

4

Planes de seguridad del agua

La forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo es aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. Este tipo de planteamientos se denominan, en el presente documento, «planes de seguridad del agua» (PSA). El enfoque basado en los PSA se ha desarrollado para organizar y sistematizar las prácticas de gestión del agua de consumo aplicadas desde hace largo tiempo y para garantizar que dichas prácticas son aptas para gestionar la calidad del agua de consumo. Se basa en muchos de los principios y conceptos aplicados en otros sistemas de gestión de riesgos, en particular en el sistema de barreras múltiples y en el APPCC (análisis de peligros y de puntos críticos de control), según se aplican en la industria alimentaria.

Este capítulo se centra en los principios de los PSA, pero no constituye una guía completa sobre su aplicación. En el documento complementario *Water Safety Plans* (apartado 1.3) se proporciona información adicional acerca del desarrollo de un PSA.

Algunos componentes de un PSA se incluirán frecuentemente entre las prácticas habituales del proveedor de agua de consumo o formarán parte de las prácticas correctas de referencia, pero sin consolidarse en un PSA integral; puede ser el caso de sistemas de garantía de la calidad como, por ejemplo, el ISO 9001:2000. Las prácticas adecuadas de gestión existentes son una base adecuada para integrar los principios de los PSA; no obstante, es posible que dichas prácticas no incluyan mecanismos de determinación de peligros y de evaluación de riesgos diseñados específicamente como punto de partida para la gestión del sistema.

Los PSA pueden ser de complejidad variable, en función de la situación. En muchos casos, serán bastante sencillos, y se centrarán en los peligros fundamentales determinados para el sistema en cuestión. En el texto que sigue se proporcionan muy diversos ejemplos de medidas de control, pero no debe interpretarse que todas sean pertinentes en todos los casos. Los PSA constituyen un poderoso instrumento que permite al proveedor de agua de consumo gestionar su abastecimiento en condiciones seguras. Además, facilitan la vigilancia por las autoridades de salud pública.

Preferiblemente, debe diseñarse un PSA para cada sistema concreto de abastecimiento de agua de consumo. No obstante, en el caso de sistemas de abastecimiento pequeños esto puede no ser realista, por lo que se elaboran PSA diseñados para tecnologías específicas o bien modelos de PSA que incluyen guías para su desarrollo. La elaboración de los PSA de los sistemas más pequeños será con frecuencia realizada por un órgano estatutario o una organización externa acreditada. En estos casos, puede ser preciso proporcionar también orientación sobre el almacenamiento, manipulación y uso del agua en los hogares. Los planes que contemplen aspectos relativos al uso doméstico del agua deben estar vinculados a un programa educativo en materia de higiene y a la difusión de consejos a los hogares para el mantenimiento de la inocuidad del agua.

Un PSA comprende tres componentes fundamentales (figura 4.1), guiados por metas de protección de la salud (consulte el capítulo 3) y supervisados mediante la vigilancia del abastecimiento de agua de consumo (consulte el capítulo 5). Son los siguientes.

- *Evaluación del sistema* para determinar si la cadena de abastecimiento de agua de consumo (hasta el punto de consumo) en su conjunto puede proporcionar agua cuya calidad cumpla las metas de protección de la salud. Se incluye también la evaluación de los criterios de diseño de los sistemas nuevos;
- Determinación de las medidas que, de forma colectiva, controlarán los riesgos identificados en un sistema de abastecimiento de agua de consumo y garantizarán el cumplimiento de las metas de protección de la salud. Para cada medida de control determinada, debe definirse un medio adecuado de *monitoreo operativo* que garantice la detección rápida y oportuna de cualquier desviación con respecto al funcionamiento requerido; y
- *Planes de gestión* que describan las medidas que deben adoptarse durante el funcionamiento normal y cuando se produzcan incidentes, y que documenten los planes de evaluación (incluidos los relativos a las ampliaciones y mejoras), monitoreo y comunicación del sistema, así como los programas complementarios.

Un PSA comprende, como mínimo, las tres medidas esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo de las que es responsable el proveedor de agua. Son las siguientes:

- evaluación del sistema;
- monitoreo operativo eficaz; y
- gestión.

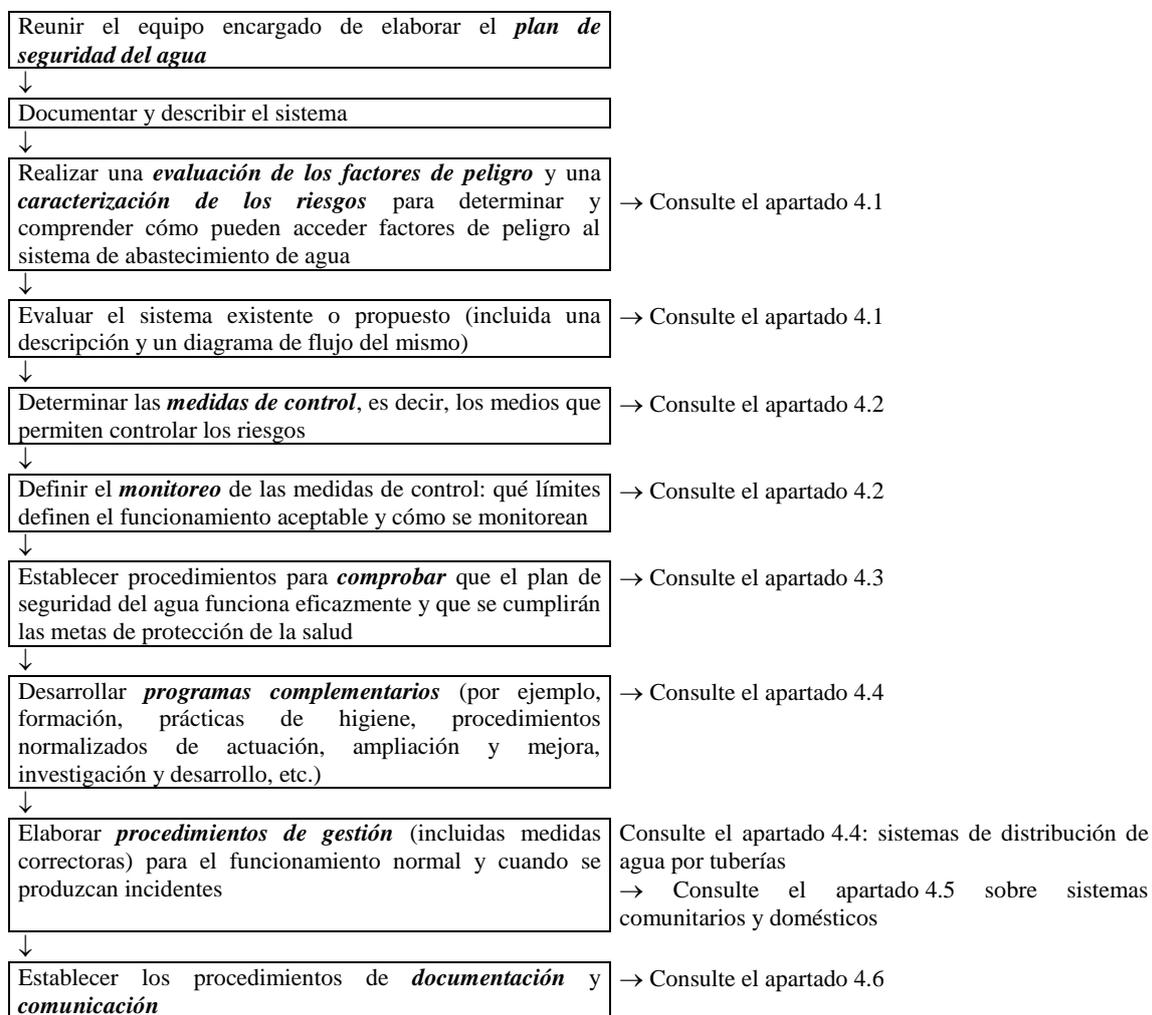


Figura 4.1 Resumen de las etapas fundamentales de la elaboración de un plan de seguridad del agua (PSA)

Los objetivos principales de un PSA para garantizar la aplicación de prácticas adecuadas en el abastecimiento de agua de consumo son la reducción al mínimo de la contaminación de las aguas de origen, la reducción o eliminación de los contaminantes mediante operaciones de tratamiento y la prevención de la contaminación durante el almacenamiento, la distribución y la manipulación del agua de consumo. Estos objetivos son aplicables tanto a los grandes sistemas de distribución de agua por tuberías, como a los pequeños sistemas de abastecimiento comunitarios y a los sistemas domésticos, y pueden alcanzarse por medio de:

- el conocimiento del sistema concreto y de su capacidad de suministrar agua que cumpla las metas de protección de la salud;
- la determinación de las posibles fuentes de contaminación y del modo en que pueden controlarse;
- la validación de las medidas de control empleadas para combatir los factores de peligro;
- la aplicación de un sistema de monitoreo de las medidas de control adoptadas en el sistema de abastecimiento de agua;

- la adopción en un plazo suficiente de medidas correctoras para garantizar el suministro continuo de agua inocua; y
- la verificación de la calidad del agua de consumo, con el fin de comprobar la correcta ejecución del PSA y que su eficacia es la precisa para cumplir las normas u objetivos de calidad del agua pertinentes de ámbito nacional, regional y local.

Para poder confiar el control de los factores de peligro y sucesos peligrosos en el PSA implantado para dicho fin, éste debe basarse en información técnica exacta y confiable. El procedimiento de obtención de pruebas de la eficacia de un PSA se conoce como validación. La información puede obtenerse de organismos sectoriales pertinentes, de la asociación y comparación con autoridades de mayor tamaño (para un mayor aprovechamiento de los recursos compartidos), de publicaciones científicas y técnicas, y de las opiniones de expertos. Es necesario validar, para cada sistema analizado, los supuestos y las especificaciones de los fabricantes correspondientes a cada equipo y cada barrera, para asegurarse de que los equipos o barrera son eficaces en dicho sistema. Es fundamental que la validación sea específica para cada sistema, ya que las diferencias en la composición del agua, por ejemplo, pueden afectar en gran medida a la eficacia de determinadas operaciones de eliminación de contaminantes.

La validación incluye normalmente un monitoreo más general e intenso que el monitoreo operativo sistemático, para determinar si el rendimiento de las unidades del sistema es el supuesto en la evaluación del sistema. Mediante este proceso se determinan con frecuencia los modos de funcionamiento más eficaces y robustos, lo cual permite mejorar el funcionamiento del sistema. Otras posibles ventajas del proceso de validación son la determinación de parámetros de monitoreo operativo más adecuados para medir el rendimiento de los equipos.

La verificación de la calidad del agua de consumo proporciona información sobre el funcionamiento general del sistema de abastecimiento de agua y sobre la calidad final del agua suministrada a los consumidores. Comprende el monitoreo de la calidad del agua de consumo y la evaluación del grado de satisfacción de los consumidores.

La elaboración y aplicación de un PSA debe ser una de las responsabilidades de toda entidad que gestione un sistema de abastecimiento de agua de consumo. Este plan debe normalmente ser examinado y aprobado por la autoridad responsable de la protección de la salud pública, para garantizar que la calidad del agua suministrada cumple las metas de protección de la salud establecidas.

Cuando no exista un proveedor formal del servicio, la autoridad competente, nacional o regional, deberá actuar como fuente de información y orientación acerca de la forma adecuada de gestionar las fuentes de abastecimiento de agua de consumo comunitarias e individuales. Su responsabilidad incluirá la definición de requisitos relativos al monitoreo operativo y la gestión. En tales circunstancias, los medios de verificación dependerán de la capacidad de las autoridades y comunidades locales y deberán estar definidos en la política nacional.

4.1 Evaluación y diseño de sistemas de abastecimiento de agua

La primera fase del desarrollo de un PSA es la creación de un equipo multidisciplinar de expertos con un conocimiento profundo del sistema de abastecimiento de agua de consumo al que se aplicará el plan. Típicamente, dicho equipo contará con personas con conocimientos sobre cada fase del sistema de abastecimiento de agua de consumo, como ingenieros, gestores de cuencas de captación y recursos hídricos, especialistas en calidad del agua, profesionales especializados en medio ambiente o salud pública o higiene, personal operativo y representantes de los consumidores. En la mayoría de los casos, el equipo incluirá a miembros de varias instituciones y debería contar con algunos miembros independientes, por ejemplo de organizaciones de profesionales o de universidades.

La gestión eficaz del sistema de abastecimiento de agua de consumo exige un conocimiento completo del sistema, de la diversidad y magnitud de los peligros que pueden existir, y de la capacidad de los procesos e infraestructuras existentes para abordar los riesgos efectivos o potenciales. También es necesario evaluar las capacidades para cumplir las metas. Cuando se planifica un sistema nuevo o la ampliación de uno existente, la primera etapa del desarrollo de un PSA es la recopilación y evaluación de toda la información pertinente disponible y el estudio de los riesgos que pueden surgir durante el suministro del agua a los consumidores.

La gestión de riesgos eficaz exige la determinación de los peligros potenciales y de sus fuentes, así como de los posibles sucesos peligrosos, y una evaluación del nivel de riesgo que presenta cada uno. En este contexto:

- ❑ un **peligro** es un agente biológico, químico, físico o radiológico con capacidad para ocasionar daños;
- ❑ un **suceso peligroso** es un incidente o situación que puede conducir a la presencia de un peligro (lo que puede ocurrir y cómo); y
- ❑ **riesgo** es la probabilidad de que los peligros identificados ocasionen daños a las poblaciones expuestas en un plazo temporal especificado, incluida la magnitud del daño o de sus consecuencias.

La evaluación del sistema de abastecimiento de agua de consumo es la base de las etapas subsiguientes de la elaboración del PSA en las que se planifican y ejecutan estrategias eficaces para el control de los peligros.

La elaboración de un diagrama de flujo facilita el examen y la evaluación de un sistema de abastecimiento de agua de consumo. Los diagramas proporcionan una descripción resumida del sistema de abastecimiento de agua de consumo, incluida la caracterización de la fuente de abastecimiento, la determinación de las fuentes de contaminación potenciales en la cuenca de captación, las medidas de protección de los recursos hídricos y de la fuente de abastecimiento, las operaciones de tratamiento, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución. Es fundamental que la representación del sistema de abastecimiento de agua de consumo sea conceptualmente exacta. Si el diagrama de flujo no es correcto, pueden pasarse por alto peligros potenciales que podrían ser importantes. Para garantizar su exactitud, el diagrama de flujo debe validarse cotejándolo visualmente con las características del sistema observadas sobre el terreno.

Los datos acerca de la presencia de agentes patógenos y sustancias químicas peligrosas en el agua de origen, junto con información relativa a la eficacia de los controles existentes permiten determinar si es posible cumplir las metas de protección de la salud con las infraestructuras existentes. Facilitan asimismo la determinación de medidas de gestión de la cuenca de captación, operaciones de tratamiento y condiciones de funcionamiento del sistema de distribución que, según cabría esperar razonablemente, permitirían cumplir dichas metas si fuera preciso realizar mejoras.

Para garantizar la exactitud de la evaluación, es fundamental considerar de forma simultánea todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua de consumo (protección de los recursos hídricos y de la fuente de abastecimiento, tratamiento y distribución), así como tener en cuenta las interacciones e influencias entre los diferentes componentes y su efecto global.

Con frecuencia, puede ser más eficaz invertir en medidas de prevención en la cuenca de captación que en grandes infraestructuras de tratamiento para controlar un factor de peligro.

4.1.1 Sistemas nuevos

Cuando se investiguen o desarrollen fuentes de abastecimiento de agua de consumo, es prudente realizar una amplia gama de análisis para determinar la inocuidad general y las posibles fuentes de contaminación de la fuente de abastecimiento de agua de consumo. Se incluirán normalmente análisis hidrológicos, evaluaciones geológicas e inventarios de los usos de la tierra para determinar los potenciales contaminantes químicos y radiológicos.

Cuando se diseñen sistemas nuevos, deberán tenerse en cuenta todos los factores de la calidad del agua en la selección de tecnologías para la extracción y tratamiento de los recursos hídricos nuevos. Deberá tenerse en cuenta la variabilidad, posiblemente grande, de la turbidez y otros parámetros de las aguas superficiales sin tratar. Las plantas de tratamiento no deben diseñarse teniendo en cuenta los parámetros promedio de calidad del agua sino las variaciones conocidas o que puedan producirse previsiblemente con una frecuencia significativa; en caso contrario, los filtros pueden saturarse rápidamente o pueden sobrecargarse los depósitos de sedimentación. La capacidad corrosiva de algunas aguas subterráneas puede afectar a la integridad de las bombas y del revestimiento de los pozos sondeo, aumentando hasta niveles inaceptablemente altos la concentración de hierro en el agua y ocasionando, en último término, roturas y reparaciones costosas. Este fenómeno puede reducir tanto la calidad como la disponibilidad del agua de consumo y hacer peligrar la salud pública.

4.1.2 Recopilación y evaluación de datos disponibles

El cuadro 4.1 proporciona ejemplos de aspectos que deben tenerse en cuenta normalmente en la evaluación de un sistema de abastecimiento de agua de consumo. En la mayoría de los casos, para analizar una cuenca de captación será necesario consultar con las autoridades de salud pública y con otros sectores, incluidos los usuarios de las tierras y de las aguas y todos los estamentos que regulan las actividades en la cuenca de captación. Es importante seguir un método estructurado, para asegurarse de que no se pasan por alto aspectos significativos y de que se determinan los principales factores de riesgo.

La evaluación general del sistema de abastecimiento de agua de consumo deberá tener en cuenta los datos históricos sobre calidad del agua existentes, que ayudan a comprender las características del agua de origen y el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua de consumo tanto a lo largo del tiempo como tras determinados sucesos (por ejemplo, tras lluvias copiosas).

Determinación del orden de prioridad de los factores de peligro para su control

Una vez que se han determinado los factores de peligro potenciales y sus fuentes, deberán compararse los riesgos asociados a cada factor de peligro o suceso peligroso, de modo que puedan establecerse y documentarse las prioridades de la gestión de riesgos. Aunque existen numerosos contaminantes que pueden hacer peligrar la calidad del agua de consumo, no será preciso prestar el mismo grado de atención a todos los factores de peligro.

El riesgo asociado a cada factor de peligro o suceso peligroso puede describirse determinando la probabilidad de que se produzca (por ejemplo, cierta, posible o excepcional) y evaluando la gravedad de las consecuencias en caso de producirse (por ejemplo, insignificantes, graves o catastróficas). El objetivo deberá ser distinguir entre los factores de peligro o sucesos peligrosos importantes y los que son menos importantes. Para ello, habitualmente se utiliza una matriz semicuantitativa.

Las matrices de puntuación sencillas aplican habitualmente información técnica obtenida de directrices, publicaciones científicas y prácticas de la industria junto con juicios de expertos bien informados corroborados por expertos externos o comparación con sistemas de referencia. La puntuación es específica para cada sistema de abastecimiento de agua de consumo, ya que cada sistema es único. Cuando se elaboran PSA genéricos para las tecnologías utilizadas por los sistemas de abastecimiento de agua de consumo pequeños, la puntuación será específica para la tecnología en cuestión y no para el sistema de abastecimiento de agua de consumo individual.

El uso de un sistema de puntuación semicuantitativo permite establecer el orden de prioridad de las medidas de control correspondientes a los peligros más significativos. Pueden aplicarse diversos sistemas para determinar la importancia de los riesgos.

Cuadro 4.1 Ejemplos de información útil para evaluar un sistema de abastecimiento de agua de consumo

Componente del sistema de abastecimiento de agua de consumo	Información que debe tenerse en cuenta al evaluar el componente del sistema de abastecimiento de agua de consumo
Cuencas de captación	<ul style="list-style-type: none">• Geología e hidrología• Pautas meteorológicas y climáticas• Salud general de cuenca de captación y río(s)• Fauna y flora• Otros usos del agua• Tipo e intensidad de desarrollo y usos de las tierras• Otras actividades realizadas en la cuenca de captación que pueden potencialmente liberar contaminantes al agua de origen• Actividades futuras previstas
Aguas superficiales	<ul style="list-style-type: none">• Descripción del tipo de masa de agua (por ejemplo, río, embalse, presa)• Características físicas (por ejemplo, tamaño, profundidad, estratificación térmica, altitud)• Caudal y fiabilidad del agua de origen• Tiempos de retención• Constituyentes del agua (físicos, químicos, microbianos)• Protección (por ejemplo, cercados, accesos)• Actividades recreativas y otras actividades humanas• Transporte del agua a granel
Aguas subterráneas	<ul style="list-style-type: none">• Acuíferos confinados o no confinados• Características hidrogeológicas del acuífero• Caudal unitario y dirección

	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de dilución • Zona de recarga • Protección de la boca del pozo • Profundidad de revestimiento • Transporte del agua a granel
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de tratamiento (incluidas las optativas) • Diseño de los equipos • Equipos de monitoreo y de operación automática • Sustancias químicas utilizadas en el tratamiento del agua • Rendimientos del tratamiento • Eliminación de agentes patógenos mediante desinfección • Residuo de desinfectante / tiempo de contacto
Embalses de servicio y distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de los embalses • Tiempos de retención • Variaciones estacionales • Protección (por ejemplo, cubiertas, cercado, accesos) • Diseño del sistema de distribución • Condiciones hidráulicas (por ejemplo, edad del agua, presiones, caudales) • Protección contra el reflujos • Residuos del desinfectante(s)

En el cuadro 4.2 se proporciona un ejemplo de matriz de puntuación de riesgos. La aplicación de esta matriz se basa en una medida significativa en juicios de expertos acerca de los riesgos para la salud que ocasionan los factores de peligro o sucesos peligrosos.

Cuadro 4.2 Ejemplo de matriz de puntuación sencilla para la clasificación de los riesgos por orden de importancia

Probabilidad	Gravedad de las consecuencias				
	Insignificante	Leve	Moderada	Grave	Catastrófica
Casi cierta					
Probable					
Moderadamente probable					
Improbable					
Excepcional					

El cuadro 4.3 muestra un ejemplo de definiciones de descriptores que pueden utilizarse para evaluar la probabilidad y la gravedad de las consecuencias. Debe determinarse un umbral por encima del cual todos los peligros requerirán atención inmediata. No tiene mucho sentido destinar grandes esfuerzos a abordar riesgos muy pequeños.

Cuadro 4.3 Ejemplos de definiciones de categorías de probabilidad y gravedad que pueden utilizarse en la puntuación de los riesgos

Elemento	Definición
<i>Categorías de probabilidad</i>	
Casi cierta	Una vez al día
Probable	Una vez por semana
Moderadamente probable	Una vez al mes
Improbable	Una vez al año
Excepcional	Una vez cada 5 años
<i>Categorías de gravedad</i>	
Catastrófica	Potencialmente letal para una población grande
Grave	Potencialmente letal para una población pequeña
Moderada	Potencialmente dañino para una población grande
Leve	Potencialmente dañino para una población pequeña
Insignificante	No produce ningún efecto o no es detectable

Medidas de control

La evaluación y planificación de las medidas de control debe garantizar el cumplimiento de las metas de protección de la salud y debe basarse en la determinación y evaluación de los factores de peligro. El grado de control aplicado a un factor de peligro debe ser proporcional a la importancia asignada al mismo. La evaluación de las medidas de control conlleva:

- determinar las medidas de control existentes para cada factor de peligro o suceso peligroso significativo, de la cuenca de captación al consumidor;
- evaluar si las medidas de control, tomadas en su conjunto, controlan eficazmente el riesgo, reduciéndolo a niveles aceptables; y
- en caso de que se necesite realizar mejoras, evaluar las medidas de control alternativas y adicionales que podrían aplicarse.

Las medidas de control son aquellas operaciones que se realizan en el sistema de abastecimiento de agua de consumo que afectan directamente a la calidad del agua y que, en su conjunto, garantizan el cumplimiento sistemático de las metas de protección de la salud. Son actividades y operaciones que se aplican para evitar que los peligros lleguen a producirse.

La determinación y aplicación de las medidas de control debe basarse en el principio de las barreras múltiples. La ventaja de este sistema es que el fallo de una barrera puede compensarse mediante el funcionamiento eficaz de las barreras restantes, reduciendo así al mínimo la probabilidad de que los contaminantes lleguen a atravesar el sistema completo y alcancen concentraciones suficientes para perjudicar a los consumidores. Muchas de las medidas de control pueden contribuir al control de más de un factor de peligro, mientras que para el control eficaz de algunos factores de peligro puede ser preciso aplicar múltiples medidas de control. En los apartados siguientes se describen diversos ejemplos de medidas de control.

Todas las medidas de control son importantes y debe prestárseles atención continua. Deben someterse a monitoreo operativo y control, siendo los medios de seguimiento y la frecuencia de obtención de datos función del tipo de medida de control y de la rapidez con la que puede producirse el cambio (consulte el apartado 4.4.3).

4.1.3 Protección de los recursos y de la fuente

Una gestión eficaz de la cuenca de captación presenta numerosas ventajas. Al reducir la contaminación del agua de origen, se reducen las necesidades de tratamiento, lo que permite reducir al mínimo los costos operativos y la generación de subproductos del tratamiento.

Determinación de los factores de peligro

Es importante conocer el origen de las variaciones de la calidad del agua bruta, ya que influirá en las necesidades de tratamiento, en la eficacia del mismo y en el consiguiente riesgo para la salud asociado al agua tratada. En general, en la calidad del agua bruta influyen factores tanto naturales como derivados del uso humano. Son factores naturales importantes la fauna y flora, el clima, la topografía y la geología. Entre los factores derivados del uso humano se incluyen las fuentes de contaminación puntuales (por ejemplo, descargas de aguas residuales municipales e industriales) y las fuentes no puntuales (por

ejemplo, el agua de escorrentía urbana y agrícola, que puede contener sustancias químicas agrícolas, el ganado o el uso recreativo). Por ejemplo, las descargas de aguas residuales municipales pueden ser una importante fuente de agentes patógenos; el agua de escorrentía urbana y el ganado pueden aportar una carga microbiana considerable; las actividades recreativas que conllevan contacto de las personas con el agua pueden ser una fuente de contaminación fecal, y el agua de escorrentía agrícola puede dificultar las operaciones de tratamiento.

Tanto si el agua se obtiene de fuentes superficiales como subterráneas, es importante conocer las características de la cuenca de captación o acuífero local, así como determinar y controlar las situaciones que pudieran dar lugar a la contaminación del agua. Puede parecer que la competencia por el uso del agua y la presión por aumentar la presencia humana en la cuenca de captación limitan el grado en que pueden reducirse las actividades potencialmente contaminantes en la cuenca de captación; sin embargo, con frecuencia es posible aplicar medidas correctas de prevención de peligros sin restringir substancialmente las actividades, y la colaboración entre los interesados puede ser un potente instrumento para reducir la contaminación sin reducir el desarrollo beneficioso.

La protección de los recursos y de la fuente constituyen las primeras barreras en la protección de la calidad del agua de consumo. Si la gestión de la cuenca de captación no es competencia del proveedor de agua de consumo, la planificación y ejecución de las medidas de control deberán coordinarse con otros organismos, como autoridades de planificación, juntas de gestión de cuencas de captación, autoridades de reglamentación de los recursos medioambientales e hídricos, autoridades de tránsito, servicios de urgencia, y empresas agropecuarias, industriales u otras cuyas actividades afectan a la calidad del agua. Inicialmente, puede ser imposible aplicar todas las medidas de protección de los recursos y de la fuente; no obstante, debe darse prioridad a la gestión de la cuenca de captación. Se contribuirá así a fomentar el sentido de propiedad y responsabilidad conjunta de los recursos de agua de consumo por medio de organismos que representan a múltiples interesados y que evalúan los riesgos de contaminación y elaboran planes para reducir estos riesgos mediante la mejora de las prácticas de gestión.

Las aguas subterráneas de acuíferos profundos y confinados son habitualmente inocuas desde el punto de vista microbiológico y químicamente estables si no existe contaminación directa; sin embargo, los acuíferos poco profundos o no confinados pueden estar expuestos a contaminación por las descargas o filtraciones asociadas a las prácticas agropecuarias (por ejemplo, de agentes patógenos, nitratos y plaguicidas), las redes de saneamiento y alcantarillado locales (agentes patógenos y nitratos) y los residuos industriales. En una evaluación de los peligros deben tenerse en cuenta los siguientes factores de peligro y sucesos peligrosos que pueden afectar a las cuencas de captación:

- variaciones rápidas de la calidad del agua bruta;
 - descargas de las redes de alcantarillado y fosas sépticas;
 - descargas industriales;
 - uso de sustancias químicas (por ejemplo, de fertilizantes y plaguicidas agrícolas) en las zonas de captación;
 - grandes vertidos (incluidos los asociados a vías públicas y rutas de transporte), tanto accidentales como intencionados;
 - acceso de personas (por ejemplo, actividades recreativas);
 - fauna y ganado;
 - usos de la tierra (por ejemplo, ganadería, agricultura, silvicultura, industria, eliminación de residuos, minería) y cambios en dichos usos;
 - zonas de amortiguación y vegetación inadecuadas, erosión del suelo y roturas de trampas de sedimentos;
 - corrientes y descargas de aguas pluviales;
 - vertederos o minas, en uso o cerrados / lugares contaminados / residuos peligrosos;
 - factores geológicos (sustancias químicas de origen natural);
 - acuífero no confinado y poco profundo (incluidas las aguas subterráneas en contacto directo con aguas superficiales);
 - pozos sin revestimiento o con revestimiento inadecuado, con boca inadecuadamente protegida o utilizados en condiciones antihigiénicas; y
 - variaciones climáticas y estacionales (por ejemplo, lluvias copiosas, sequías) y catástrofes naturales.
- Otros factores y situaciones de peligro que pueden afectar a los embalses de almacenamiento y tomas de agua y que deben tenerse en cuenta en una evaluación de los peligros son los siguientes:
- acceso de personas / ausencia de zonas de exclusión;
 - generación de cortocircuitos en el embalse;
 - agotamiento de las reservas del embalse;

- retirada no selectiva de agua;
- ausencia de fuentes de agua alternativas;
- ubicación inadecuada de la toma de agua;
- floraciones de cianobacterias;
- estratificación; y
- averías de las alarmas o de los equipos de monitoreo.

Medidas de control

La protección eficaz de los recursos hídricos y fuentes de agua comprende las siguientes medidas:

- elaborar y ejecutar un plan de gestión de la cuenca de captación, que incluye medidas de control para proteger las aguas superficiales y los manantiales de aguas subterráneas;
- garantizar que la reglamentación sobre planificación protege los recursos hídricos (planificación de los usos de la tierra y gestión de la cuenca) de actividades potencialmente contaminantes, y que se vigila su aplicación; y
- fomentar la toma de conciencia por la comunidad sobre el efecto de las actividades humanas en la calidad del agua.

Algunos ejemplos de medidas de control para la protección eficaz del agua de origen y de las cuencas de captación son:

- determinación de usos autorizados y no autorizados;
- registro de las sustancias químicas utilizadas en las cuencas de captación;
- requisitos de protección específicos (por ejemplo, contención) para la industria química o para estaciones de combustible;
- desestratificación o mezcla del agua de los embalses para reducir la proliferación de cianobacterias o para reducir el hipolimnio anóxico y la solubilización del manganeso y hierro sedimentarios;
- ajuste del pH del agua de los embalses;
- control de las actividades humanas dentro de los límites de la cuenca de captación;
- control de los vertidos de aguas residuales;
- procedimientos de ordenación de los usos de la tierra y aplicación de normativas de ordenación y medioambientales para regular las actividades potencialmente contaminantes;
- inspecciones periódicas de las zonas de captación;
- diversión de los cauces locales de aguas pluviales;
- protección de las vías fluviales;
- intercepción de la escorrentía; y
- protección para impedir la manipulación.

De forma similar, algunas medidas de control para la protección eficaz de los sistemas de extracción y almacenamiento de agua son:

- uso, durante y después de periodos de lluvias copiosas, de los recursos hídricos almacenados disponibles;
- ubicación y protección adecuadas de la toma de agua;
- elección correcta de la profundidad del punto de extracción de agua de los embalses;
- construcción correcta de pozos, incluido su revestimiento e impermeabilizado, así como la protección de la boca;
- ubicación correcta de los pozos;
- uso de sistemas de almacenamiento de agua para que los tiempos de retención sean máximos;
- uso de sistemas adecuados de captación y drenaje del agua de lluvia en depósitos y embalses;
- protección para impedir el acceso de animales; y
- protección para impedir el acceso y la manipulación no autorizados.

Cuando se dispone de varias fuentes de agua, puede haber flexibilidad en la selección del agua destinada a tratamiento y suministro, de modo que puede evitarse utilizar agua de ríos y arroyos cuando su calidad sea deficiente (por ejemplo, tras lluvias copiosas), con el fin de reducir el riesgo y evitar posibles problemas en las operaciones de tratamiento subsiguientes.

La retención del agua en embalses puede reducir la concentración de microorganismos fecales por medio de la sedimentación e inactivación, incluida la desinfección por efecto de la radiación solar (ultravioleta [UV]), pero posibilita también la introducción de contaminantes. La mayoría de los microorganismos patógenos de origen fecal (patógenos entéricos) no sobreviven en el medio ambiente de forma indefinida. Una proporción considerable de las bacterias entéricas morirá al cabo de unas semanas. Los virus y protozoos entéricos suelen sobrevivir durante más tiempo (de semanas a meses), pero con frecuencia se eliminan por medio de la sedimentación y de la competencia de los microorganismos autóctonos. La retención permite también que sedimenten los materiales suspendidos, lo que aumenta la eficacia de la posterior desinfección y reduce la formación de subproductos de la desinfección (SPD).

Deben aplicarse las siguientes medidas de control de las fuentes de aguas subterráneas: proteger de la contaminación el acuífero y la zona próxima a la boca del pozo y garantizar la integridad física de la perforación (impermeabilización de la superficie, revestimiento intacto, etc.).

Se proporciona más información sobre el uso de indicadores en la caracterización de cuencas de captación en el capítulo 4 del documento complementario *Assessing Microbial Safety of Drinking Water* (consulte el apartado 1.3).

4.1.4 Tratamiento

Tras la protección del agua de origen, las siguientes barreras contra la contaminación del sistema de abastecimiento de agua de consumo son las operaciones de tratamiento del agua, incluidas la desinfección, y la eliminación de contaminantes por medios físicos.

Determinación de los factores de peligro

Pueden introducirse agentes peligrosos durante el tratamiento, o bien pueden producirse circunstancias peligrosas que permitan que concentraciones significativas de contaminantes resistan el tratamiento. En el proceso de tratamiento pueden introducirse en el agua de consumo componentes como los aditivos químicos utilizados o productos en contacto con el agua. La elevada turbidez esporádica del agua de origen puede saturar los procesos de tratamiento, permitiendo la contaminación del agua tratada y del sistema de distribución con patógenos entéricos. De forma similar, la filtración deficiente tras la descolmatación de los filtros puede ocasionar la introducción de agentes patógenos en el sistema de distribución.

Los siguientes son algunos de los factores de peligro y sucesos peligrosos que pueden afectar al rendimiento del tratamiento del agua de consumo:

- variaciones del caudal que superan los límites de diseño;
- operaciones de tratamiento, incluida la desinfección, inadecuadas o insuficientes;
- medios de reserva insuficientes (infraestructuras, personal);
- averías y funcionamiento deficiente de los sistemas de control de las operaciones o escasa fiabilidad de los equipos;
- uso de sustancias y materiales para el tratamiento del agua no autorizados o contaminados;
- errores en la dosificación de sustancias químicas;
- mezclado insuficiente;
- averías de las alarmas o de los equipos de monitoreo;
- cortes del suministro eléctrico;
- contaminación accidental o deliberada;
- catástrofes naturales;
- formación de SPD; y
- conexiones cruzadas con aguas contaminadas o aguas residuales, cortocircuitos internos.

Medidas de control

Algunas de las medidas de control que pueden incluirse son el tratamiento previo, la coagulación, floculación o sedimentación, la filtración y la desinfección.

El tratamiento previo comprende operaciones como el uso de prefiltros o microtamices, el almacenamiento independiente de la corriente y la filtración de orilla. Las opciones de tratamiento previo pueden ser compatibles con diversas operaciones de tratamiento de diverso grado de complejidad, desde la simple desinfección al procesado con membranas. El tratamiento previo puede reducir o estabilizar la carga microbiana, de materia orgánica natural y de partículas.

Las operaciones de coagulación, floculación, sedimentación (o flotación) y filtración retiran partículas del agua, incluidos los microorganismos (bacterias, virus y protozoos). Es importante optimizar y controlar las operaciones para lograr un rendimiento constante y confiable. La coagulación química es la etapa más importante para determinar la eficiencia de eliminación de partículas de las operaciones de

coagulación, floculación y clarificación. Además, afecta directamente a la eficiencia de eliminación de partículas de las unidades de filtración en medio granular y afecta indirectamente a la eficiencia de la desinfección. Aunque es improbable que la propia coagulación introduzca ningún microbio peligroso nuevo al agua tratada, en caso de avería o funcionamiento ineficiente podría aumentar la carga microbiana introducida en el sistema de distribución de agua de consumo.

En el tratamiento del agua de consumo se utilizan diversos procesos de filtración, incluida la filtración granular, la filtración lenta en arena, la filtración de precapa y la filtración de membrana (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa). Bien diseñada y funcionando correctamente, la filtración puede actuar como barrera permanente y eficaz contra microbios patógenos; en algunos casos, puede ser la única barrera (por ejemplo, para la eliminación de ooquistes de *Cryptosporidium* mediante filtración directa cuando se usa cloro como único desinfectante).

La aplicación de una concentración suficiente de desinfectante es un componente fundamental de la mayoría de los sistemas de tratamiento para lograr la reducción necesaria del riesgo microbiano. La aplicación del concepto $C \times t$ (producto de la concentración de desinfectante por el tiempo de contacto) para un pH y una temperatura determinados como medida del nivel de desinfección necesario para inactivar los microorganismos patógenos más resistentes garantiza también la eliminación eficaz de otros microbios más sensibles. Cuando se aplica un tratamiento de desinfección, debe estudiarse la adopción de medidas para reducir al mínimo la formación de SPD.

El tratamiento de desinfección utilizado con mayor frecuencia es la cloración, aunque existen otros tratamientos como la ozonización, la exposición a radiación UV, la cloraminación y la aplicación de dióxido de cloro. Estos métodos son muy eficaces para destruir las bacterias y pueden tener una eficacia razonable en la inactivación de virus (dependiendo del tipo) y de muchos protozoos, incluidos los de los géneros *Giardia* y *Cryptosporidium*. El método más práctico para la eliminación o inactivación eficaz de quistes y ooquistes de protozoos es la filtración, acompañada de coagulación o floculación (para reducir la concentración de partículas y la turbidez) y seguida de un tratamiento de desinfección (mediante un desinfectante o combinación de desinfectantes).

Los siguientes son ejemplos de tratamientos de control:

- coagulación o floculación y sedimentación;
- uso de sustancias químicas y materiales aprobados para el tratamiento del agua;
- control de las sustancias químicas utilizadas en el tratamiento del agua;
- controles del proceso;
- disponibilidad de sistemas de reserva;
- optimización del proceso de tratamiento del agua, con control de:
 - la dosificación de las sustancias químicas
 - la descolmatación de filtros por inyección
 - el caudal unitario
- el uso, en periodos en los que la calidad del agua bruta es deficiente, de agua almacenada; y
- protección para impedir el acceso y la manipulación no autorizados.

El almacenamiento del agua tras su desinfección, antes de su suministro a los consumidores, puede mejorar la desinfección al aumentar el tiempo de contacto de los desinfectantes con el agua. Este efecto puede ser particularmente beneficioso en el caso de los microorganismos más resistentes, como *Giardia* y algunos virus.

Puede obtenerse más información en el documento complementario *Water Treatment and Pathogen Control* (consulte el apartado 1.3).

4.1.5 Sistemas de distribución de agua por tuberías

El tratamiento del agua debe optimizarse, para evitar la proliferación de microorganismos, la corrosión de los materiales de las tuberías y la formación de depósitos, mediante medidas como las siguientes:

- eliminación continua y confiable de partículas y producción de agua de turbidez baja;
- precipitación y eliminación del hierro y manganeso disueltos (y en partículas);
- reducción al mínimo del remanente de coagulante residual (disuelto, coloidal o en partículas), que puede precipitar en los embalses y las tuberías;
- reducción, en lo posible, de la concentración de materia orgánica disuelta y especialmente del carbono orgánico fácilmente biodegradable, que sirve de alimento a los microorganismos; y

- mantenimiento de la capacidad corrosiva en valores que eviten dañar los materiales estructurales y el consumo de desinfectante.

El mantenimiento de una buena calidad del agua en el sistema de distribución será función del diseño y buen funcionamiento del sistema y de los procedimientos de mantenimiento y vigilancia aplicados para impedir la contaminación y para evitar y eliminar la acumulación de posos en el interior del sistema.

Puede obtenerse más información en el documento complementario *Safe Piped Water* (consulte el apartado 1.3).

Determinación de los factores de peligro

La protección del sistema de distribución es fundamental para proporcionar agua de consumo inocua. Dada la naturaleza del sistema de distribución, que puede comprender muchos kilómetros de tuberías, depósitos de almacenamiento e interconexiones con industrias usuarias, y la posibilidad de manipulación y vandalismo, es posible la contaminación microbiana y química del sistema.

Dicha contaminación del sistema de distribución puede producirse por los siguientes medios:

- por la entrada de agua contaminada procedente del subsuelo y, sobre todo, de las alcantarillas cercanas al sistema de distribución, debido a una presión baja en el interior de las tuberías o por el efecto de una «onda de presión» en el sistema (infiltración);
- por la succión de agua contaminada al sistema de distribución o embalse de almacenamiento ocasionada por el reflujo debido a una reducción de la presión interior de la tubería y por la existencia de una conexión física entre una fuente de agua contaminada y el sistema de almacenamiento o distribución;
- por medio de acueductos y embalses de almacenamiento de agua tratada abiertos o no protegidos, que están potencialmente expuestos a fuentes de contaminación fecal como el agua de escorrentía superficial y las heces de aves acuáticas y otros animales, y que pueden no estar protegidos contra actos de vandalismo o manipulación;
- por roturas de tuberías al reparar o sustituir tuberías existentes o al instalar tuberías nuevas, que pueden ocasionar la entrada en el sistema de tierra o materiales contaminados;
- por errores humanos que dan lugar a la conexión cruzada no intencionada de tuberías de aguas residuales o pluviales con el sistema de distribución de agua, o por conexiones ilegales o no autorizadas;
- por la disolución de sustancias químicas y metales pesados procedentes de materiales como tuberías, soldaduras o juntas, grifos y sustancias químicas utilizadas en la limpieza y desinfección de los sistemas de distribución; y
- por la difusión de gasolina o aceite a través de tuberías de plástico.

En cada uno de estos casos, si el agua contaminada contiene agentes patógenos o sustancias químicas peligrosas, es probable que los consumidores resulten expuestos.

Incluso si se utilizan residuos de desinfectantes para limitar la presencia de microbios, pueden ser insuficientes para combatir la contaminación o pueden ser ineficaces contra algunos o todos los tipos de agentes patógenos introducidos. En estos casos, puede haber presencia de patógenos en concentraciones suficientes para infectar y generar enfermedades.

Cuando el suministro de agua es intermitente, la consiguiente presión baja del agua permitirá la entrada al sistema de agua contaminada por puntos rotos, grietas, juntas y pequeños agujeros. El suministro intermitente no es deseable, pero es muy habitual en muchos países y con frecuencia conlleva la contaminación del agua. El control de la calidad del agua en sistemas de suministro intermitente es un reto considerable, ya que aumentan significativamente los riesgos de infiltración y reflujo. Dichos riesgos pueden aumentar estacionalmente, ya que cuando el suelo está húmedo aumenta la probabilidad de que se produzca un gradiente de presión del suelo hacia la tubería. Cuando entran contaminantes en las tuberías de un sistema de suministro intermitente, la recarga del sistema tras la interrupción del suministro puede aumentar el nivel de riesgo al que se exponen los consumidores, ya que cabe esperar que recorra el sistema un «pulso» concentrado de agua contaminada. Cuando se recurre al almacenamiento doméstico de agua para hacer frente a la intermitencia del suministro, puede ser necesario el uso localizado de desinfectantes para frenar la proliferación microbiana.

El agua potable que entra en el sistema de distribución puede contener amebas libres y cepas naturales de diversas especies heterótrofas de bacterias y hongos. En condiciones favorables, pueden colonizar los sistemas de distribución amebas y microorganismos heterótrofos, como cepas de *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*, y formar biopelículas (*biofilms*). En el caso de la mayoría de los

microorganismos que forman biopelículas (excepto, por ejemplo, *Legionella*, que puede colonizar las instalaciones de agua de edificios) no está demostrada la relación entre su presencia en el agua de consumo con efectos adversos para la salud de la población general, con la posible excepción de las personas con inmunodeficiencia grave (consulte el documento complementario *Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety*; apartado 1.3).

La temperatura y las concentraciones de nutrientes del agua de los sistemas de distribución no son, por lo general, suficientemente altas para sustentar la proliferación de *E. coli* (ni de otras bacterias entéricas patógenas) con formación de biopelículas. Por consiguiente, debe considerarse que la presencia de *E. coli* es indicadora de contaminación fecal reciente.

Las catástrofes naturales, incluidas las inundaciones, la sequía y los temblores de tierra, pueden afectar significativamente a los sistemas de distribución de agua por tuberías.

Medidas de control

El agua que entre en el sistema de distribución debe ser inocua desde el punto de vista microbiológico e, idóneamente, debe ser también estable en términos biológicos. El propio sistema de distribución debe constituir una barrera segura contra la contaminación del agua durante su transporte hasta el usuario. El mantenimiento de un residuo de desinfectante en todo el sistema de distribución puede proteger en cierta medida contra la contaminación y limitar los problemas de proliferación de microorganismos. Se ha comprobado la eficacia de la cloraminación para el control de *Naegleria fowleri* en el agua y los sedimentos contenidos en tuberías de gran longitud y su capacidad de reducir la repropagación de *Legionella* en edificios previamente contaminados.

El desinfectante residual protegerá parcialmente de la contaminación microbiana, pero puede también enmascarar la detección, por medio de bacterias indicadoras de contaminación fecal convencionales, como *E. coli*, de contaminación microbiana, particularmente por microorganismos resistentes. Cuando se utiliza un residuo de desinfectante en un sistema de distribución, debe considerarse la adopción de medidas destinadas a reducir al mínimo la producción de SPD.

Los sistemas de distribución de agua deben estar completamente protegidos, y los embalses y depósitos de almacenamiento deben contar con tejados que drenen hacia el exterior para impedir la contaminación. El control de los cortocircuitos y la prevención del estancamiento, tanto en el almacenamiento como en la distribución de agua, contribuyen a evitar la proliferación de microorganismos. Pueden adoptarse diversas estrategias para mantener la calidad del agua en el sistema de distribución, como el uso de válvulas de reflujo, el mantenimiento de un gradiente de presión positivo en todo el sistema y la aplicación de procedimientos de mantenimiento eficaces. Conviene también aplicar medidas de seguridad adecuadas para impedir el acceso no autorizado y la manipulación de las instalaciones de abastecimiento de agua de consumo.

Como medidas de control pueden aplicarse las siguientes: el uso de un desinfectante secundario más estable (por ejemplo, cloraminas en lugar de cloro libre), la puesta en práctica de un programa de renovación y purgado de las tuberías y de renovación de su recubrimiento, y el mantenimiento de un gradiente de presión positivo en el sistema de distribución. La reducción del tiempo de permanencia del agua en el sistema, evitando su estancamiento en depósitos de almacenamiento, bucles y puntos ciegos, contribuirá también a mantener la calidad del agua de consumo.

Otros ejemplos de medidas de control de sistemas de distribución son los siguientes:

- mantenimiento del sistema de distribución;
- disponibilidad de sistemas de reserva (generador eléctrico);
- mantenimiento de un residuo de desinfectante adecuado;
- uso de válvulas de reflujo y para evitar las conexiones cruzadas;
- sistema de distribución y medios de almacenamiento completamente protegidos;
- procedimientos de reparación adecuados, incluida la subsiguiente desinfección de las tuberías;
- mantenimiento de una presión suficiente en el sistema; y
- mantenimiento de la protección necesaria para evitar el sabotaje, las conexiones ilegales y la manipulación.

Puede obtenerse más información en el documento complementario *Safe Piped Water* (consulte el apartado 1.3).

4.1.6 Sistemas comunitarios y domésticos sin distribución por tuberías

Determinación de los factores de peligro

Idóneamente, los factores de peligro deberían determinarse caso por caso. No obstante, en la práctica, en los sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios y domésticos sin

distribución por tuberías la determinación de los factores de peligro se basa habitualmente en suposiciones generales relativas a las situaciones de peligro asociadas a los diferentes tipos de sistemas o tecnologías, que pueden definirse con carácter nacional o regional.

Los siguientes son ejemplos de factores y situaciones de peligro asociados potencialmente con diversas fuentes de abastecimiento de agua no entubada:

- pozo entubado equipado con bomba de mano
- entrada directa al pozo de agua superficial contaminada
- entrada de contaminantes debida a una construcción deficiente del pozo o a que su recubrimiento está dañado
- infiltración de contaminantes microbianos al acuífero
- manantial protegido sencillo
- contaminación directa a través de la zona de «relleno»
- recarga rápida por agua superficial contaminada
- pozo excavado sencillo
- entrada de contaminantes debida a una construcción deficiente del pozo o a que su recubrimiento está dañado
- contaminación introducida por los cubos
- captación de agua de lluvia
- presencia de excrementos de aves o de otros animales en el tejado o en los canalones
- posible entrada en el depósito de almacenamiento del agua de la purga inicial.

Se proporciona orientación adicional en el documento complementario *Water Safety Plans* (apartado 1.3) y en el volumen 3 de las *Guías para la calidad del agua potable*.

Medidas de control

Idóneamente, deberían aplicarse medidas de control adaptadas a las características del agua de origen y de la cuenca de captación asociada; en la práctica, pueden aplicarse métodos normalizados para cada tipo de agua o cuenca, en lugar de evaluar cada sistema de forma independiente.

Los siguientes son algunos ejemplos de medidas de control para diversos tipos de fuentes de agua distribuida por tuberías:

- pozo entubado equipado con bomba de mano
- medidas adecuadas de terminación de la boca del pozo
- fijar distancias de seguridad suficientes con respecto a fuentes de contaminación como letrinas o ganado, preferiblemente basadas en el tiempo de recorrido
- manantial protegido sencillo
- mantener medidas eficaces de protección del manantial
- determinar la distancia de seguridad basándose en el tiempo de recorrido
- pozo excavado sencillo
- construcción correcta y refuerzo del recubrimiento con mortero
- instalación y mantenimiento de bomba de mano u otros medios de extracción higiénicos
- captación de agua de lluvia
- limpieza de tejado y canalones
- unidad de diversión del agua de la purga inicial.

En la mayoría de los casos, la contaminación de las aguas subterráneas puede evitarse mediante una combinación de medidas sencillas. En ausencia de fracturas o fisuras, que pueden facilitar el transporte rápido de contaminantes hasta la fuente, el agua subterránea de los acuíferos confinados o profundos estará generalmente libre de microorganismos patógenos. Los pozos-sondeo deben estar revestidos hasta una profundidad razonable, y sus bocas deben estar impermeabilizadas para impedir la entrada de agua superficial o de agua subterránea de poca profundidad.

Los sistemas de recogida de agua de lluvia, particularmente los que almacenan el agua en depósitos situados sobre el terreno, pueden ser una fuente de agua relativamente inocua. Las principales fuentes de contaminación son los aves, los pequeños mamíferos y los restos acumulados en los tejados. El efecto de estas fuentes se puede reducir al mínimo mediante medidas sencillas: deben limpiarse periódicamente los canalones; eliminarse en lo posible las ramas que cuelgan sobre el tejado (porque pueden ser fuente de restos vegetales y porque favorecen el acceso a las zonas de captación del tejado de pájaros y pequeños mamíferos); y disponerse en las tuberías de entrada a los depósitos tamices que eviten

la entrada de hojas. Se recomienda el uso de dispositivos de diversión del agua de la purga inicial, que impiden la entrada a los depósitos de la primera fracción de agua (de 20 a 25 litros) que lava el tejado. Si no se dispone de este tipo de dispositivos, puede obtenerse el mismo resultado con una bajante desmontable que se conecta o desconecta manualmente.

En general, para garantizar la inocuidad microbiana, las aguas superficiales deberán, al menos, desinfectarse y, habitualmente, también filtrarse. La primera barrera se basa en reducir al mínimo la contaminación en la fuente de abastecimiento derivada de los residuos humanos, el ganado y otros factores de peligro.

Cuanto más protegida esté la fuente de abastecimiento de agua, menor será la necesidad de recurrir a su tratamiento o desinfección. El agua debe protegerse de la contaminación durante su almacenamiento y suministro a los consumidores, asegurándose de que los sistemas de distribución y almacenamiento están protegidos.

La misma precaución debe tomarse en los sistemas de distribución de agua entubada (apartado 4.1.5) y en el agua de venta ambulante (apartado 6.5). Para proteger de la contaminación el agua almacenada en el hogar pueden usarse recipientes de almacenamiento cerrados o con otro tipo de diseño con medidas de protección que impidan la introducción de manos, cucharones u otras fuentes de contaminación exterior.

Para controlar la contaminación por sustancias químicas, debe confiarse principalmente en el análisis inicial de las fuentes y garantizarse que las sustancias químicas, materiales y dispositivos utilizados en el tratamiento del agua, incluidos los sistemas de almacenamiento de agua, tienen la calidad y el rendimiento adecuados.

El documento complementario *Water Safety Plans* (apartado 1.3) contiene modelos de PSA para los siguientes tipos de sistemas de abastecimiento de agua:

- agua subterránea de pozos sondeo protegidos o pozos con bombeo mecánico;
- tratamiento convencional del agua;
- filtración en múltiples etapas;
- almacenamiento y distribución mediante sistemas de abastecimiento de agua entubada gestionados por el proveedor;
- almacenamiento y distribución mediante sistemas de abastecimiento de agua entubada gestionados por comunidades;
- vendedores ambulantes de agua;
- agua en medios de transporte (aviones, barcos y trenes);
- pozo entubado con extracción manual del agua;
- manantiales con extracción manual del agua;
- pozos excavados protegidos sencillos; y
- sistemas de captación de agua de lluvia.

También se proporciona orientación sobre cómo garantizar la inocuidad del agua en su captación, transporte y almacenamiento domésticos (consulte el documento complementario *Managing Water in the Home*; apartado 1.3). Esta orientación debe complementarse con programas educativos sobre higiene para apoyar la promoción de la salud y reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua.

4.1.7 Validación

La validación consiste en la obtención de información acerca de la eficacia de las medidas de control. En la validación debe comprobarse que el PSA se basa en información correcta, y que es, por consiguiente, posible alcanzar las metas de protección de la salud establecidas.

Es necesario validar las operaciones de tratamiento para comprobar que pueden tener la eficacia precisa. La validación puede realizarse durante los estudios de la fase piloto o bien durante la puesta en marcha inicial de un sistema de tratamiento de agua nuevo o modificado, o puede abarcar ambas fases. Es también un instrumento útil para la optimización de las operaciones de tratamiento existentes.

La primera fase de la validación es la evaluación de la información ya existente, que comprenderá la obtenida de publicaciones científicas, asociaciones sectoriales, organismos reglamentarios y legislativos, y organizaciones de profesionales, así como los datos históricos y los conocimientos del proveedor. Esta información determinará qué pruebas es necesario realizar. La validación no se aplica a la gestión cotidiana del agua de consumo; por consiguiente, pueden utilizarse parámetros microbiológicos que serían inadecuados para el monitoreo operativo, y con frecuencia pueden tolerarse tanto el tiempo que se tarda en obtener los resultados de los análisis de agentes patógenos como los costos adicionales que ocasionan.

La validación es una actividad de investigación cuya finalidad es determinar la eficacia de una medida de control. Normalmente, es una actividad intensiva durante la construcción inicial de un sistema o durante su rehabilitación. Proporciona información acerca de las mejoras o mantenimiento de la calidad realizables de forma confiable para uso en la evaluación de un sistema con preferencia sobre los valores supuestos y también para definir los criterios operativos necesarios para garantizar que la medida de control previene eficazmente los peligros.

4.1.8 Ampliación y mejora

La evaluación del sistema de abastecimiento de agua de consumo puede indicar que las prácticas y tecnologías utilizadas pueden no garantizar la seguridad del agua. En algunos casos, puede bastar con examinar, documentar y formalizar estas prácticas y realizar las mejoras pertinentes; en otros, puede ser necesario realizar modificaciones importantes de las infraestructuras. La evaluación del sistema debe utilizarse como base para el desarrollo de un plan para satisfacer las necesidades determinadas para la aplicación completa de un PSA.

La mejora del sistema de abastecimiento de agua de consumo puede abarcar una amplia gama de aspectos, como los siguientes:

- obras de gran envergadura;
- capacitación;
- mejora de los procedimientos operativos;
- programas de servicios de consulta para comunidades;
- investigación y desarrollo;
- elaboración de protocolos para incidentes; y
- comunicación e informes.

Los planes de ampliación y mejora pueden comprender programas a corto plazo (por ejemplo, un año) o a largo plazo. Las mejoras a corto plazo pueden ser, por ejemplo, mejoras en los servicios de consulta para comunidades y el desarrollo de programas de concienciación de las comunidades. Los proyectos de obras de gran envergadura y largo plazo pueden consistir en el techado de depósitos de almacenamiento de agua o en mejoras de las operaciones de coagulación y filtración.

La ejecución de los planes de mejora puede tener consecuencias presupuestarias significativas y puede, por consiguiente, requerir un análisis pormenorizado y un establecimiento de prioridades cuidadoso que tenga en cuenta los resultados de la evaluación de riesgos. La ejecución de los planes debe controlarse para confirmar que las mejoras se han realizado efectivamente y son eficaces. Las medidas de control son con frecuencia costosas, y no pueden adoptarse decisiones acerca de la mejora de la calidad del agua sin tener en cuenta otros componentes del abastecimiento de agua de consumo que compiten por recursos económicos limitados. Será necesario establecer prioridades y puede ser preciso dilatar la realización de las mejoras durante cierto periodo.

4.2 Monitoreo operativo y mantenimiento bajo control

El monitoreo operativo evalúa, con una periodicidad adecuada, la eficacia de las medidas de control. La periodicidad puede ser muy diversa; por ejemplo, del control en línea del cloro residual a la comprobación trimestral de la integridad del zócalo que rodea a un pozo.

Los objetivos del monitoreo operativo son la vigilancia en tiempo oportuno por el proveedor de agua de consumo de cada medida de control para permitir una eficaz gestión del sistema y garantizar que se alcanzan las metas de protección de la salud.

4.2.1 Determinación de las medidas de control del sistema

La índole y número de las medidas de control son específicos del sistema y vienen determinados por el número y la naturaleza de los factores de peligro y la magnitud de los riesgos asociados.

Las medidas de control deben reflejar la probabilidad y las consecuencias de la pérdida de control. Las medidas de control presentan los siguientes requisitos operativos, entre otros:

- que los parámetros de monitoreo operativo sean mensurables y permitan la fijación de límites que definan la eficacia operativa de la actividad;

- que los parámetros de monitoreo operativo puedan medirse con una frecuencia suficiente para la detección oportuna de averías; y
- que existan procedimientos de adopción de medidas correctoras que puedan ponerse en práctica cuando se produzcan desviaciones con respecto a los límites establecidos.

4.2.2 Selección de parámetros para el monitoreo operativo

Los parámetros seleccionados para el monitoreo operativo deben reflejar la eficacia de cada medida de control, proporcionar una indicación oportuna del funcionamiento, ser fácilmente mensurables y permitir que pueda adoptarse una respuesta adecuada. Son ejemplos de tales parámetros variables mensurables como el residuo de cloro, el pH y la turbidez, o bien factores observables, como la integridad de las rejillas que impiden la entrada de animales.

La utilidad de los patógenos entéricos y de las bacterias indicadoras para el monitoreo operativo es limitada, porque la duración del procesado y análisis de las muestras de agua no permite realizar ajustes de las operaciones antes de que se produzca el suministro.

En el monitoreo operativo pueden usarse diversos parámetros:

- Para la vigilancia de aguas de origen, pueden usarse la turbidez, la absorbancia de UV, la proliferación de algas, el caudal y tiempo de retención, el color, la conductividad y los sucesos meteorológicos locales (consulte los documentos complementarios *Protecting Surface Waters for Health* y *Protecting Groundwaters for Health*; apartado 1.3).
- Para la vigilancia del tratamiento, pueden usarse la concentración y tiempo de contacto del desinfectante, la intensidad de la radiación UV, el pH, la absorbancia de luz, la integridad de las membranas, la turbidez y el color (consulte el documento complementario *Water Treatment and Pathogen Control*; apartado 1.3).
- En los sistemas de distribución de agua entubada, algunos parámetros de monitoreo operativo pueden ser los siguientes:
 - El *monitoreo del residuo de cloro* proporciona una indicación rápida de la existencia de problemas que determinará la medición de parámetros microbiológicos. La desaparición repentina de un residuo que normalmente es estable puede indicar la entrada de contaminantes. Por el contrario, la dificultad para mantener las concentraciones de residuos en determinados puntos de un sistema de distribución o su desaparición gradual puede indicar la existencia de una elevada demanda de oxígeno en el agua o en el sistema de tuberías debida a la proliferación de bacterias.
 - También puede medirse el *potencial oxidación-reducción* (potencial redox) como parámetro para el monitoreo operativo de la eficacia de la desinfección. Puede definirse un potencial redox mínimo necesario para garantizar una desinfección eficaz. Este valor debe determinarse caso por caso y no pueden recomendarse valores universales. Es muy deseable profundizar en la investigación y evaluación del uso del potencial redox como técnica de monitoreo operativo.
 - La presencia o ausencia de *bacterias indicadoras de contaminación fecal* es otro parámetro de monitoreo operativo utilizado comúnmente. No obstante, existen agentes patógenos que son más resistentes a la desinfección con cloro que los indicadores utilizados con mayor frecuencia: *E. coli* o bacterias coliformes termotolerantes. Por consiguiente, en determinadas circunstancias puede ser más oportuno utilizar como parámetro de monitoreo operativo la presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal más resistentes (por ejemplo, enterococos intestinales), esporas de *Clostridium perfringens* o colifagos.
 - La presencia de *bacterias heterótrofas* en el agua puede ser un indicador útil de cambios como el aumento del potencial de proliferación microbiana, aumento de la formación de biopelículas, aumento de los tiempos de retención o estancamiento e interrupción de la integridad del sistema. La abundancia de bacterias heterótrofas presentes en un sistema de abastecimiento puede reflejar la presencia de grandes superficies de contacto en el sistema de tratamiento, como filtros en línea, y puede no ser un indicador directo del estado del sistema de distribución en su conjunto (consulte el documento complementario *Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety*; apartado 1.3).
 - Las mediciones de la *presión* y de la *turbidez* son también parámetros útiles para el monitoreo operativo en sistemas de distribución por tuberías.

Existe un documento orientativo acerca de la gestión de la operación y mantenimiento de sistemas de distribución (consulte el documento complementario *Safe Piped Water*; apartado 1.3) en el

que se expone el desarrollo de un programa de monitoreo de la calidad del agua y de otros parámetros como la presión.

El cuadro 4.4 contiene ejemplos de parámetros de monitoreo operativo.

Cuadro 4.4 Ejemplos de parámetros de monitoreo operativo que pueden utilizarse para la vigilancia de las medidas de control

Parámetro de vigilancia operativa	Agua bruta	Coagulación	Sedimentación	Filtración	Desinfección	Sistema de distribución
pH		o	o		o	o
Turbidez (o recuento de partículas)	o	o	o	o	o	o
Oxígeno disuelto	o					
Caudal de arroyos/ríos	o					
Pluviosidad	o					
Color	o					
Conductividad (sólidos disueltos totales, o SDT)	o					
Carbono orgánico	o		o			
Algas, toxinas y metabolitos de algas	o					o
Dosis de sustancias químicas		o			o	
Caudal unitario		o	o	o	o	
Carga neta		o				
Corriente circulante		o				
Pérdida de carga				o		
ct ^a					o	
Residuo de desinfectante					o	o
Potencial redox					o	
SPD					o	o
Presión hidráulica						o

^a ct = concentración de desinfectante × tiempo de contacto

4.2.3 Fijación de límites operativos y críticos

Para aplicar medidas de control es preciso contar con límites definidos de aceptabilidad de la eficacia de las operaciones, llamados «límites operativos», que pueden aplicarse a los parámetros de monitoreo operativo. Deben definirse límites operativos para los parámetros correspondientes a cada medida de control. Si el monitoreo determina que se ha superado un límite operativo, deberán aplicarse medidas correctoras predeterminadas (consulte el apartado 4.4). La detección de la desviación y la aplicación de la medida o medidas correctoras deben poder realizarse en un plazo suficiente para mantener la eficacia del sistema y la inocuidad del agua.

Para algunas medidas de control, puede definirse también una segunda serie de «límites críticos» indicadores, en caso de superarse, de que ya no puede confiarse en la inocuidad del agua. La superación de los límites críticos exigirá habitualmente la adopción de medidas urgentes, incluida la notificación inmediata a la autoridad de salud pertinente.

Los límites operativos y críticos pueden ser límites superiores, límites inferiores, un intervalo o una «envolvente» de medidas de la eficacia.

4.2.4 Sistemas comunitarios y domésticos de abastecimiento sin tuberías

Generalmente, el agua superficial o agua subterránea poco profunda no debe usarse como fuente de agua de consumo sin una protección o tratamiento que garantice su inocuidad.

El monitoreo de las fuentes de agua (incluidos los depósitos de agua de lluvia), tanto si es responsabilidad de operadores comunitarios o de los hogares, conllevará normalmente la realización de inspecciones sanitarias periódicas. Los formularios de inspección sanitaria utilizados deben ser comprensibles y fáciles de utilizar; pueden, por ejemplo, consistir en representaciones pictográficas. Los factores de riesgo incluidos deben preferiblemente referirse a actividades que puede controlar el operador y que pueden afectar a la calidad del agua. Las recomendaciones de adopción de medidas ligadas a los resultados obtenidos en el monitoreo operativo debe ser claras, y deberá proporcionarse la formación precisa.

Los operadores deberán realizar también evaluaciones físicas periódicas del agua, especialmente después de lluvias abundantes, para determinar si se producen cambios evidentes en la calidad del agua (por ejemplo, cambios de color, olor o turbidez).

Rara vez se trata el agua de fuentes comunitarias (como pozos sondeo, pozos y manantiales) ni la del agua de lluvia recogida en instalaciones domésticas; no obstante, si se aplica algún tratamiento, es recomendable su monitoreo operativo.

Captación, transporte y almacenamiento de agua en el hogar

El mantenimiento de la calidad del agua durante su captación y transporte manual es responsabilidad de los hogares. Es preciso aplicar prácticas de higiene correctas y deberán fomentarse por medio de la educación en materia de higiene. Deberá proporcionarse a los hogares y las comunidades, mediante programas educativos sobre higiene, los conocimientos necesarios para monitorear y gestionar la inocuidad del agua que consumen.

Se ha comprobado que el tratamiento del agua en los hogares es una forma eficaz de mejorar la salud pública. El monitoreo de las operaciones de tratamiento será función del tipo de tecnología utilizada. Cuando se introduce el tratamiento en los hogares, es fundamental proporcionar a los usuarios información (y, en caso pertinente, formación) para garantizar que comprenden los requisitos básicos del monitoreo operativo.

4.3 Verificación

Además del monitoreo operativo de los componentes individuales de un sistema de abastecimiento de agua de consumo, es necesario realizar una **verificación** final para comprobar que el sistema en su conjunto opera en condiciones seguras. La verificación puede realizarla el proveedor o una autoridad independiente, o pueden intervenir ambos, según el régimen administrativo del país en cuestión. Incluye típicamente el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal y de sustancias químicas peligrosas.

La verificación proporciona una comprobación final de la seguridad general de la cadena de suministro de agua de consumo. Puede realizarla el organismo encargado de la vigilancia o bien puede formar parte del control de la calidad realizado por el proveedor.

La verificación de la calidad microbiológica comprende típicamente el análisis de bacterias indicadoras de contaminación fecal en el agua tratada y en el agua que se distribuye. Para verificar la inocuidad del agua desde el punto de vista químico, puede analizarse la presencia de sustancias peligrosas al finalizar el tratamiento, en la distribución o en el punto de consumo (dependiendo de si es o no probable que las concentraciones varíen durante la distribución). Los trihalometanos (THM) y los ácidos haloacéticos son los SPD más comunes y cuyas concentraciones son mayores en el agua de consumo. En muchas circunstancias, pueden servir como indicador adecuado de la concentración de una amplia gama de subproductos clorados de la desinfección relacionados.

La frecuencia de toma de muestras debe reflejar la necesidad de equilibrar las ventajas y los costos de la obtención de información adicional. Las frecuencias de toma de muestras se determinan habitualmente en función de la población abastecida o del volumen de agua suministrado, para reflejar el mayor riesgo que conlleva el suministro a una población mayor. La frecuencia de análisis de características individuales dependerá también de la variabilidad de cada característica: la frecuencia de toma de muestras y de análisis deberá ser mayor para los componentes microbianos y menor para los químicos. Esto se debe a que la contaminación microbiana del agua durante periodos breves puede ocasionar directamente enfermedades en los consumidores, mientras que son escasos los episodios de contaminación química que pudieran constituir un problema de salud a corto plazo, salvo si están asociados a incidentes específicos (por ejemplo, uso de una dosis excesiva de alguna sustancia química en la planta de tratamiento). La frecuencia de toma de muestras del agua recién tratada es función de la calidad del agua de origen y del tipo de tratamiento.

4.3.1 Verificación de la calidad microbiológica

La verificación de la calidad microbiológica del agua de un sistema de abastecimiento debe diseñarse de modo que garantice la máxima probabilidad de detectar la contaminación. Por consiguiente, la toma de muestras debe tener en cuenta las posibles variaciones de la calidad del agua en el sistema de distribución. Esto implicará generalmente tener en cuenta en qué lugares y momentos la contaminación es más probable.

La contaminación fecal no estará distribuida uniformemente en un sistema de distribución por tuberías. En los sistemas con una buena calidad del agua esto reduce significativamente la probabilidad de detectar bacterias indicadoras de contaminación fecal, dado el número relativamente escaso de muestras recogidas.

En los sistemas cuyos resultados de análisis de bacterias indicadoras de contaminación fecal son predominantemente negativos, puede aumentarse la probabilidad de detectar contaminación realizando análisis de presencia/ausencia (P/A) más frecuentes. Los análisis de P/A pueden ser más sencillos, rápidos y baratos que los métodos cuantitativos. Se ha demostrado en estudios comparativos de métodos de P/A y cuantitativos que los primeros pueden proporcionar una eficacia máxima de detección de bacterias indicadoras de contaminación fecal. No obstante, los análisis de P/A sólo son apropiados en sistemas con resultados predominantemente negativos de los análisis de bacterias indicadoras.

Cuanto mayor es la frecuencia de análisis de indicadores de contaminación fecal en el agua, mayor es la probabilidad de detectar contaminación. Es preferible realizar exámenes frecuentes usando un método sencillo que realizar exámenes menos frecuentes mediante un análisis o serie de análisis más complejos.

El tipo de contaminación y su frecuencia puede sufrir variaciones estacionales, en función de la pluviosidad y de otras circunstancias locales. Normalmente, la toma de muestras debe ser aleatoria, pero debe aumentarse su frecuencia cuando se producen epidemias o inundaciones o durante operaciones de urgencia, así como tras las interrupciones del suministro o la ejecución de obras de reparación.

4.3.2 Verificación de la calidad química

Para desarrollar la verificación de la calidad química deben tenerse en cuenta los aspectos siguientes: la disponibilidad de instalaciones analíticas adecuadas, el costo de los análisis, el posible deterioro de las muestras, la estabilidad del contaminante, la probable presencia del contaminante en diversos sistemas de abastecimiento, el lugar óptimo para el monitoreo y la frecuencia de toma de muestras.

Para una sustancia química determinada, la ubicación y frecuencia de la toma de muestras estarán determinadas por sus fuentes principales (consulte el capítulo 8) y su variabilidad. Las sustancias cuya concentración no cambia de forma significativa en el tiempo requieren una toma de muestras menos frecuente que aquellas cuya concentración puede variar significativamente.

En muchos casos, puede ser suficiente tomar muestras del agua de origen una vez al año, o incluso menos, particularmente si el agua procede de acuíferos subterráneos estables, donde la presencia natural de sustancias peligrosas variará muy lentamente. La composición de las aguas superficiales es generalmente más variable, por lo que es necesario tomar un mayor número de muestras, en función del contaminante y de su importancia.

Las ubicaciones de las tomas de muestras dependerán de la característica de calidad del agua objeto de análisis. Para componentes cuyas concentraciones no varían durante el suministro, puede ser suficiente la toma de muestras en la planta de tratamiento o en la cabecera del sistema de distribución. Sin embargo, para los componentes cuya concentración puede variar durante la distribución, la ubicación de la toma de muestras deberá determinarse tras estudiar el comportamiento o fuente de la sustancia en cuestión. Deben tomarse muestras de puntos cercanos a los extremos del sistema de distribución y de grifos conectados directamente a las acometidas en casas y grandes edificios con múltiples ocupantes. En el caso del plomo, por ejemplo, deben tomarse muestras en los grifos de los consumidores, ya que el plomo procede habitualmente de conexiones de servicio o instalaciones de fontanería de los edificios.

Puede obtenerse más información en el documento complementario *Chemical Safety of Drinking-water* (apartado 1.3).

4.3.3 Fuentes de agua

El análisis del agua de origen es particularmente importante cuando el agua no se somete a tratamiento. También resulta útil tras producirse averías en el proceso de tratamiento o como parte de la investigación de brotes de enfermedades transmitidas por el agua. La frecuencia de análisis dependerá del motivo por el que se realiza la toma de muestras; puede ser:

- periódica (la frecuencia de los análisis de verificación dependerá de varios factores, como el tamaño de la comunidad abastecida, la fiabilidad de la calidad del agua de consumo o su grado de tratamiento, y la existencia de factores de riesgo locales);
- ocasional (por ejemplo, aleatoria o durante inspecciones de sistemas de abastecimiento de agua gestionados por comunidades); y
- mayor de la habitual, tras la degradación de la calidad del agua de origen por incidentes previsibles, situaciones de emergencia o sucesos imprevistos que probablemente aumenten el potencial de una de

contaminación significativa (por ejemplo, después de una inundación o de realizarse vertidos aguas arriba).

Antes de poner en servicio un nuevo sistema de abastecimiento de agua de consumo, debe realizarse una mayor diversidad de análisis, incluida la determinación de parámetros correspondientes a factores de peligro cuya presencia se considera posible tras examinar la información de sistemas de abastecimiento similares o realizar una evaluación de riesgos de la fuente.

4.3.4 *Sistemas de distribución de agua por tuberías*

Los lugares de toma de muestras se elegirán de forma específica para cada sistema de abastecimiento de agua. Dada la naturaleza del riesgo para la salud pública que ocasionan los agentes patógenos y la posibilidad de que la contaminación se extienda por los sistemas de distribución, la recogida de muestras para análisis microbiológicos (y para el análisis de parámetros asociados, como el residuo de cloro) se realizará típicamente de forma frecuente y en lugares dispersos. Es necesario elegir cuidadosamente los lugares y la frecuencia de la toma de muestras para el análisis de los componentes químicos provenientes de las tuberías y de los materiales de fontanería que no están sujetos a un control directo, así como para el de los componentes que sufren cambios durante la distribución, como los trihalometanos (THM).

En el cuadro 4.5 se muestran los números de muestras mínimos recomendados para la verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo.

Se ha comprobado la eficacia de la toma de muestras aleatoria estratificada en sistemas de distribución.

Cuadro 4.5 **Números de muestras mínimos recomendados para análisis de indicadores de contaminación fecal en sistemas de distribución^a**

Población	Número de muestras al año
<i>Fuentes puntuales</i>	Muestreo progresivo de todas las fuentes, en ciclos de 3 a 5 años (como máximo)
Sistemas de abastecimiento de agua por tuberías	
<5000	12
5000–100000	12 por cada 5 000 habitantes
>100000–500000	12 por cada 10 000 habitantes y 120 muestras adicionales
>500000	12 por cada 100 000 habitantes y 180 muestras adicionales

^a Parámetros como el cloro, la turbidez y el pH deben analizarse con mayor frecuencia como parte del monitoreo operativo y de verificación.

4.3.5 *Verificación en sistemas de abastecimiento gestionados por comunidades*

Para evaluar correctamente el funcionamiento de un sistema de abastecimiento de agua de consumo comunitario, deben tenerse en cuenta varios factores. Algunos países que han desarrollado estrategias nacionales de vigilancia y control de la calidad de sistemas de abastecimiento de agua de consumo han adoptado *indicadores cuantitativos del servicio* (es decir, indicadores de la calidad, cantidad, accesibilidad, cobertura, asequibilidad y continuidad del servicio) para su aplicación en los ámbitos comunitario, regional y nacional. Lo habitual es incluir los parámetros fundamentales de calidad microbiológica (normalmente, *E. coli*, cloro, turbidez y pH) y realizar una inspección sanitaria. Los métodos utilizados para estos análisis deben normalizarse y aprobarse. Se recomienda la validación del funcionamiento correcto de los equipos de análisis de campo con respecto a métodos de referencia o normalizados y su aprobación para uso en pruebas de verificación.

En su conjunto, los indicadores del servicio sirven de base para la fijación de metas relativas a los sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios. Proporcionan una orientación cuantitativa sobre la aptitud del sistema de abastecimiento de agua de consumo y proporcionan a los consumidores una medida objetiva de la calidad del servicio global y, por consiguiente, del grado de protección de la salud pública proporcionado.

El organismo responsable de la vigilancia típicamente deberá realizar análisis e inspecciones sanitarias periódicas de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios y evaluar los peligros microbianos y las sustancias químicas conocidas que ocasionan problemas (consulte también el capítulo 5). No es probable que puedan tomarse muestras con frecuencia; por consiguiente, una posible solución es un programa continuado de inspecciones en el que contemple la visita de cada sistema de abastecimiento una vez cada 3 a 5 años. La finalidad principal, más que evaluar el cumplimiento de las normas por cada uno de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo, es conformar los planes y

políticas estratégicos. Se recomienda realizar un análisis exhaustivo de la calidad química de todas las fuentes como mínimo antes de su puesta en marcha y preferiblemente cada 3 a 5 años a continuación.

Las normas ISO proporcionan recomendaciones sobre el diseño de los programas de toma de muestras y la frecuencia de muestreo (cuadro 4.6).

Cuadro 4.6 Normas sobre calidad del agua de la Organización Internacional de Normalización (ISO) que proporcionan orientación sobre la toma de muestras

Norma ISO N°.	Título (calidad del agua)
ISO 5667-1:1980 (UNE-EN 25667-1:1995)	<i>Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes</i> (Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo)
5667-2:1991 (UNE-EN 25667-2:1995)	<i>Sampling – Part 2: Guidance on sampling techniques</i> (Muestreo. Parte 2: Guía para las técnicas de muestreo)
5667-3:1994 (UNE-EN 25667-3:2004)	<i>Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples</i> (Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y la manipulación de muestras)
5667-4:1987 (NTC ISO 5667-4)	<i>Sampling – Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made</i> (Muestreo. Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales)
5667-5:1991 (NTC ISO 5667-5)	<i>Sampling – Part 5: Guidance on sampling of drinking-water and water used for food and beverage processing</i> (Muestreo. Parte 5: Guía para el muestreo de agua potable y agua utilizada para alimentos y procesamiento de bebidas)
5667-6:1990 (NTC ISO 5667-6)	<i>Sampling – Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams</i> (Muestreo. Parte 6: Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes)
5667-13:1997	<i>Sampling – Part 13: Guidance on sampling of sludges from sewage and water-treatment works</i> (sólo en inglés; Muestreo. Parte 13: Guía para el muestreo de lodos procedentes de aguas residuales y de las instalaciones de tratamiento del agua)
5667-14:1998	<i>Sampling – Part 14: Guidance on quality assurance of environmental water sampling and handling</i> (sólo en inglés; Muestreo. Parte 14: Guía sobre la garantía de la calidad del muestreo y la manipulación de aguas medioambientales)
5667-16:1998	<i>Sampling – Part 16: Guidance on biotesting of samples</i> (sólo en inglés; Muestreo. Parte 16: Guía para los ensayos biológicos de muestras)
5668-17:2000	<i>Sampling – Part 17: Guidance on sampling of suspended sediments</i> (sólo en inglés; Muestreo. Parte 17: Guía para el muestreo de sedimentos en suspensión)
13530:1997 (UNE-ENV 13530:2000)	<i>Water quality – Guide to analytical control for water analysis</i> (Calidad del agua. Guía para el control de la calidad analítica en el análisis del agua)

4.3.6 Garantía y control de la calidad

Deberán aplicarse procedimientos adecuados de garantía y control de la calidad analítica en todas las actividades relacionadas con la obtención de datos sobre la calidad del agua de consumo. Estos procedimientos garantizarán que los datos son adecuados para el fin previsto; es decir, que la exactitud de los resultados obtenidos es suficiente. La «adecuación para el fin previsto» o «exactitud suficiente» se definirán en el programa de monitoreo de la calidad del agua, que incluirá una declaración relativa a la exactitud y la precisión de los datos. Dada la gran diversidad necesidades de sustancias, métodos, equipos y exactitud que probablemente intervengan en el monitoreo del agua de consumo, son de interés numerosos pormenores prácticos del control de la calidad analítica, pero quedan fuera del ámbito de la presente publicación.

En *Water Quality Monitoring* (Bartram y Ballance, 1996) se describe detalladamente el diseño y la ejecución de un programa de garantía de la calidad para laboratorios analíticos. El capítulo pertinente se basa en la norma ISO 17025:2000 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*, que proporciona un marco teórico para la gestión de la calidad en laboratorios analíticos.

4.4 Procedimientos de gestión para sistemas de distribución de agua por tuberías

La gestión eficaz conlleva la definición de: las medidas que deberán adoptarse en respuesta a las variaciones que se producen en condiciones operativas normales, las medidas que deberán adoptarse si se producen «incidentes» específicos que pudieran ocasionar la pérdida de control del sistema, y los procedimientos que deben aplicarse en situaciones imprevistas o de emergencia. Los procedimientos de gestión deberán documentarse, de igual modo que la evaluación del sistema, los planes de monitoreo, los programas complementarios y la estrategia de comunicación necesarios para garantizar el funcionamiento seguro del sistema.

Una parte sustancial de un plan de gestión describirá las medidas que deberán adoptarse en respuesta a las variaciones «normales» de los parámetros de monitoreo operativo con el fin de mantener un funcionamiento óptimo cuando dichos parámetros alcancen los límites operativos.

Habitualmente, se conoce como «incidente» una desviación significativa de un parámetro, detectada en el monitoreo operativo (o la verificación), que conlleva la superación un límite crítico. Un incidente es cualquier situación en la que hay motivos para sospechar que el agua suministrada para beber puede ser, o llegar a ser, insalubre (es decir, se pierde la confianza en la inocuidad del agua). Como parte de un PSA, deben definirse procedimientos de gestión para responder a los incidentes previsibles, así como a los incidentes imprevisibles y las situaciones de emergencia. Las situaciones siguientes pueden provocar incidentes:

- incumplimiento de los criterios de monitoreo operativo;
- mal funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales que descarga al agua de origen;
- derrame de una sustancia peligrosa al agua de origen;
- corte del suministro eléctrico a una medida de control fundamental;
- pluviosidad extrema en una cuenca de captación;
- detección de una turbidez más alta de la habitual (en el agua de origen o en el agua tratada);
- sabor, olor o aspecto anormales del agua;
- detección de concentraciones anormalmente altas de microorganismos indicadores, como indicadores de contaminación fecal (en el agua de origen o en el agua tratada) y patógenos (en el agua de origen); y
- valores anormales de indicadores de salud pública o brotes de enfermedades de las que el agua es un posible vector.

Los planes de respuesta a incidentes pueden contemplar diversos niveles de alerta, desde la advertencia temprana de incidentes menores para los que no es preciso adoptar otra medida que su investigación adicional, a las situaciones de emergencia, que con frecuencia requieren la intervención de organizaciones ajenas al proveedor de agua de consumo, en particular de las autoridades de salud pública.

Los planes de respuesta a incidentes habitualmente comprenden:

- responsabilidades e información de contacto del personal clave, con frecuencia diversas personas pertenecientes a varias organizaciones;
- listas de indicadores mensurables y valores o estados límite que desencadenarían los incidentes, y los niveles de alerta pertinentes;
- una descripción clara de las medidas que deben adoptarse en respuesta a las alertas;
- ubicación e identidad de los procedimientos normalizados de actuación (PNA) y equipos necesarios;
- ubicación de los equipos de reserva;
- información logística y técnica de interés; y
- listas de control y guías de consulta rápida.

Es posible que sea necesario aplicar el plan en un plazo muy breve, de modo que se necesitan listas de personal responsable de reserva, sistemas de comunicación eficaces, y mantener actualizados la formación y documentación.

Debe formarse al personal en la adopción de medidas de respuesta para garantizar que son capaces de gestionar eficazmente los incidentes o situaciones de emergencia. Los planes de respuesta a incidentes y situaciones de emergencia deben revisarse y ensayarse periódicamente. Los ensayos mejoran la preparación y permiten mejorar la eficacia de los planes antes de que se produzca una situación de emergencia.

Tras cualquier incidente o situación de emergencia, debe realizarse, con la colaboración de todas las personas implicadas, una investigación que debe responder a preguntas como las siguientes:

- ¿Qué ocasionó el problema?
- ¿Cómo se detectó o reconoció el problema originalmente?
- ¿Qué medidas eran más necesarias?
- ¿Qué problemas de comunicación surgieron y cómo se resolvieron?
- ¿Qué consecuencias tuvo el problema, inmediatas y a largo plazo?
- ¿Cómo funcionó el plan de respuesta a la situación de emergencia?

También deberán elaborarse los documentos e informes pertinentes acerca del incidente o situación de emergencia. La organización debe aprender todo lo posible del incidente o situación de emergencia para mejorar la preparación y planificación para futuros incidentes. El examen del incidente o situación de emergencia puede indicar la necesidad de modificar los protocolos existentes.

La elaboración de procedimientos claros, la definición de las responsabilidades y la provisión de equipos para la recogida y almacenamiento de muestras de agua en caso de producirse un incidente pueden ser instrumentos valiosos para el seguimiento epidemiológico o para otras investigaciones, y el plan de respuesta deberá contemplar la recogida y almacenamiento de muestras de agua desde el primer momento en que se sospeche un incidente.

4.4.1 Incidentes previsibles («desviaciones»)

Muchos incidentes (es decir, situaciones en las que se supera un límite crítico) pueden preverse, y los planes de gestión pueden determinar las medidas que deberán tomarse. Las medidas pueden comprender, por ejemplo, el cambio temporal de fuentes de agua (si es posible), el aumento de la dosis de coagulante, la aplicación de un tratamiento de desinfección de seguridad o el aumento de las concentraciones de desinfectantes en los sistemas de distribución.

4.4.2 Sucesos imprevistos

Algunas circunstancias que conllevan la consideración del agua como potencialmente insalubre pueden no estar definidas de forma explícita en los planes de respuesta a incidentes, ya sea porque dichas circunstancias no se previeron o porque se consideraron demasiado improbables para justificar la elaboración de planes con medidas correctoras detalladas. Para tener en cuenta este tipo de circunstancias, deberá elaborarse un plan para incidentes de tipo general. Este plan proporcionaría orientación general acerca de la determinación y gestión de incidentes, así como orientación específica acerca de las medidas que podrían aplicarse en respuesta a numerosos tipos de incidentes diferentes.

Se incluiría en un plan general de respuesta a incidentes un protocolo de evaluación de la situación y notificación de los incidentes, e incluiría responsabilidades personales y criterios de selección por categorías, como, por ejemplo, los siguientes:

- tiempo que tardarán en producirse los efectos;
- población afectada; y
- naturaleza del peligro sospechado.

La eficacia de las medidas generales de respuesta a incidentes depende de la experiencia, buen juicio y destreza del personal que opera y gestiona los sistemas de abastecimiento de agua de consumo. No obstante, pueden incorporarse a los planes generales de respuesta a incidentes medidas genéricas aplicadas de forma habitual en respuesta a muchos incidentes. Por ejemplo, para sistemas de abastecimiento de agua por tuberías, pueden elaborarse procedimientos normalizados de actuación para el purgado de urgencia y puede ensayarse su aplicación por si se presenta la necesidad de purgar un sistema de distribución de agua de red que contiene agua contaminada. De forma similar, pueden elaborarse, probarse e incorporarse al plan procedimientos normalizados de actuación para realizar cambios o derivaciones de embalses en poco tiempo. La elaboración de un conjunto de documentos complementarios de este tipo reduce la probabilidad de cometer errores y acelera la adopción de medidas de respuesta cuando se producen incidentes.

4.4.3 Situaciones de emergencia

Los proveedores de agua deberán elaborar planes que serán aplicados si se produce una situación de emergencia. Estos planes deberán contemplar las posibles catástrofes naturales (por ejemplo, terremotos, inundaciones, daños ocasionados por rayos a los equipos eléctricos), los accidentes (por ejemplo, vertidos en la cuenca de captación), los daños en la planta de tratamiento y el sistema de distribución, y las circunstancias debidas a acciones humanas (por ejemplo, huelgas, sabotaje). Los planes

para situaciones de emergencia deberán especificar claramente las responsabilidades de coordinación de las medidas que deberán adoptarse, un plan de comunicación para alertar e informar a los usuarios del sistema de abastecimiento de agua de consumo, y planes para proveer y distribuir agua potable durante la situación de emergencia.

En la elaboración de los planes deberá consultarse a las autoridades de reglamentación pertinentes y a otros organismos clave, y los planes deberán ser compatibles con las medidas para situaciones de emergencia previstas de ámbito nacional o local. Los planes de respuesta a situaciones de emergencia deberán abordar los siguientes aspectos fundamentales:

- medidas de respuesta, incluido un aumento del monitoreo;
- definición de responsabilidades y autoridades, tanto las internas de la organización como las externas a la misma;
- planes para el suministro de agua potable durante la situación de emergencia;
- protocolos y estrategias de comunicación, incluidos procedimientos de notificación (interna, al organismo de reglamentación, a los medios de comunicación y a la población); y
- mecanismos para aumentar la vigilancia de la salud pública.

Los planes de respuesta para situaciones de emergencia y sucesos imprevistos relativos a microorganismos o sustancias químicas deberían incluir también los criterios que determinan la adopción de recomendaciones de hervir el agua o de evitar su consumo. El objetivo de la recomendación deberá ser el interés público y su aplicación será normalmente responsabilidad de las autoridades de salud pública. La decisión de cerrar un sistema de abastecimiento de agua de consumo conlleva la obligación de proporcionar una fuente de agua inocua alternativa y está justificada en contadas ocasiones, dados los efectos adversos, especialmente para la salud, de la restricción del acceso al agua. En los apartados 7.6 (peligros microbianos) y 8.6 (peligros químicos) se describen las medidas específicas que deben aplicarse si se supera un valor de referencia o se produce una situación de emergencia. Los simulacros de situaciones de emergencia son importantes para mantener la preparación para este tipo de situaciones. Ayudan a determinar las posibles medidas que podrían adoptarse en diferentes circunstancias para un sistema de abastecimiento de agua específico. Las medidas que deben adoptarse en caso de emergencia se analizan más adelante, en los apartados 6.2, 7.6 y 8.6.

4.4.4 *Elaboración de un plan de monitoreo*

Deben elaborarse programas de monitoreo operativo y de verificación y deben documentarse, como parte de un PSA, detallando las estrategias y procedimientos que deben aplicarse en la vigilancia de los diversos aspectos del sistema de abastecimiento de agua de consumo. Los planes de monitoreo deben documentarse de forma completa y deben incluir la información siguiente:

- parámetros que deben ser controlados;
- ubicación y frecuencia de la toma de muestras o evaluación;
- métodos y equipos de toma de muestras o evaluación;
- calendarios de toma de muestras o evaluación;
- métodos para garantizar la calidad de los resultados y validarlos;
- requisitos relativos a la comprobación e interpretación de los resultados;
- responsabilidades y aptitudes del personal;
- requisitos relativos a la documentación y la gestión de archivos, incluidos los relativos al modo en que se anotarán y conservarán los resultados del monitoreo; y
- requisitos relativos a la presentación de informes y la comunicación de resultados.

4.4.5 *Programas complementarios*

Existen muchas medidas que, siendo importantes para garantizar la seguridad del agua de consumo, no afectan directamente a su calidad y no son, por consiguiente, medidas de control. Se conocen como «programas complementarios» y deben también documentarse en un PSA.

Las medidas que, siendo importantes para garantizar la seguridad del agua de consumo, no afectan directamente a su calidad se conocen como programas complementarios.

Los programas complementarios pueden comprender:

- el control del acceso a las plantas de tratamiento, cuencas de captación y embalses, y la adopción de las medidas de seguridad necesarias para impedir la transferencia de factores de peligro de las personas al agua de origen, en caso de acceso;
- la elaboración de protocolos de verificación relativos al uso de sustancias y materiales en el sistema de abastecimiento de agua de consumo, por ejemplo, para garantizar que los proveedores participan en programas de garantía de la calidad;
- el uso de equipos designados para atender incidentes como roturas de tuberías (por ejemplo, determinados equipos deberán estar designados exclusivamente para trabajos en instalaciones de agua potable y no para aguas residuales); y
- programas de formación y educativos para el personal que participa en actividades que podrían influir en la seguridad del agua de consumo; la formación debe incluirse en los programas de iniciación y actualizarse con frecuencia.

La práctica totalidad de los programas complementarios serán componentes que los proveedores y manipuladores de agua de consumo incluyen habitualmente en su actividad normal. Para la mayoría, la aplicación de los programas complementarios conllevará:

- la armonización de las prácticas operativas y de gestión existentes;
- un examen y actualización iniciales y, posteriormente, periódicos, para una mejora continua de las prácticas;
- el fomento del uso de prácticas correctas; y
- auditoría de las prácticas para comprobar que se aplican, incluida la adopción de medidas correctoras en casos de incumplimiento.

Los códigos de prácticas correctas de operación y gestión, y de prácticas higiénicas de trabajo son componentes fundamentales de los programas complementarios. Con frecuencia forman parte de los PNA e incluyen, pero no se limitan a, lo siguiente:

- prácticas higiénicas de trabajo documentadas en los PNA de mantenimiento;
- atención a la higiene personal;
- formación y aptitudes del personal relacionado con el sistema de abastecimiento de agua de consumo;
- instrumentos para la gestión de las actividades del personal, como sistemas de garantía de la calidad;
- obtención del compromiso de las partes interesadas, en todos los ámbitos, con el suministro de agua de consumo inocua;
- educación de las comunidades cuyas actividades pudieran afectar a la calidad del agua de consumo;
- calibración de los equipos de monitoreo; y
- mantenimiento de registros.

La comparación, por expertos externos, de un conjunto de programas complementarios con los de otros proveedores, mediante el examen por expertos, la comparación con programas de referencia, y el intercambio de personal o documentos pueden estimular ideas para mejorar las prácticas utilizadas.

Los programas complementarios pueden ser amplios y variados, y pueden participar involucrar a múltiples organizaciones y personas. Muchos programas complementarios incluyen medidas de protección de los recursos hídricos y normalmente incluyen aspectos relativos al control de los usos de la tierra. Algunas medidas de protección de los recursos hídricos se basan en sistemas diseñados por ingenieros, como las operaciones de tratamiento de vertidos y los sistemas de gestión de las aguas pluviales, que pueden utilizarse como medidas de control.

4.5 Gestión de sistemas de abastecimiento de agua comunitarios y domésticos

Es más frecuente, en todo el mundo, la contaminación de sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios que la de sistemas de abastecimiento más grandes; además, los primeros son más propensos a las interrupciones (o funcionamiento intermitente) y se producen más averías y fallos.

Para garantizar la seguridad del agua de los sistemas de abastecimiento pequeños, deberá prestarse atención a los aspectos siguientes:

- información a la población;

- evaluación de la capacidad del sistema de abastecimiento para cumplir las metas de protección de la salud señaladas (consulte el apartado 4.1);
- monitoreo de las medidas de control determinadas y formación de los operarios para garantizar que pueden controlarse todos los factores de peligro probables y que los riesgos se mantienen en niveles tolerables (consulte el apartado 4.2);
- monitoreo operativo del sistema de abastecimiento de agua de consumo (consulte el apartado 4.2);
- aplicación de procedimientos sistemáticos de gestión de la calidad del agua (consulte el apartado 4.4.1), incluidos los relativos a documentación y comunicación (consulte el apartado 4.6);
- establecimiento de protocolos adecuados de respuesta a los incidentes (que habitualmente abarcan medidas adoptadas en el abastecimiento individual, respaldadas por la formación de los operarios, y medidas exigidas por las autoridades locales o nacionales) (consulte los apartados 4.4.2, 4.4.3 y); y
- elaboración de programas para ampliar y mejorar el sistema de suministro de agua existente (definidos habitualmente a nivel nacional o regional y no en cada sistema de abastecimiento individual) (consulte el apartado 4.1.8).

En el caso de las fuentes puntuales que abastecen a comunidades u hogares individuales, la atención debe centrarse en seleccionar el agua de origen de mayor calidad disponible y en proteger su calidad mediante el uso de barreras múltiples (habitualmente en el ámbito de la protección de la fuente) y de programas de mantenimiento. Sea cual fuere la fuente de agua (subterránea, superficial o de lluvia, recogida en depósitos), las comunidades y hogares deben asegurarse de que es potable. Generalmente, las aguas superficiales y las aguas subterráneas de poca profundidad en contacto directo con aguas superficiales (incluidas las aguas subterráneas de poca profundidad con vías de flujo preferente) deben someterse a tratamiento.

Los parámetros recomendados para el monitoreo mínimo de los sistemas de abastecimiento comunitarios son aquellos que permiten evaluar mejor la calidad higiénica del agua y, por consiguiente, su riesgo de transmisión de enfermedades. Los parámetros fundamentales de calidad del agua son *E. coli* —se acepta como sustituto adecuado la detección de coliformes termotolerantes (fecales)— y residuo de cloro (si se practica la cloración del agua).

Dichos parámetros deben complementarse, en caso pertinente, con el ajuste del pH (si se practica la cloración) y la medición de la turbidez.

Estos parámetros pueden medirse in situ mediante instrumentos de análisis relativamente sencillos. El análisis in situ es fundamental para la determinación de la turbidez y el residuo de cloro, que cambian rápidamente durante el transporte y almacenamiento, pero resulta también de interés para otros parámetros que no puedan determinarse en el laboratorio o cuando el transporte de las muestras plantea problemas que hacen que la toma de muestras y análisis convencionales no resulten prácticos.

También deben medirse otros parámetros relacionados con la salud de interés local. En el en el capítulo 8 se describe el enfoque general de control de la contaminación química.

4.6 Documentación y comunicación

La documentación de un PSA debe incluir:

- una descripción y evaluación del sistema de abastecimiento de agua de consumo (consulte el apartado 4.1), incluidos los programas de ampliación y mejora del sistema de suministro existente (consulte el apartado 4.1.8);
- el plan de monitoreo operativo y verificación del sistema de abastecimiento de agua de consumo (consulte el apartado 4.2);
- los procedimientos de gestión de la seguridad del agua para el funcionamiento normal, los incidentes (específicos e imprevistos) y las situaciones de emergencia (consulte los apartados 4.4.1, 4.4.2 y 4.4.3), incluidos los correspondientes planes de comunicación; y
- la descripción de los programas complementarios (consulte el apartado 4.4.6).

Los registros son fundamentales para examinar la aptitud de un PSA y comprobar que el sistema de abastecimiento de agua de consumo lo cumple. Generalmente, se conservan cinco tipos de registros:

- documentación complementaria para la elaboración del PSA y su validación;
- registros y resultados generados por las actividades de monitoreo operativo y verificación;
- resultados de las investigaciones de incidentes;
- documentación de los métodos y procedimientos utilizados; y

- registros de los programas de formación del personal.

Un operario o administrador puede determinar, examinando los registros generados por el monitoreo operativo y la verificación, si una operación se aproxima a su límite operativo o crítico. El examen de los registros puede ser instrumental para determinar tendencias y realizar ajustes de las operaciones. Se recomienda el examen periódico de los registros del PSA para detectar tendencias y, en su caso, decidir qué medidas son pertinentes y ponerlas en práctica. Los registros resultan también fundamentales cuando la vigilancia se realiza mediante auditorías.

Deben utilizarse las estrategias de comunicación siguientes, entre otras:

- procedimientos para informar con prontitud de cualquier incidente significativo que se produzca en el sistema de abastecimiento de agua de consumo, incluida su notificación a la autoridad de salud pública;
- información resumida que deberá proporcionarse a los consumidores, por ejemplo en informes anuales y en Internet; y
- creación de mecanismos para atender las reclamaciones de la comunidad y para abordarlas de forma activa y puntual.

Los consumidores tienen un derecho fundamental a recibir información acerca de la seguridad del agua que se les suministra para consumo doméstico. No obstante, en muchas comunidades, el mero derecho a tener acceso a la información no garantizará que las personas conocen la calidad del agua que se les suministra; además, la probabilidad de consumir agua insalubre puede ser relativamente alta. Los organismos responsables del monitoreo deben, por consiguiente, elaborar estrategias para difundir y explicar la importancia de la información sobre la seguridad del agua. En el apartado 5.5 se proporciona más información relativa a la comunicación.