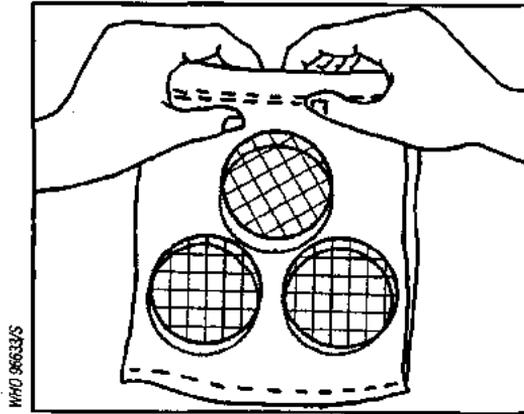
**G.** Desmontar el aparato de filtración, y, con unas pinzas estériles, colocar el filtro de membrana en el platillo de Petri, encima de la almohadilla, con la cara de la patrilla hacia arriba. Asegurarse de que no hayan quedado burbujas de aire retenidas entre la almohadilla y el filtro.



**H.** Dejar el platillo de Petri a temperatura ambiente o a 35 ó 37 °C durante 2-4 horas, para que tengan tiempo de reanimarse los microbios estresados.

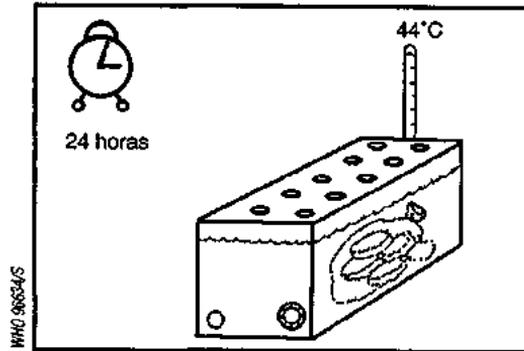


I. Colocar los platillos de Petri en una incubadora a  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$  durante 18–24 horas, con una humedad del 100%. También se pueden colocar los platillos de Petri, muy apretados o sellados en bolsas de plástico impermeables para la incubación.



WHO 96634/S

J. Sumergir las bolsas en un baño María a  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$  durante 18–24 horas. Las bolsas de plástico deben mantenerse debajo de la superficie del agua durante todo el período de incubación. Pueden mantenerse en esta posición mediante un peso adecuado, por ejemplo, una gradilla metálica.



WHO 96634/S

Las colonias de bacterias coliformes termotolerantes deben identificarse por sus características en el medio utilizado. El número de coliformes termotolerantes por 100 ml se obtiene mediante la fórmula siguiente:

Coliformes termotolerantes por 100 ml

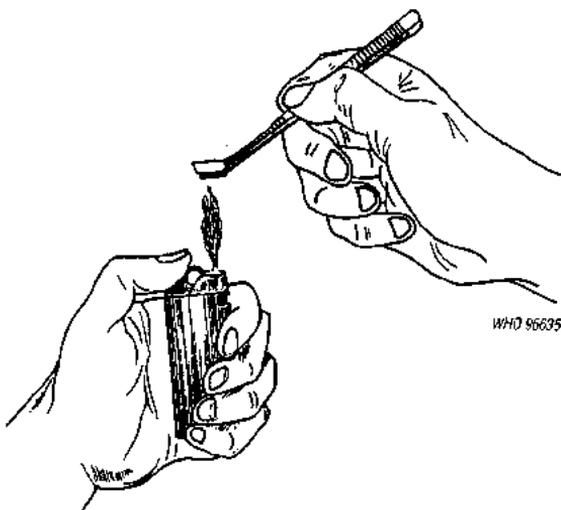
$$= \frac{\text{n}^\circ \text{ de colonias de coliformes termotolerantes contadas}}{\text{n}^\circ \text{ de ml de la muestra filtrados}} \times 100$$

## Anexo 7

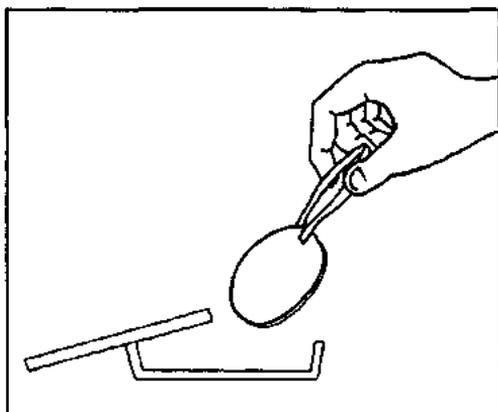
# Método de análisis sobre el terreno para detectar coliformes termotolerantes

El método de análisis sobre el terreno para detectar coliformes termotolerantes incluye los pasos siguientes:

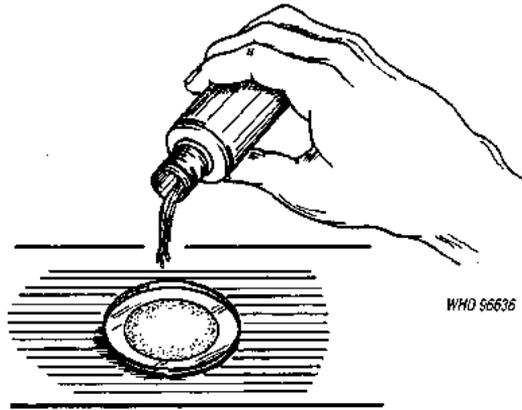
**A.** Esterilizar a la llama las puntas de unas pinzas romas y dejarlas enfriar entre las sucesivas manipulaciones de los filtros.



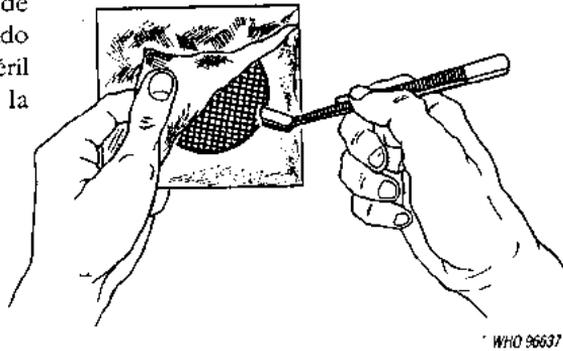
**B.** Colocar una almohadilla absorbente estéril en un platillo de Petri estéril.



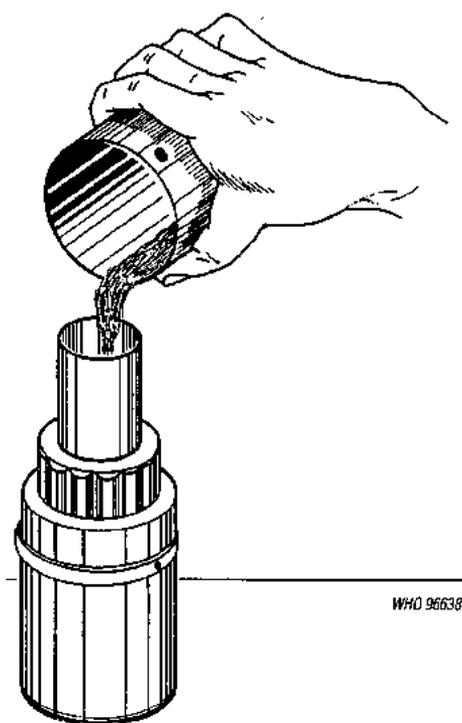
**C.** Añadir medio de caldo para saturar la almohadilla y eliminar el exceso de caldo.



**D.** Esterilizar el aparato de filtración y montarlo colocando una membrana de filtro estéril encima del soporte de la membrana.

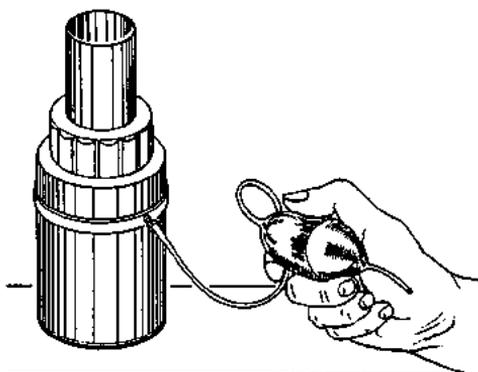


**E.** Mezclar bien la muestra invirtiendo varias veces el frasco que la contiene, y verter el volumen que debe analizarse en el aparato de filtración previamente esterilizado. El volumen apropiado de muestra debe determinarse en función del tipo de agua que se va a analizar (véase el cuadro 4.3, página 67).



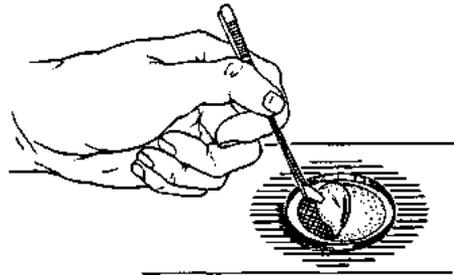
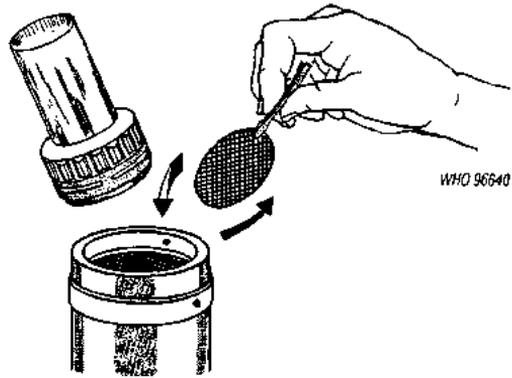
WHO 96638

**F.** Aplicar el vacío al aparato de filtración para que la muestra pase a través de la membrana de filtro. Desconectar el vacío y desmontar el aparato.

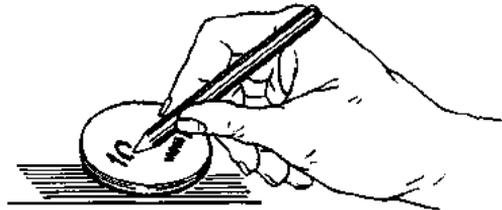


WHO 96639

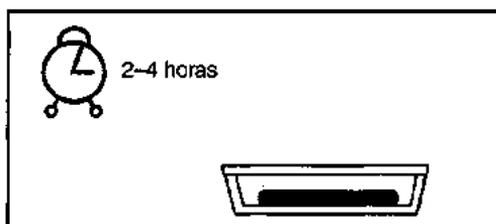
G. Con unas pinzas estériles, retirar el filtro de membrana del aparato de filtración y depositarlo en la almohadilla de nutrientes del platillo de Petri. Depositar cuidadosamente la membrana, con la cara de la Parrilla hacia arriba, encima de la almohadilla, asegurándose de que no han quedado burbujas de aire retenidas entre la almohadilla y el filtro.



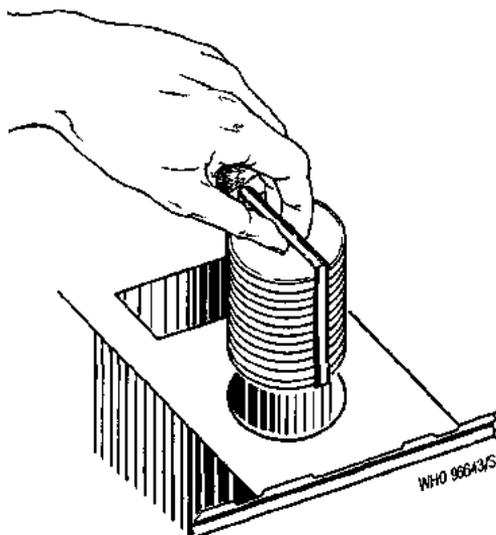
H. Volver a tapar el platillo de Petri y etiquetar con el código de identificación de la muestra, utilizando un lápiz de cera o una pluma impermeable.



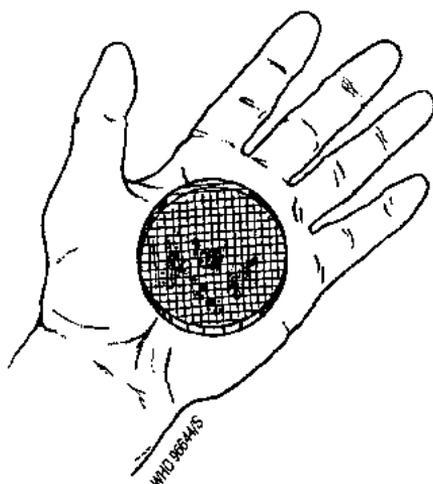
**I.** Incubar el platillo de Petri a temperatura ambiente durante 2-4 horas para que se reanimen las bacterias estresadas.



**J.** Incubar el platillo de Petri a la temperatura seleccionada durante 18-24 horas.



**K.** Después de la incubación, contar todas las colonias con una morfología característica de las bacterias y del medio utilizado. Calcular y expresar el resultado en unidades formadoras de colonias (UFC) por 100 ml de la muestra.



## Anexo 8

# Prueba de presencia-ausencia para el total de bacterias coliformes

Las pruebas de presencia-ausencia a veces pueden ser apropiadas cuando se sabe que los resultados positivos son raros. No son pruebas cuantitativas y, como su nombre indica, sólo revelan la presencia o la ausencia del indicador que se busca. Los resultados de esta clase son de poca utilidad en los países o las situaciones en que la contaminación es común y en que los análisis tienen por objeto determinar el grado de contaminación, y no ya, simplemente, indicar su presencia. Estas pruebas de presencia-ausencia *no se recomiendan* para su empleo en el análisis de las aguas de superficie, los abastecimientos no tratados para pequeñas comunidades, o los abastecimientos de agua más importantes en los países donde ocasionalmente puede haber dificultades de funcionamiento y de mantenimiento.

Antes de tomar la decisión de utilizar la prueba de presencia-ausencia para el análisis de una fuente de agua, los resultados obtenidos con la prueba deben compararse con los obtenidos con un método de análisis cuantitativo y reconocido. Con ambos métodos se deben examinar unas 100 muestras.

### A8.1 Preparación del medio

El medio utilizado para la prueba de presencia-ausencia de bacterias coliformes está compuesto de:

caldo de lactosa (deshidratado)	13,0 g
caldo de lauriltriptosa (deshidratado)	17,5 g
púrpura de bromocresol	0,0085 g
agua destilada	1 litro

Prepárese esta formulación con una triple potencia cuando se examinen 100 ml de la muestra.

La preparación del medio se compone de las etapas siguientes:

- Disolver en agua el caldo de lactosa y el caldo de lauriltriptosa deshidratados, sucesivamente, sin calentar.
- Disolver la púrpura de bromocresol en 10 ml de solución de dióxido sódico (4 g de NaOH en 1 litro de agua). Las bolitas de hidróxido sódico son cáusticas y hay que manipularlas con gran prudencia durante la preparación de la solución; en particular, hay que usar guantes y protegerse los ojos.
- Añadir la solución de púrpura de bromocresol a la solución del caldo.
- Distribuir 50 ml del medio en frascos de dilución (de vidrio y con tapón de rosca), de una capacidad de 250–300 ml. No es necesario tubo de fermentación.

- e) Poner en autoclave durante 12 minutos a 121 °C, limitando el tiempo de total de permanencia en el autoclave a 30 minutos o menos.
- f) Medir el pH del medio después de la operación anterior; debe ser de  $6,8 \pm 0,2$ .

## **A8.2 Procedimiento**

- a) Mezclar bien la muestra invirtiendo varias veces el frasco que la contiene.
- b) Añadir 100 ml de la muestra al frasco de dilución.
- c) Incubar a  $35 \pm 0,05$  °C y examinar el contenido al cabo de 24 y de 48 horas.
- d) Un resultado positivo (producción de ácido) viene indicado por un marcado color amarillo en el medio. Agitar el frasco suavemente y observar si se forma espuma, lo que indicaría la producción de gas. Toda prueba en la que se produzca ácido y/o gas debe considerarse como una prueba presuntamente positiva.
- e) Las pruebas presuntamente positivas deben confirmarse inoculando un tubo de caldo de bilis de lactosa verde brillante (BLVB) con los cultivos que muestran producción de ácido y/o de gas, e incubando a  $35 \pm 0,5$  °C. El crecimiento y la producción de gas en el cultivo del caldo de BLVB a las 48 horas confirma la presencia de bacterias coliformes.

Cabe detectar otras bacterias indicadoras mediante la prueba de presencia-ausencia seleccionando los medios confirmatorios apropiados.

## Anexo 9

# Prueba del cloro libre residual

En el método recomendado para la determinación del cloro residual en el agua de beber se emplea *N,N*-dietil-*p*-fenilendiamina (más comúnmente denominada DPD). Tiempo atrás se recomendaban también métodos en los que se empleaban ortotolidina y yoduro potásico-almidón, pero el primero de estos reactivos es un carcinógeno reconocido y el método no es fiable. El método basado en el uso de yoduro potásico-almidón no es específico para el cloro libre, pero mide directamente el total de cloro libre y combinado; no se recomienda su empleo excepto en los países donde no se puede obtener o preparar DPD. En el presente anexo, pues, sólo se tratará del método DPD.

En el laboratorio se pueden utilizar tanto la fotocolorimetría como la espectrofotometría para la determinación del cloro mediante DPD. Sin embargo, es una práctica común y sumamente recomendada para las mediciones sobre el terreno la de utilizar *in situ* simples comparadores de colores. El color aparece después de la adición de DPD a la muestra de agua y se compara con unos discos o tubos coloreados estándar. El método puede ser aplicado por personal sin una formación especializada prolongada. El reactivo puede ser sólido (por ejemplo, tabletas con un envoltorio individual) o en forma de solución; la primera forma es más estable. Si se usa la solución, ésta debe conservarse en un frasco pardo y desecharse en cuanto empiece a descolorarse.

## A9.1 Técnica del comparador visual comercial

### A.9.1.1 Equipo

Los comparadores que se encuentran en el comercio son de dos tipos básicos: el tipo de disco, que consiste en una rueda de pequeños vidrios de color, y el tipo de transparencia, que consiste en una serie de patrones líquidos en ampollas de vidrio. Ambos tipos, sin embargo, tienen los mismos componentes: una caja con un ocular en la parte de delante y dos celdas, todo ello dispuesto de manera que las dos celdas entren en el campo visual del ocular.

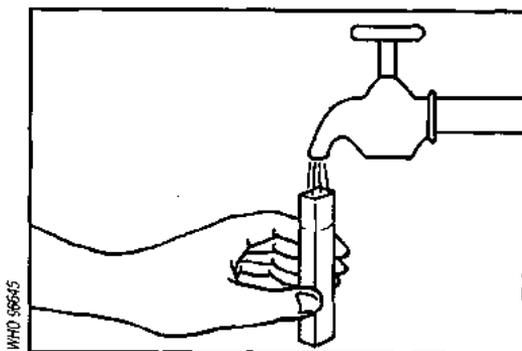
Una de las celdas, que contiene una muestra de agua sin los reactivos, se coloca en línea con los vidrios de color o las ampollas que contienen los patrones, y que se hacen girar. La muestra de agua que contiene el reactivo se pone en la otra celda. Si hay cloro libre presente, el agua cobrará color. La concentración de cloro se estima comparando los colores de ambas celdas tal como se ven a través del ocular. Cada color del disco o de la ampolla corresponde a cierta cantidad de cloro en el agua; para cada uno de los reactivos especificados se necesitan diferentes discos o ampollas de calibrado.

### A9.1.2 Reactivos

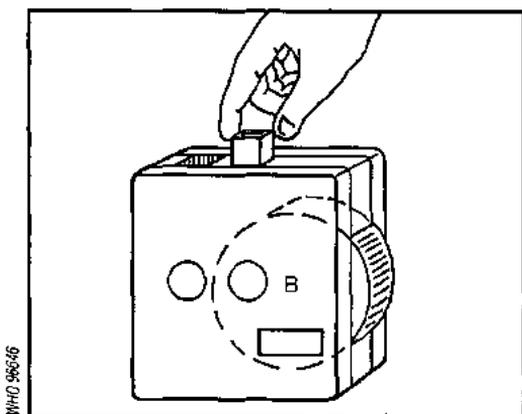
La mayoría de los comparadores se han concebido para ser utilizados con los reactivos del propio fabricante, y, por consiguiente, debe tenerse cuidado de mantener existencias suficientes de éstos. Esto es un inconveniente, por cuanto crea dependencia respecto del suministrador local, y a veces pueden surgir problemas de importación. Por otra parte, en cambio, de esta manera no hay necesidad de preparar soluciones patrón, lo que facilita mucho el uso de la técnica.

### A9.1.3 Método

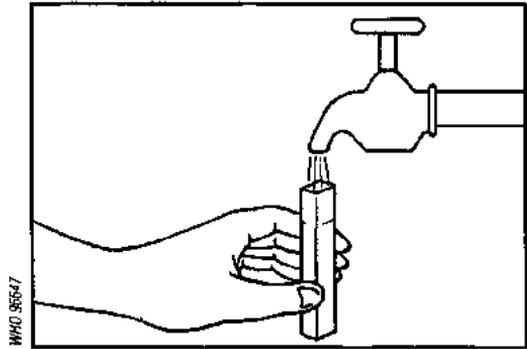
**A.** Enjuagar una celda del comparador dos o tres veces y llenarla después hasta la señal con la muestra de agua.



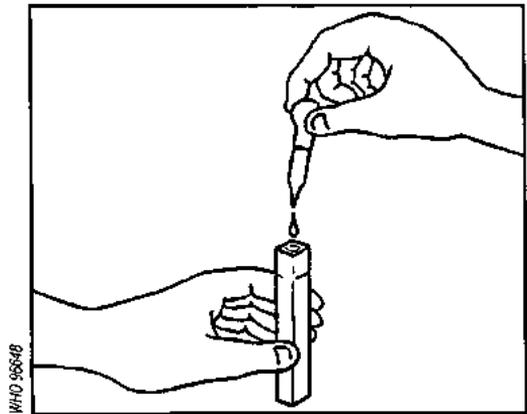
**B.** Colocar la celda en el lugar adecuado del comparador, que estará en línea con los patrones coloreados (B).



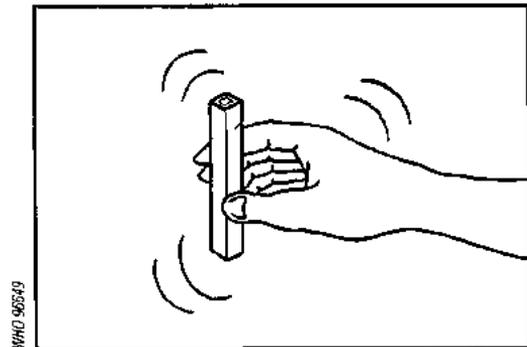
**C.** Enjuagar la otra celda y llenarla con la misma agua.



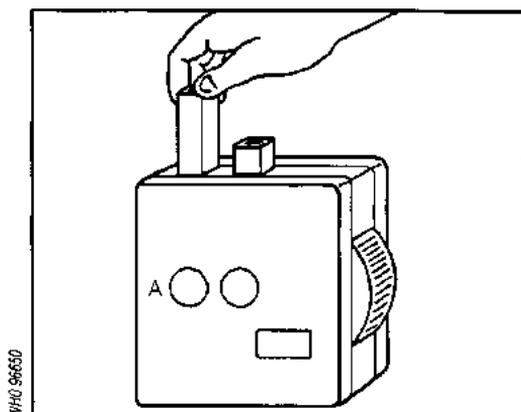
**D.** Añadir reactivo a la segunda celda, siguiendo las instrucciones del fabricante.



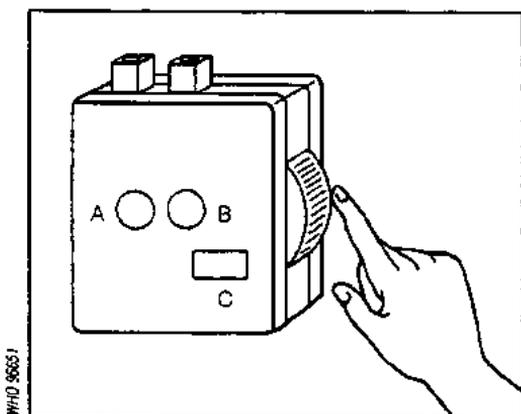
**E.** Agitar la celda (durante no más de 3-5 segundos) para mezclar el reactivo.



**F.** Colocar la celda en el comparador (A).



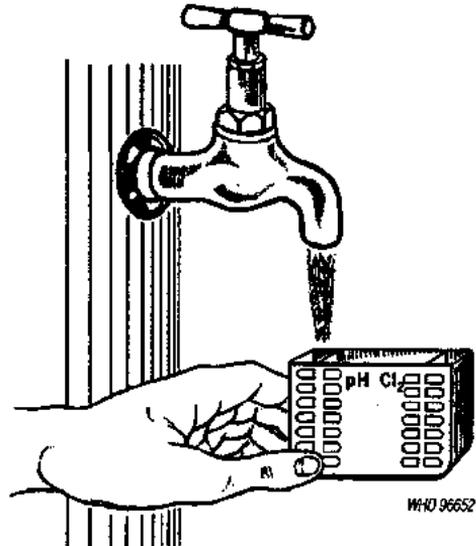
**G.** Sosteniendo el comparador de cara a una buena luz natural, hacer girar el disco hasta que el color de un patrón (B) sea el mismo que el desarrollado por el reactivo (A). Inmediatamente (es decir, en menos de 20 segundos) leer en C el valor de cloro libre en mg/litro.



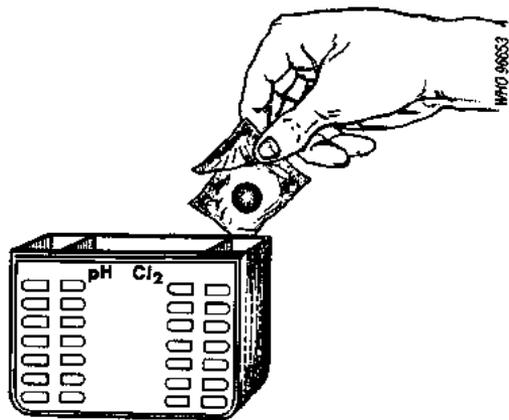
## A9.2 Método del comparador de colores

A continuación se resume el procedimiento que se emplea para usar un comparador de colores. Hay comparadores de tubos y otros de discos; el procedimiento es el mismo en todos los casos.

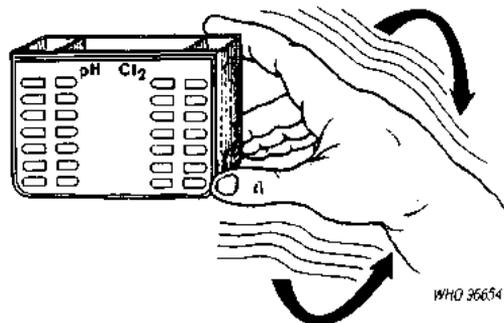
**A.** Enjuagar bien el comparador con la misma agua que se va a analizar y llenarlo después hasta las marcas de los tubos de prueba y los de control.



**B.** Añadir el reactivo líquido o en forma de pastilla y mezclar bien para disolverlo. Para ello puede ser necesario aplastar la pastilla con una varilla de vidrio limpia.



**C.** Comparar el color rosa del compartimento de ensayo con los patrones del compartimento de control, enfocando el comparador hacia la luz natural. Expresar el resultado en mg/litro de cloro residual libre.

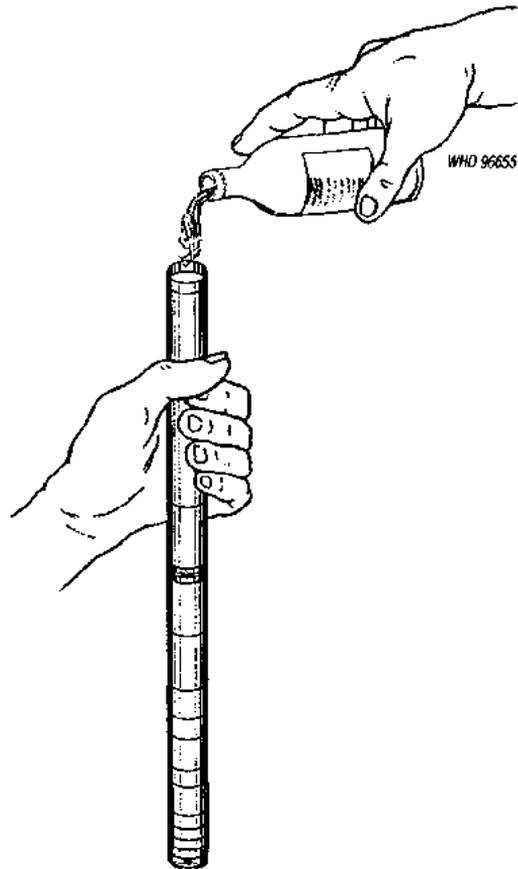


## Turbiedad y pH

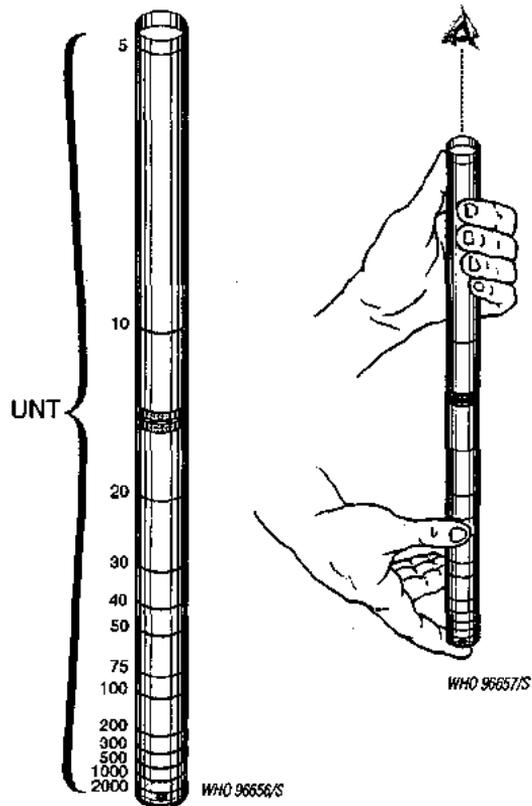
### A10.1 Medición de la turbiedad

Un nivel alto de turbiedad puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, simular el desarrollo de bacterias y ejercer una demanda importante de cloro. Cuando se practica una desinfección, la turbiedad debe ser siempre baja, por ejemplo, de menos de 5 UNT/UTJ, y para una desinfección eficaz lo ideal es que esté por debajo de 1 UNT. Para la medición de niveles de turbiedad de menos de 5 UNT se necesitarán generalmente contadores electrónicos. En cambio, los niveles de turbiedad de 5 UNT en adelante pueden medirse aplicando métodos de extinción sencillos, que son mucho más económicos y no necesitan materiales consumibles. Estos últimos métodos pueden ser preferibles en el caso de la vigilancia de los abastecimientos a las comunidades pequeñas de los países en desarrollo. A continuación se describe el procedimiento aplicable para la determinación de la turbiedad mediante un método de extinción.

**A.** Verter lentamente el agua en el tubo de turbiedad, evitando cuidadosamente la formación de burbujas. Llenarlo hasta que desaparezca la marca del fondo del tubo.



**B.** Leer la turbiedad en la escala impresa a lo largo del tubo. El valor es el que corresponde a la línea más próxima al nivel del agua en el tubo. La escala no es lineal, y, por lo tanto, no se recomienda extrapolar los valores situados entre las líneas.



## A10.2 Medición del pH

### A10.2.1 Método electrónico

Para el método electrónico de medición del pH se necesitan un instrumento electrónico de pH y un electrodo, así como soluciones tampón de pH a un pH de 4,0, 7,0 y 9,0.

Hay muchos tipos de instrumentos de pH; los menos costosos suelen ser los «desechables», que pueden durar aproximadamente un año cuando se utilizan sobre el terreno. Los modelos portátiles más caros generalmente tienen electrodos reemplazables, y algunos pueden llevar baterías recargables para reducir costos.

La causa más común de avería de un contador de pH es un defecto del electrodo, que generalmente se produce por deficiencias en el almacenamiento y el mantenimiento del mismo cuando no se utiliza. Hay que evitar que el electrodo se seque, y debe conservarse en una solución tampón de pH 4,0. También se le debe proteger de golpes y vibraciones que podrían romper la bombilla de vidrio.

A continuación se describe el método de calibrado:

- a) Poner en marcha el contador de pH y seleccionar el pH (si el contador tiene varias funciones).
- b) Comprobar si el electrodo está conectado.
- c) Utilizar soluciones tampón de pH listas para su empleo (polvos tampón de pH mezclados con agua destilada siguiendo las instrucciones del fabricante), poner el electrodo de pH a un tampón de pH 7,0 y ajustar el contador si es necesario.
- d) Enjuagar el electrodo en agua destilada y transferirlo a un tampón pH 4,0; ajustar el contador si es necesario.
- e) Enjuagar el electrodo en tampón pH 9,0 y ajustar el contador si es necesario.
- f) Comprobar el contador en las tres soluciones tampón. Si la lectura no es correcta, repetir el procedimiento. Si no se puede ajustar de modo que dé una lectura correcta en todos los tampones, es muy posible que la causa esté en un defecto o un mal funcionamiento del electrodo.

Ahora el contador está a punto para utilizarlo en el análisis de la muestra de agua; el calibrado del contador debe efectuarse diariamente.

### A10.2.2 Método del disco comparador

El método del disco comparador para medir el pH requiere el material siguiente: un comparador, discos de color – según la gama deseada (véase más adelante) – y los reactivos de la lista siguiente:

universal	pH 4–11
rojo de fenol	pH 6,8–8,4
azul de bromotimol	pH 6,0–7,6
púrpura de bromotimol	pH 5,2–6,8
azul de timol	pH 8,0–9,6

Para la mayoría de las aguas naturales bastarán el reactivo universal y el rojo de fenol. Si se necesita más precisión en una gama determinada, habrá que adquirir el disco y los reactivos apropiados.

El aparato comparador suele ser adecuado para todos los discos, de modo que bastará disponer de uno. El método de uso es parecido para todas las gamas de pH:

- a) Poner una muestra de agua en las cubetas de vidrio o plástico suministradas.
- b) Añadir las tabletas, los polvos o las gotas de reactivo siguiendo las instrucciones del fabricante.
- c) Seleccionar el disco del color apropiado y colocarlo en el aparato comparador.
- d) Colocar las cubetas en el aparato.
- e) Llevarse el comparador a la altura del ojo, de cara a la luz natural del día (pero no directamente a la luz del sol).
- f) Hacer girar el disco y observar hasta que el color coincida con el de la muestra de agua.
- g) Leer el valor de pH en el disco.

Si el pH no está en la gama del disco, seleccionar los reactivos y el disco apropiados y repetir la operación.

## **Ejemplos de formularios para los informes regionales y nacionales sobre vigilancia de los abastecimientos de agua y sobre la cobertura con instalaciones básicas de saneamiento**

El presente anexo contiene ejemplos de formularios para un inventario nacional de los componentes de los abastecimientos de agua en las zonas rurales (figura A11.1), para la inspección sanitaria de los sistemas de abastecimiento alimentados por gravedad con agua de manantiales protegidos sin tratamiento (figura A11.2), sobre vigilancia de la calidad de los abastecimientos de agua rurales (figura A11.3), y sobre la cobertura regional y nacional de las zonas rurales con instalaciones de saneamiento (figuras A11.4 y A11.5).

**Fig. A11.1** *Inventario nacional de los componentes de los abastecimientos de agua en las zonas rurales*

<b>Componente</b>	<b>Totales nacionales</b>
Número de sistemas	
Número de manantiales protegidos	
Número de tomas de aguas de superficie	
Estaciones de tratamiento:	
— número de sedimentadoras	
— número de sistemas con dosificación de coagulante	
— número de sistemas con floculadora	
— número de sistemas con filtrado lento en arena	
— número de filtros de arena lentos	
— número de sistemas con filtrado rápido en arena	
— número de filtros de arena rápidos	
— número de depósitos de almacenamiento	

**Fig. A11.2 Inspecciones sanitarias de sistemas de abastecimiento alimentados por gravedad con agua procedente de manantiales protegidos sin tratamiento**

Inspección	Totales nacionales
<i>Manantiales:</i>	
— con protección	
— con tapa higiénica	
— cerrados con llave	
— con valla o muro	
— con zanja para desviar las aguas de superficie	
— con evacuación de excretas en las cercanías	
<i>Líneas de conducción:</i>	
— con pérdidas visibles	
<i>Depósitos:</i>	
— con tapa higiénica	
— cerrados con llave	
<i>Desinfección:</i>	
— con equipo	
— con existencias de cloro	
— en funcionamiento en el momento de la inspección	
<i>Líneas de aducción:</i>	
— con pérdidas visibles	
<i>Redes de distribución:</i>	
— con pérdidas visibles	
— con presión constante	
<i>Puntuación media del riesgo:</i>	



**Fig. A11.4 Cobertura regional con instalaciones de saneamiento en las zonas rurales**

Departamento:

Provincia:

Comunidad	Población total	Agua		Evacuación de excretas			
		Conexión doméstica	Fuente pública	Letrina privada	Letrina comunal	Fosa séptica	Alcantarillado
Subtotales de la provincia							
Subtotales del departamento							

**Fig. A11.5 Cobertura nacional con instalaciones de saneamiento en las zonas rurales**

	<b>Totales nacionales</b>
<i>Agua:</i>	
— conexión doméstica	%
— fuente pública	%
<i>Evacuación de excretas:</i>	
— letrina privada	%
— letrina comunal	%
— fosa séptica	%
— alcantarillado	%

**Nuestro planeta, nuestra salud.  
Informe de la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la OMS.**

Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud,  
1993 (xxxvii + 301 páginas) \* Fr. s. 45,-

**Gestión financiera del abastecimiento  
de agua y del saneamiento. Manual.**

1995 (x + 80 páginas) \* Fr. s. 20,-

**Operation and maintenance of urban water supply  
and sanitation systems. A guide for managers.**

1994 (111 páginas) \* Fr. s. 11,-

**Salud ambiental en el desarrollo urbano.**

Informe de un Comité de Expertos de la OMS  
OMS, Serie de Informes Técnicos, N° 807  
1991 (vi + 70 páginas) \* Fr. s. 11,-

**Tecnología del abastecimiento de agua y del  
saneamiento en los países en desarrollo.**

Informe de un Grupo de Estudio de la OMS  
OMS, Serie de Informes Técnicos, N° 742,  
1987 (40 páginas) \* Fr. s. 7,-

**Desagües de superficie para  
comunidades de bajos ingresos.**

1991 (vi + 94 páginas) \* Fr. s. 16,-

**Guía para el desarrollo del saneamiento in situ.**

R. Franceys et al., 1994 (viii + 259 páginas) \* Fr. s. 47,-

**Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales  
y excretas en agricultura y acuicultura: medidas de  
protección de la salud pública.**

D. Mara y S. Cairncross, 1990 (xviii + 213 páginas) \* Fr. s. 35,-

Para más detalles sobre estas u otras publicaciones de la OMS, sírvanse  
dirigirse a Distribución y Ventas, Organización Mundial de la Salud,  
1211 Ginebra 27, Suiza.

*\*Para los países en desarrollo se aplicarán precios equivalentes al 70%  
de los que figuran en esta lista.*



La primera edición de las *Guías para la calidad del agua potable*, publicada en 1985-1987 y ampliamente utilizada como base para el establecimiento de normas nacionales dirigidas a garantizar la inocuidad del abastecimiento de agua, contenía valores guía para gran número de componentes y contaminantes, que se examinaban en sus aspectos microbiológicos, biológicos, químicos, organolépticos y radiológicos. Esta nueva edición pasa revista a todos los valores guía recomendados en los volúmenes 1 y 2, que se actualizaron, cuando procedía, a la luz de la nueva información científica disponible. Además, se evalúan numerosos contaminantes del agua de bebida no incluidos en la primera edición.

El volumen 3 describe los métodos utilizados en la vigilancia de la calidad del agua potable teniendo en cuenta los problemas especiales del suministro en las pequeñas comunidades, particularmente en los países en desarrollo, y destaca las estrategias necesarias para asegurar que la vigilancia sea eficaz. Aborda también el vínculo existente entre la vigilancia y las medidas correctivas, y la forma que deben adoptar esas medidas.

Precio: Fr. s. 72,-  
Precio en los países en desarrollo: Fr. s. 50,40  
ISBN 92 4 354503 5