

Control de la calidad del agua

JAVIER DOMÉNECH

Farmacéutico. Diplomado en Ingeniería y Gestión Medio Ambiental. Especialista en Tecnología Ambiental.



La importancia de una calidad en los recursos hídricos para abastecimiento humano hace necesaria una revisión global y actualizada de nuestros conocimientos sobre el mundo del agua desde las fuentes de captación y sus problemas asociados hasta la distribución al consumidor. El autor aborda, entre otros, temas como la disponibilidad y vigilancia de los recursos hídricos y la repercusión que tiene en la salud la contaminación del agua.

Pese a la reiteración de la frase y su conversión en tópico de insistente repetición, el agua constituye un elemento esencial para la vida y para las actividades económicas. Desde que se formuló esta frase en la Carta del Agua del Consejo de Europa en 1968, no sólo no ha perdido relevancia y actualidad, sino que con el comienzo de este siglo forma parte del grueso de las políticas europeas y mundiales en materia de medio ambiente y de salud, que son una de las mayores preocupaciones y desafíos a los que se enfrenta nuestro Planeta y el ser humano que lo habita.

El estudio del agua en sus más diversas facetas, sobre todo en lo relativo a su química y a sus efectos sobre la salud, no es un campo extraño para el farmacéutico que, no obstante, no ha sabido defender o definir una estrategia profesional en el campo emergente del medio ambien-

te en general y los recursos hídricos en particular. Quizás el desfase entre los conocimientos adquiridos y su aplicación práctica o profesional esté precisamente en que no hemos sabido actualizarlos en concordancia con las nuevas exigencias y expectativas que se han ido abriendo paso en estos últimos tiempos, por lo que es necesario ofrecer una imagen más amplia, más dinámica y más actualizada de los aspectos que debe conocer un farmacéutico en relación con un recurso cada vez más escaso.

Es intención del presente trabajo abordar cuestiones relacionadas con la disponibilidad del agua, control y vigilancia de cauces y puntos de abastecimiento, calidad de agua en captación y en distribución, problemas sanitarios relacionados, etc. La necesidad de un planteamiento integrado es el paso previo para un mayor conocimien-

to de este campo, que iremos estudiando más detenidamente en posteriores trabajos.

Disponibilidad

Sobre la cantidad de agua dulce disponible para los seres que habitamos la Tierra se ha vertido mucha tinta. Bien es cierto que con datos aproximados estamos hablando del 0,5% del total que contiene nuestro planeta y que casi el 90% de esta cantidad se encuentra como agua subterránea, gran parte de la cual se encuentra demasiado profunda para ser explotada de forma económica. Considerando ciertas todas estas estimaciones y adoptando la normativa europea al respecto, la cantidad de este recurso con la calidad adecuada para ser considerada apta para el consumo previo

tratamiento se reduce a límites aún más bajos, lo que nos lleva a afirmar que el agua de calidad, pese a lo que podemos pensar cuando abrimos el grifo en un país desarrollado, es muy escasa.

Actualmente, la normativa española fija un mínimo de dotación de agua potable de 100 litros por habitante y día. Esta cifra legal se eleva en la práctica cotidiana (p. ej., cuando se proyectan estaciones potabilizadoras o nuevas redes de abastecimiento) a 250-300 litros por habitante y día, llegando a superar con facilidad, en las grandes capitales españolas, un consumo de 400 litros por habitante y día. Estas cifras astronómicas tienen su contrapunto en que en España sólo se destina aproximadamente el 8% del agua para consumo humano, repartiéndose el resto entre la industria y varios, con un 18-23% y la agricultura con más del 70%.

Para satisfacer los requerimientos de los recursos hídricos, se cuenta con dos fuentes fundamentales de aprovisionamiento: las aguas superficiales (ríos y embalses) y las aguas subterráneas, puesto que la cantidad tratada en desaladoras de agua de mar es inapreciable. Al contrario que en el resto de Europa, en nuestro país el abastecimiento para consumo de agua potable se realiza de manera predominante con aguas superficiales, según la AEAS (Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento), para poblaciones mayores de 20.000 habitantes se utiliza en un 79% este suministro, mientras que en poblaciones de menos de 20.000 personas las cifras se invierten, haciendo uso de las aguas superficiales sólo el 22% de los usuarios. Este dato resulta paradójico por cuanto la calidad del agua subterránea suele ser superior a la superficial, salvo en el caso de contaminación difusa por nitratos, muy extendida en ciertas regiones de nuestro país o casos puntuales de contaminación por arsénico u otros contaminantes de origen incierto, siendo además muy difíciles de descontaminar.

Vigilancia. Redes de control

Pese a ser el agua un recurso que afecta de manera muy directa a la



Esta estación automática de alerta, ubicada en el río Pisuerga, muestra la calidad del agua con dispositivos automáticos y conexión vía satélite al centro de control.

salud de la comunidad, su control compete en su mayor parte al Ministerio de Medio Ambiente, a las confederaciones u organismos de cuenca y a las consejerías autonómicas de Medio Ambiente con transferencias asignadas.

La aptitud del agua para satisfacer usos diversos en general, abastecimiento humano, baño, vida piscícola, industrias y regadíos se suele caracterizar en función de la superación o no, en un período temporal, de unos determinados valores para los distintos parámetros de calidad muestreados. Para ello, en España existen actualmente distintas redes de control que conforman un entramado de fuentes de información, no siempre coordinadas, que muestrean determinados puntos de nuestros ríos y acuíferos.

Entre las redes más usuales tenemos las denominadas COAS (Control Oficial de Abastecimientos), que controlan los abastecimientos urbanos y permiten realizar los análisis de prepotabilidad. Para medir el nivel de calidad general de la red fluvial se creó en 1962, por el antiguo Ministerio de Obras Públicas, la red COCA (Control Oficial de la Calidad del Agua), que desde entonces ha medido periódicamente aquellos parámetros que han servido

para confeccionar las estadísticas de los índices de calidad general (ICG). En la actualidad, estas dos redes, junto con la red Ictiofauna, se integraron para crear la ICA (Red Integrada de Calidad de Aguas), que tiene como finalidad controlar los tramos de río en función de su uso, realizando toma de muestras con una periodicidad mensual, trimestral, semestral o anual, y siendo el número de parámetros valorados hasta un total de 40, dependiendo de la estación. Las últimas en llegar a nivel estatal han sido las estaciones automáticas de alerta, ejecutadas bajo el proyecto SAICA (Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas), que desde 1993 suministran información continua, en tiempo real, a unos centros de control y decisión. Existen, además, otras redes como la Red Nacional de Control de Radiactividad Ambiental, que suministra información sobre diversos parámetros radiológicos de las aguas superficiales, y la Red de Observación de Calidad de Aguas Subterráneas (ROCAS).

Como ya hemos señalado anteriormente, las autoridades sanitarias son totalmente ajenas a estos programas de vigilancia y control, manteniendo únicamente sus competencias a partir de las estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) mediante la supervisión del cumplimiento del Reglamento Técnico Sanitario (RD 1.138/90). Además, como veremos más adelante, la Administración vigila y califica los criterios para agua de baño, tanto continentales como costeras, no disponiendo de ninguna infraestructura de red para este fin.

Criterios de aptitud para distintos usos

La contaminación se define en la Ley de Aguas como «la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica». En función del destino o uso final del agua, la legislación permite cierto

nivel de contaminación que tiene establecidos mediante distintos requerimientos de niveles de calidad, siendo éstos controlados por distintos organismos estatales o autonómicos.

Consumo humano

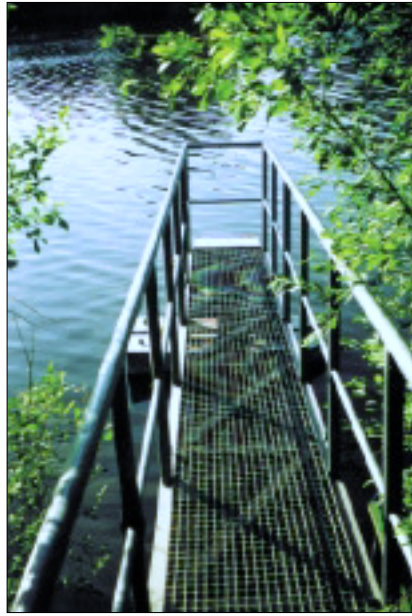
En las corrientes de agua superficial, en los tramos en que existan aprovechamientos destinados a abastecimiento de agua potable, serán clasificadas en tres categorías, según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización: A1, A2 y A3. Los requerimientos de calidad deben cumplirse en los puntos de toma para el abastecimiento, y son fijados y controlados por las confederaciones hidrográficas, que actuarán en consecuencia sobre las autorizaciones de vertidos que puedan impedir la adecuación del agua para su uso humano.

Las de tipo A1, de mejor calidad, sólo precisan un tratamiento físico y desinfección para su potabilidad; las de tipo A2, tratamiento físico, químico y desinfección, y las de tipo A3, tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección. Sólo en casos excepcionales recogidos en la normativa se puede emplear agua de calidad inferior a la A3 para la producción de agua potable, habiéndose de notificar por parte de cada país a la Comisión Europea. Un problema asociado a este planteamiento surge en los embalses que tienen tomas de agua a distintas profundidades, pudiéndose obtener una calidad diferente en cada punto, incluida la inferior a A3.

Baño

Los requisitos para asignar la calificación sanitaria del agua de baño en un punto de muestreo sí son competencia de los servicios de salud de las comunidades autónomas, que establecen, de acuerdo con la legislación vigente, las zonas de baño en tres categorías: Aguas «2», como aptas para el baño de muy buena calidad; Aguas «1», aptas de buena calidad, y Aguas «0», no aptas para el baño.

Aunque se determinan parámetros químicos, es la calidad microbiológica el principal aspecto a tener en cuenta en la calificación del tipo de agua de baño. Se pre-



Punto de muestreo de una estación automática de alerta provisto de sondas automáticas para medición de parámetros.

vén ciertas excepciones en el cumplimiento de algunos parámetros bajo circunstancias meteorológicas o geográficas excepcionales.

Regadío, vida piscícola, etc.

Siguen criterios diversos para el cumplimiento de las diferentes normativas y directrices a aplicar, siendo competencia, según los casos, de las confederaciones hidrográficas o de las comunidades autónomas con competencia en pesca y medio ambiente.

Otros criterios de aptitud

Fuera del ámbito normativo de obligado cumplimiento, existen también otros índices para determinar la calidad de nuestros cauces, independientemente de su uso. Así, disponemos del índice de calidad general (ICG), que pretende proporcionar un indicador agregado y global de la calidad del agua que se obtiene mediante una fórmula de agregación que integra 23 parámetros, representando la calidad del agua entre 0 (agua muy contaminada) y 100 (agua totalmente limpia).

Otro índice utilizado, éste para medir la contaminación orgánica producida por los vertidos urbanos, es la medida de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno), que permite establecer como «cauce

muy contaminado» a un valor por encima de 10 mg/l, o «débilmente contaminado» a un valor por debajo de 3 mg/l.

De extendido uso en muchos países europeos, y utilizado en menor medida en nuestro país, son los índices bióticos, que se basan en la clasificación de distintos organismos según su tolerancia a la contaminación. La principal ventaja de estos índices es que reflejan datos históricos y ofrecen información de «lo que ha pasado», mientras que los fisicoquímicos sólo nos reportan datos instantáneos. Asimismo, son útiles para el estudio de problemas de toxicidad crónica, ya que la medida de los parámetros fisicoquímicos sólo nos reporta información sobre toxicidad aguda.

Por último, sin llegar a tener representación específica en ningún tipo general de índice, uno de los parámetros más sencillos para evaluar de manera simple la salud biológica de un cauce es la medida del oxígeno disuelto, que será óptima cuando alcance niveles de saturación.

La contaminación del agua y la salud

No se puede entender la calidad del agua en referencia a la salud si no aceptamos la implicación en igual medida del saneamiento y la depuración de aguas negras, por un lado, y el abastecimiento de agua potable, por otro. La canalización de nuestros desechos por medios adecuados y su correcto tratamiento en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) previo al vertido a cauce es la primera medida de carácter preventivo en el control de las enfermedades de transmisión hídrica. Cuando este filtro falla o simplemente no existe, provocamos la contaminación del cauce y, en función de la gravedad de ésta, sus efectos pueden ser de carácter leve o desembocar en un problema de salud pública.

La contaminación que puede sufrir el agua por vertidos inadecuados va a ser, independiente de su origen urbano, industrial o agrícola, principalmente de tipo biológico o químico, implicando ambas

problemas para la salud humana y la adopción de medidas de protección, entre ellas la instalación de ETAP. No obstante, es muy importante que el sanitario sea capaz de diferenciar entre la contaminación que sufre un cauce debido directamente a los vertidos de aguas residuales y la calidad de agua destinada a abastecimiento antes de ser tratada, aún situados ambos puntos en el mismo río. (Es importante no olvidar que para autorizar un punto de abastecimiento éste debe reunir una serie de condiciones paramétricas.) Debemos tener también en cuenta que una corriente de agua no se contamina por el mero hecho de producirse un vertido, sino cuando éste supera o destruye la capacidad de autodepuración del río.

Contaminación biológica

Son tres los grupos de microorganismos que se pueden encontrar frecuentemente en el agua contaminada: virus, bacterias y protozoos; y cuatro los tipos de enfermedad de transmisión hídrica: las transmitidas a través del agua, las relacionadas con la higiene y el agua, las producidas por contacto con el agua y las transmitidas por vectores de hábitat acuático.

Las de mayor interés en países desarrollados son las enfermedades provocadas por todos los microorganismos cuya enfermedad se transmite a través del agua, y que se produce fundamentalmente por la contaminación de los recursos hídricos por las aguas residuales.

Las características de los microorganismos que contaminan el agua son:

– *Bacterias*. Son el grupo más importante en cuanto a frecuencia de detección tanto en vertidos como en agua potable y de epidemias de enfermedades registradas. No obstante, hay una tendencia a la disminución de la patología bacteriana de origen hídrico. En regiones templadas como la nuestra, la contaminación bacteriana incluye *Salmonella* (fiebre tifoidea y paratifoidea; gastroenteritis), *Campylobacter* (diarrea pediátrica), *Shigella* (disentería bacteriana), *Vibrio cholerae* (cólera), *Escherichia coli* (diarreas) y *Yersinia enterocolitica*

(yersiniosis). Como indicador de contaminación fecal, cuya presencia indica la posibilidad de presencia de patógenos intestinales, se utiliza fundamentalmente *Escherichia coli* y, en menor medida, los estreptococos fecales y los clostridio sulfito reductores.

– *Protozoos*. Existen dos de estos patógenos intestinales, *Giardia* y *Cryptosporidium*, que se encuentran con relativa frecuencia tanto en aguas brutas como en prepotables, y que, debido a su reciente descubrimiento y los brotes descritos, merecerían un estudio aparte inabarcable en este artículo. Su peligrosidad radica, obviando la patología que los acompaña, en que sus quistes son muy resistentes en el tiempo y difíciles de eliminar de las aguas residuales por tratamientos convencionales, resistiendo en algunos casos incluso la cloración realizada en las estaciones potabilizadoras.

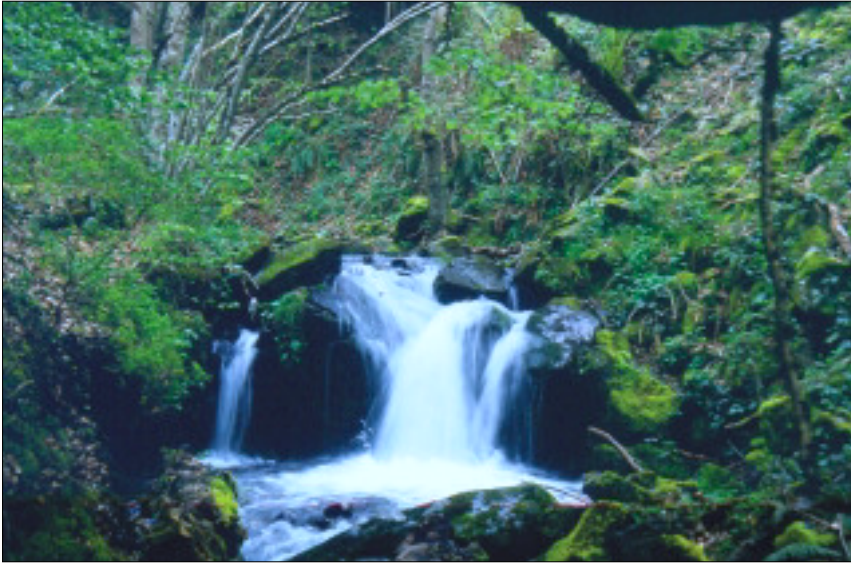
– *Virus*. Al contrario que las bacterias, la contaminación por virus es cada vez más frecuente y, al igual que los protozoos, no suelen verse afectados por los tratamientos de las plantas de aguas residuales. Dentro de los más de 100 tipos diferentes de virus entéricos que pueden ser patógenos para el hombre, los más frecuentes transmitidos por el agua son los adenovirus, enterovirus, virus de la hepatitis A, virus Norwalk y rotavirus.

Contaminación química

En la práctica, ninguna sustancia química está pura, ya sea en su estado natural o preparada por el hombre. No obstante, la mayor parte de las sustancias químicas industriales contiene un nivel de impurezas que se mide en tantos por ciento. En aguas, rara vez se trabaja con fuentes que tengan niveles porcentuales de impurezas, excepto en el caso de agua de mar, aguas salobres o determinadas aguas de desecho de origen industrial. El profesional sanitario de aguas que trabaja con agua dulce mide el nivel de impurezas en partes por millón o, de manera análoga, en mg/l. Por tanto, aunque desde un punto de vista legislativo e incluso ecológico hablemos de contaminación, es importante reconocer que los términos de impureza y contaminación son subjetivos. Salvando esta cuestión de carácter semántico y químico, el aporte de sustancias orgánicas e inorgánicas, independientemente de su origen urbano, industrial o agrícola, provocan un deterioro o alteración de las características naturales del agua que la convierten en no deseable para determinados usos: contaminación. Pensemos que el número de compuestos químicos sintetizados hasta ahora supera los 2 millones, y cada año se realizan un promedio de 250.000 nuevas formulaciones,



El control y vigilancia de los cauces de los ríos es de vital importancia para garantizar la calidad del agua consumida.



En España, sólo se destina un 8% del agua para consumo humano, mientras que la agricultura consume más del 70%.

de las que unas 500 alcanzan la producción comercial. Pues bien, muchas de estas sustancias acaban, de una manera o de otra, en el agua. No obstante, de manera general, el riesgo que presentan para la salud las sustancias químicas tóxicas que se encuentran en el agua es distinto del que suponen los contaminantes microbiológicos. Son pocas las sustancias químicas presentes en el agua que puedan causar problemas de salud agudos, salvo la contaminación accidental masiva de un abastecimiento. Además, la experiencia demuestra que cuando esto se produce es imposible beber el agua debido a su sabor, su olor y su apariencia inaceptable.

La contaminación química puede ser provocada por componentes orgánicos o inorgánicos, y su descripción y clasificación es tan extensa que, como en el caso anterior, se escapa del alcance de este artículo. No obstante, hay que resaltar que en los últimos tiempos hay una preocupación creciente por la elevada presencia de productos fitosanitarios en las aguas superficiales y subterráneas (herbicidas, plaguicidas, pesticidas, fertilizantes), que empiezan a detectarse también en las aguas de consumo y cuyo efecto a largo plazo desconocemos.

Contaminación por algas y sus toxinas
Es difícil discernir entre un tipo de contaminación biológica (ya

que se trata de algas) o química (pues son compuestos de tipo químico los originarios del problema). Este tipo de contaminación está cada vez más extendida y sus épocas de mayor incidencia son la primavera y el verano, que es cuando se produce un aumento desmesurado de estos organismos y se multiplican sus efectos. Aunque el riesgo directo para la salud humana es limitado, la presencia de determinadas sustancias producidas por algas origina problemas de sabor y olor en el agua que han llegado a provocar cierres temporales de plantas de tratamiento o graves problemas en su operación.

Agua de abastecimiento y riesgo sanitario

Una vez conocida de manera somera la contaminación que fluye por nuestros cauces, hay que preguntarse en qué medida las instalaciones de tratamiento de agua potable y las redes de distribución de que disponemos suponen una garantía suficiente para nuestra salud. La legislación sanitaria vigente al respecto está desarrollada en el Reglamento Técnico Sanitario contemplado en el RD 1.138/1990, y aclara poco o nada sobre el diseño y ejecución de ETAP, redes de abastecimiento y demás instalaciones, limitándose a señalar, de manera muy genérica, en sus títulos III, IV y V, sus requisitos

higiénico-sanitarios. En lo que respecta al control analítico del agua para consumo, no recoge de manera íntegra los nuevos factores emergentes (plaguicidas, determinados compuestos de origen industrial, trihalometanos). Esperaremos a la transposición de la Directiva 98/83/CE, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, para valorar hasta qué punto la normativa española es capaz de incorporar los nuevos elementos de riesgo, de los que disponemos de datos más actuales.

En ausencia de una legislación de marcate estrecho, nos confiaremos a la ingeniería sanitaria para conocer los problemas que se presentan en los servicios de aguas municipales o privados que nos suministran tan preciado bien.

Aguas de captación y plantas de tratamiento

Estos dos conceptos van íntimamente ligados, pues un agua de mala calidad va a dar problemas en el proceso de potabilización. Aunque algunos de estos problemas ya han sido nombrados o descritos más arriba, aquí vamos a señalar los que precisan de especiales medidas de tratamiento o los que sencillamente las instalaciones actuales no son capaces de eliminar o depurar, convirtiéndose, por tanto, en riesgo sanitario latente:

– *Nitratos*. Es un problema muy común en zonas rurales con agricultura intensiva y captaciones subterráneas. Su eliminación es imposible por medio de plantas de tratamiento convencionales. Está regulada, en el RD 1.138/90, una concentración máxima admisible de 50 mg/l, siendo comunes en nuestro país captaciones por encima de 80 mg/l. La alta concentración en nitratos puede producir, sobre todo en lactantes, metahemoglobinemia, además de problemas gastrointestinales en adultos. Los tratamientos válidos para reducir la concentración de nitratos se basan en la utilización de resinas intercambiadoras o, si el municipio dispone de recursos económicos suficientes, de ósmosis inversa.

– *Plaguicidas y similares*. Como en el caso anterior, cada vez es un

problema más común y preocupante, teniéndose que llegar a la resolución por medio de medidas legislativas: la Unión Europea regula su concentración en agua de consumo y prohíbe la utilización de determinados pesticidas. La capacidad de las plantas de tratamiento convencionales para eliminar totalmente estos compuestos es muy limitada, por lo que el riesgo para la salud es, si cabe, mayor que con otros compuestos y puede ir en aumento en los próximos años.

– *Compuestos industriales.* Hidrocarburos aromáticos policíclicos y disolventes orgánicos entran dentro del extenso catálogo de productos que tienen una procedencia industrial y que, cada vez con mayor frecuencia, aparecen en nuestros grifos. Ambos son potencialmente cancerígenos, y tanto la OMS como los organismos y países europeos han establecido límites en el agua para uso humano. Los disolventes industriales se encuentran más frecuentemente en captaciones subterráneas y crean tremendos problemas en las instalaciones de agua, mientras que los hidrocarburos, que se pueden encontrar tanto en agua subterránea como superficial, precisan para su eliminación de un tratamiento terciario con carbón activado, dispositivo éste que no está generalizado en las plantas de tratamiento.

– *Microorganismos patógenos.* El riesgo principal de éstos radica en aquellos grupos o especies en que no existe garantía de eliminación total por parte de las instalaciones de tratamiento de agua potable, como son los quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia*, así como de determinados tipos de virus.

– *Otros riesgos para la salud.* En ocasiones es la planta de tratamiento el origen de un problema sanitario, como es el caso de la elevada concentración de aluminio en el agua de bebida. Las razones para el incremento de los valores de este elemento en el agua está normalmente asociado a una deficiente operación en el proceso de tratamiento que utiliza sales de aluminio como coagulante. Este elemento está relacionándose en algunos estudios con la enfermedad del Alzheimer.

Sin llegar a ser un riesgo directo, la turbidez en el agua, además de denunciar un inadecuado tratamiento, implica la presencia de microorganismos debido a la ineficacia de la desinfección por cloración en un agua turbia.

Problemas en la red de abastecimiento

El agua que fluye potable a la salida de la planta de tratamiento no tiene por qué serlo en la apertura de un grifo cualquiera. Ya sea por problemas propios de la red o del sistema de cañerías de las viviendas, hay multitud de factores que condicionan la estabilidad de las características del agua, convirtiéndola en un líquido no deseable en ocasiones y no potable en otras.

Los problemas más comunes en las tuberías de distribución son el crecimiento de microorganismos, la presencia de algunos invertebrados (larvas de insectos, moluscos) y la presencia de materia orgánica.

El agua es un recurso escaso de gran importancia para la salud que, sin embargo, se encuentra fuera del control de las autoridades sanitarias en muchos de sus puntos críticos

El origen de estos problemas suele estar en una cloración inadecuada, en las grietas o fisuras de las tuberías y en las averías y reparaciones que se producen en la red de distribución.

Conclusiones

– El agua es un recurso escaso de gran importancia para la salud que, sin embargo, se encuentra fuera del control de las autoridades sanitarias en muchos de sus puntos críticos.

– El profesional sanitario debe conocer todos los mecanismos e instrumentos que rigen el ciclo del

agua potable para saber valorar la presentación de un brote epidémico o un simple problema de salud relacionado con los recursos hídricos.

– La calidad del agua se puede deteriorar durante todo su ciclo, causando distintos problemas sanitarios que son de diferente intensidad en función del origen de la contaminación y de sus características. □

Bibliografía y notas

- Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (DOCE L330, de 5 de diciembre).
- Gray NF. Calidad del agua potable. Zaragoza: Acribia, 1996.
- Guías para la calidad del agua potable (I). 2.ª ed. Ginebra: OMS, 1995.
- Hernández Suárez M. El concepto de calidad del agua. Tecnología del Agua 1994;129:49-53.
- Kremmer FN. Manual del agua (I). México: McGraw-Hill, 1989.
- Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas (BOE de 8 de agosto).
- Libro blanco del agua. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2000.
- McGhee TJ. Abastecimiento de agua y alcantarillado. 6.ª ed. Santafé de Bogotá: McGraw Hill Interamericana, 1999.
- Orden del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, de 11 de mayo de 1988, sobre características básicas de calidad que deben ser mantenidas en las corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de agua potable (BOE de 24 de mayo).
- Pérez López JA, Espigares M. Estudio sanitario del agua. Granada: Universidad de Granada, 1995.
- Real Decreto 1.138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (BOE de 20 de septiembre).
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas (BOE de 30 de abril).

Nota

Todas las fotos publicadas en este trabajo han sido realizadas por Ángel Martínez Cevallos.