



Autocontrol en el servicio de suministro de agua

Manual básico de gestión
de los riesgos para la salud

Colección_ **Documentos de Trabajo**

Autocontrol en el servicio de suministro de agua

Manual básico de gestión
de los riesgos para la salud

Colección_ **Documentos de Trabajo**

Serie_ Salud Pública, 2



**Diputació
Barcelona**
xarxa de municipis

Direcció

M^a. Dolores Esponera Martín (Servei de Salut Pública i Consum. Diputació de Barcelona)

Revisió

Mercedes Moreno Díaz (Servei de Salut Pública i Consum. Diputació de Barcelona)

Autores

Marta Calvet i Roca (Gestió Integral d'Aigües de Catalunya, AIE)

Eva Corbella Ferràs (Gestió Integral d'Aigües de Catalunya, AIE)

Aureliano García Ruz (Gestió Integral d'Aigües de Catalunya, AIE)

Carlos López García (Gestió Integral d'Aigües de Catalunya, AIE)

Xavier Tayà i Lozano (Gestió Integral d'Aigües de Catalunya, AIE)

Ricard Tomàs i Puig (Gestió Integral d'Aigües de Catalunya, AIE)

© Diputació de Barcelona

Primera edició: julio de 2008

Diseño y producción: Direcció de Comunicació
de la Diputació de Barcelona

ISBN: 978-84-9803-178-2

Índice

Presentación	9
1. Introducción. El ciclo del agua	11
1.1. Introducción	11
1.2. El ciclo del agua	12
2. Normativa básica. Requisitos de los manipuladores	15
2.1. Normativa básica	15
2.2. Normativa reguladora de los factores que intervienen en la calidad del agua	17
2.2.1. Calidad y características del agua captada	18
2.2.2. Tecnologías utilizadas en el tratamiento del agua: procedimiento y materiales	18
2.2.3. Factor humano. Requisitos de los manipuladores	20
3. Análisis de peligros y puntos de control crítico en el sistema de suministro de aguas de consumo humano	23
3.1. Introducción	23
3.2. Aplicación del sistema APPCC	23
3.2.1. Diagrama de flujo	24
3.2.2. Identificación y análisis de los posibles peligros, así como de sus causas, para cada punto del proceso. Determinación de las medidas preventivas adecuadas	25
3.2.3. Determinación de los puntos del proceso en los cuales el control es crítico (PCC)	28
3.2.4. Establecimiento de un límite o unos límites críticos para cada PCC .	30
3.2.5. Establecimiento de un sistema de vigilancia del control de los PCC .	30
3.2.6. Establecimiento de las medidas correctoras que se deben adoptar cuando la vigilancia indica que un PCC no está controlado	31
3.2.7. Verificar el sistema	32
3.2.8. Documentar el plan APPCC: registro y archivo	32
3.2.9. Revisar el sistema	32
3.3. Prerrequisitos	32

4. Los procesos de tratamiento	37
4.1. Introducción	37
4.2. Coagulación/floculación	38
4.3. Decantación	39
4.4. Filtración	40
4.5. Desinfección	42
4.6. Cloración	44
4.6.1. Medidas de seguridad	44
4.6.2. Cómo actúa el cloro	45
4.6.3. Dónde clorar	46
4.6.4. Cómo dosificar	46
4.6.5. Cómo controlar el nivel del cloro en el agua: cloro libre y cloro total ..	50
5. Plan de mantenimiento y limpieza de depósitos y tuberías	53
5.1. Depósitos	53
5.1.1. Operaciones que se deben llevar a cabo	53
5.1.2. Frecuencia	54
5.1.3. Protocolos	55
5.1.4. Observaciones para un diseño adecuado de los depósitos	56
5.2. Tuberías	56
5.2.1. Operaciones que se deben llevar a cabo	56
5.2.2. Frecuencia	57
5.2.3. Protocolos	57
5.2.4. Observaciones para un diseño adecuado de la red de tuberías ...	58
6. Toma de muestras	59
6.1. Importancia de la toma de muestras	59
6.2. Plan de muestreo	59
6.3. Puntos de toma de muestras: representatividad	59
6.4. Material	60
6.4.1. Envases	60
6.4.2. Otros instrumentos necesarios	61
6.5. Procedimiento de toma de muestras	62
6.5.1. Precauciones	62
6.5.2. Procedimiento	62
6.6. Almacenamiento y transporte	64
6.7. Análisis microbiológicos y químicos	64
6.8. Control del desinfectante residual	65
6.9. Exámenes organolépticos	68
7. Enfermedades transmitidas por el agua. Agentes microbiológicos y químicos como indicadores	71
7.1. Agentes microbiológicos	72
7.1.1. Tipos de agentes microbiológicos	72

7.1.2. Condiciones que favorecen la reproducción de los microorganismos	73
7.1.3. Transmisión de las enfermedades	73
7.1.4. Principales enfermedades causadas por los agentes microbiológicos	74
7.1.5. Los agentes microbiológicos como indicadores	75
7.2. Agentes químicos	76
7.2.1. Los agentes químicos como indicadores	76
7.2.2. Enfermedades causadas por los agentes químicos	78

Presentación

El agua es un bien natural, común e indispensable para la vida: es necesaria para la supervivencia y básica para la mejora de la salud y la calidad de vida de las personas, y también es un factor esencial en todos los sectores del desarrollo económico y social.

Ahora bien, el agua es igualmente un bien escaso que no se tiene que malgastar y del que hemos de tener cuidado con tal de garantizar la calidad. Esta realidad obliga a establecer sistemas de gestión integrada entre las partes implicadas en las diferentes fases del suministro, para asegurar que el agua llega a los consumidores en plenas garantías sanitarias.

La Diputació de Barcelona, por medio del Área de Salud Pública y Consumo, contribuye a hacer posible esta gestión, y lo hace dando apoyo a los municipios en el control de los riesgos para la salud relacionados con las aguas de consumo humano. En este sentido, el manual que presentamos constituye una herramienta útil para las personas que participan directamente en el mantenimiento de la red de suministro. El manual ofrece numerosas propuestas para mejorar la tarea de control de la calidad sanitaria del agua. Confiemos que, de esta manera, los pueblos, ciudades y villas dispongan de un nuevo valor añadido al servicio público de calidad que los ayuntamientos ofrecen.

Dolores Gómez Fernández
Presidenta delegada del Área de Salud
Pública y Consumo

1. Introducción. El ciclo del agua

1.1. Introducción

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la mayoría de las actividades económicas; insustituible, no ampliable en cantidad por la voluntad del ser humano, irregular en la forma en que se presenta en el espacio y a lo largo del tiempo, vulnerable y susceptible de usos sucesivos.

Asimismo, el agua constituye un recurso unitario, que se renueva mediante el ciclo hidrogeológico y que conserva, a efectos prácticos, una magnitud casi constante dentro de cada una de las cuencas hidrográficas.



1. Sin agua no hay vida posible. Es un bien preciado, indispensable a toda actividad humana.
2. Los recursos de agua dulce no son inagotables; es indispensable preservarlos, controlarlos y, si es posible, acrecentarlos.
3. Alterar la calidad del agua es perjudicar la vida del hombre y de los otros seres vivos que de ella dependen.
4. La calidad del agua debe ser preservada de acuerdo con normas adaptadas a los diversos usos previstos y satisfacer especialmente las exigencias sanitarias.
5. Cuando las aguas, después de utilizadas, se reintegran a la naturaleza, no deberán comprometer el uso ulterior, público o privado, que de ésta se haga.
6. El mantenimiento de la cobertura vegetal adecuada, preferentemente forestal, es esencial para la conservación de los recursos hídricos.
7. Los recursos hídricos deben inventariarse.
8. Para una adecuada administración del agua es preciso que las autoridades competentes establezcan el correspondiente plan.
9. La protección de las aguas implica un importante esfuerzo, tanto en la investigación científica como en la preparación de especialistas y en la información del público.
10. El agua es un patrimonio común, cuyo valor debe ser reconocido por todos. Cada uno tiene el deber de utilizarla con cuidado y no desperdiciarla.
11. La administración de los recursos hidráulicos debiera encuadrarse más bien en el marco de las cuencas naturales que en el de las fronteras administrativas y políticas.
12. El agua no tiene fronteras. Es un recurso común que necesita de la cooperación internacional.

FIGURA 1. *El interés del agua como recurso se resume en la Carta Europea del Agua, proclamada por el Consejo de Europa (Estrasburgo, 6 de mayo de 1968)*

En la naturaleza, el agua puede presentarse en los tres estados físicos de la materia: sólido, líquido y gaseoso, pasando de forma continua de un estado a otro.

En estado gaseoso se encuentra en la atmósfera: la humedad y el vapor de agua, que dan lugar a las nubes. En estado líquido se encuentra en el subsuelo y formando ríos, lagos y mares. En estado sólido se presenta en forma de nieve y de hielo.

El 97% del agua del planeta se halla en los océanos, y el resto se reparte entre lagos, ríos, humedad del suelo, nieve y en la atmósfera. Tan sólo un 2,6% del total del agua es dulce y sirve para el consumo humano.

1.2. El ciclo del agua

El agua del vapor atmosférico se condensa, se precipita en forma de lluvia, granizo o nieve, y llega a la tierra. Una parte de esa agua es retenida por el terreno en superficie (almacenamiento superficial), otra circula por ríos y arroyos, y llega a los lagos o al mar (escorrentía superficial), y otra se filtra en el terreno y queda a disposición de los vegetales o pasa a capas más profundas: de este modo se forman las aguas subterráneas. Desde los acuíferos puede salir a la superficie por fuentes naturales o por pozos.

La evaporación del agua superficial por acción de la temperatura, y la transpiración de los vegetales, hacen que este elemento llegue, formando las nubes, a la atmósfera, donde se condensa y se precipita otra vez al suelo en forma de lluvia o nieve.

Todo este proceso se conoce como *ciclo hidrológico* o *del agua*.

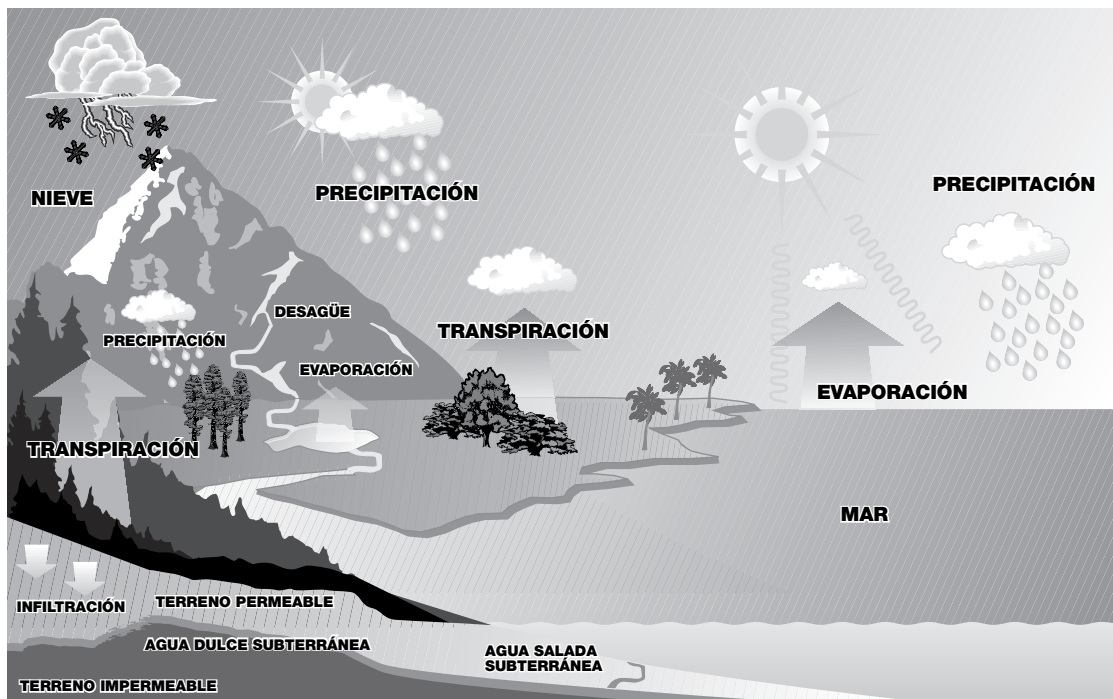


FIGURA 2. El ciclo del agua (ITGE, 1991).

La actividad humana se introduce en este ciclo realizando captaciones de agua superficial o del subsuelo para su posterior utilización. Según las características del agua, y según

para qué se quiera utilizar, ésta puede requerir un tratamiento previo (procesos de potabilización, desinfección, etc.).

Después de su uso, el agua se devuelve a la naturaleza mediante vertidos de las aguas residuales a los ríos, a los lagos o al mar. Antes del vertido es necesario tratar o depurar esa agua, para eliminar los contaminantes que pueda haber adquirido durante su utilización. De este modo, se reducirá el impacto que puede causar al medio ambiente y no se estropeará el recurso hídrico, que seguirá estando disponible para futuros usos.

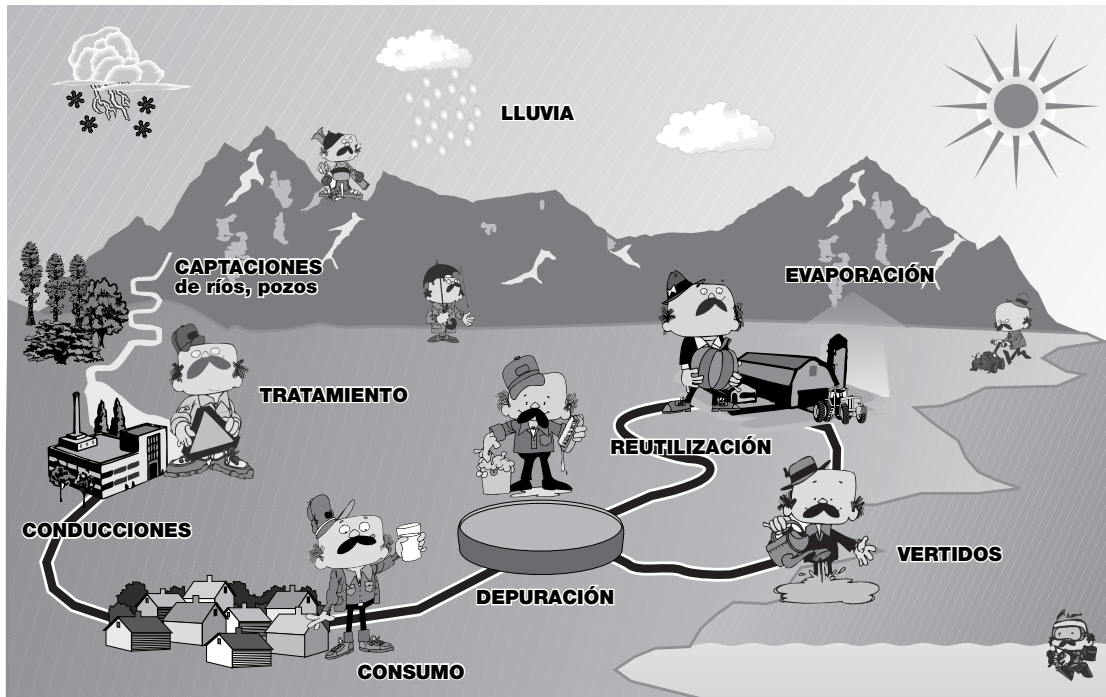


FIGURA 3. Introducción de la actividad humana en el ciclo del agua.

La empresa suministradora de agua para consumo humano interviene en algunas fases de este ciclo hidrológico y las controla:

- Fase de **captación**: de pozos, ríos, lagos...
- Fase de **tratamiento**: potabilización (filtración, cloración, etc.).
- Fase de **suministro** y conducción hasta los consumidores.

Según cómo se realicen estas fases, la calidad y las características del agua suministrada pueden variar, y un procedimiento inadecuado puede afectar a la salud de los consumidores.

La calidad en la realización de estas fases propias de la empresa suministradora del agua depende de dos factores:

- Factores o medios técnicos.
- Factores humanos. Formación del personal.

Con este curso se pretende cubrir una parte de esa formación del personal, con el objetivo de **garantizar una calidad adecuada del agua suministrada** para el consumo humano y **proteger así la salud de los consumidores**.

2. Normativa básica. Requisitos de los manipuladores

Históricamente, el ser humano ha protegido y tratado el agua para evitar las enfermedades asociadas a su consumo. Así, por ejemplo, los romanos construyeron una extensa red de acueductos con el fin de garantizar el suministro de aguas limpias a los ciudadanos. En Londres, la primera obra de bombeo de aguas finalizó en el año 1562. Asimismo, el Dr. John Snow intentó, por primera vez, desinfectar con cloro el suministro de agua de bombas de Broad Street, tras un brote de cólera en Londres.

Posteriormente, tanto los sistemas de suministro como los de tratamiento se hicieron más complejos y sofisticados, y se consideró la necesidad de establecer una normativa que garantizase la seguridad de los consumidores en materia de salud.

2.1. Normativa básica

Como normativa básica relativa a la protección de la salud de las personas en España, la primera referencia se encuentra en la **Constitución Española (1978)**, donde se lee lo siguiente:

«Artículo 43.

1. Se reconoce el derecho a la protección de la salud.
2. Compete a los poderes públicos organizar y tutelar la salud pública a través de medidas preventivas y de las prestaciones y servicios necesarios. La ley establecerá los derechos y deberes de todos al respecto.»

De acuerdo con estas premisas, la **Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad**, dispone:

«Artículo 3.

1. Los medios y actuaciones del sistema sanitario estarán orientados prioritariamente a la promoción de la salud y a la prevención de las enfermedades.

Artículo 6.

Las actuaciones de las administraciones públicas sanitarias estarán orientadas:

1. A la promoción de la salud.

2. A promover el interés individual, familiar y social por la salud mediante la adecuada educación sanitaria de la población.
3. A garantizar que cuantas acciones sanitarias se desarrollen estén dirigidas a la prevención de las enfermedades y no sólo a la curación de las mismas.

Artículo 18.

Las administraciones públicas, a través de sus servicios de salud y de los órganos competentes en cada caso, desarrollarán las siguientes actuaciones:

[...]

6. **La promoción y la mejora de los sistemas de saneamiento, abastecimiento de aguas**, eliminación y tratamiento de residuos líquidos y sólidos; la promoción y mejora de los sistemas de saneamiento y control del aire, con especial atención a la contaminación atmosférica; la vigilancia sanitaria y adecuación a la salud del medio ambiente en todos los ámbitos de la vida, incluyendo la vivienda.

[...]

Artículo 19

1. Los poderes públicos prestarán especial atención a la sanidad ambiental, que deberá tener la correspondiente consideración en los programas de salud.
2. Las autoridades sanitarias propondrán o participarán con otros departamentos en la **elaboración y ejecución de la legislación sobre:**
 - a) Calidad del aire.
 - b) **Aguas.**
 - c) Alimentos e industrias alimentarias.
 - d) Residuos orgánicos sólidos y líquidos.
 - e) El suelo y el subsuelo.
 - f) Las distintas formas de energía.
 - g) Transporte colectivo.
 - h) Sustancias tóxicas y peligrosas.
 - i) La vivienda y el urbanismo.
 - j) El medio escolar y deportivo.
 - k) El medio laboral.
 - l) Lugares, locales e instalaciones de esparcimiento público.
 - m) Cualquier otro aspecto del medio ambiente relacionado con la salud.»

- La Ley 7/2003, de Protección de la Salud, dice:

«Artículo 45.

Los servicios mínimos de los entes locales en materia de protección de la salud.

1. Los entes locales, de conformidad con las respectivas competencias, establecidas por las leyes 15/1990 y 8/1987 y por la normativa sanitaria específica, son competentes para prestar los siguientes servicios mínimos en materia de protección de la salud:

- a) La **educación sanitaria** en materia de protección de la salud en el ámbito de las competencias locales. [...]
- c) La **gestión del riesgo para la salud en lo que concierne a las aguas de consumo público**. [...]»

La normativa básica relativa a la captación, gestión, control y distribución de agua de consumo humano queda constituida por el **Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano**.

El objetivo del presente decreto es fijar los **criterios sanitarios** que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro, en el proceso que va desde la captación hasta la llegada del agua al grifo del consumidor. Asimismo, establece criterios de control para garantizar su salubridad, calidad y pureza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

El **agua de consumo humano** se define como:

«– Todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas o de depósitos públicos o privados.

– Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de sustancias o productos destinados al consumo humano, así como las utilizadas en la limpieza de superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.

– Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.»

El Real Decreto también fija **criterios de calidad** del agua de consumo humano, que será salubre y limpia. No debe contener ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia extraña en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana. Asimismo, debe cumplir algunos requisitos paramétricos específicos.

Los límites y niveles de calidad deben cumplirse en el punto de consumo (grifo del consumidor).

2.2. Normativa reguladora de los factores que intervienen en la calidad del agua

La calidad y las características del agua de consumo humano dependen de tres grandes factores:

- La **calidad y las características que tiene el agua en origen**.

- Las tecnologías empleadas para el tratamiento y la adecuación a los requisitos previos para el consumo humano.
- El factor humano que interviene en todos los procesos, desde la captación del agua hasta que ésta llega al grifo del consumidor.

2.2.1. Calidad y características del agua captada

En cuanto a la calidad y el origen del agua captada, en el **RD 140/2003** se afirma que el agua destinada al consumo humano puede tener cualquier origen, siempre y cuando no represente un riesgo para la salud de la población.

En ese mismo decreto se hace referencia a los parámetros analíticos establecidos en el **Real Decreto 927/1988**, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica,¹ y a toda aquella legislación que le sea aplicable.

El mencionado **RD 140/2003** establece que el agua de la captación deberá tener las características necesarias para que pueda ser potabilizada con los tratamientos previstos en el abastecimiento.

Asimismo, en relación con la construcción de la instalación para captar agua, se dispone que se deben observar las medidas de protección adecuadas y señalizarla de forma visible. De este modo se podrá identificar con facilidad como un punto de captación de agua destinada al abastecimiento de la población, con el objetivo de evitar la contaminación y la degradación de la calidad de esa agua.

De conformidad con el **RD 927/1988** y sus posteriores modificaciones, y con la **Orden de 11 de mayo de 1988**, sobre características básicas de calidad que deben mantenerse en las corrientes de aguas superficiales cuando estén destinadas a la producción de agua potable, se establecen tres grupos de aguas, según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización.

- Tipo A1. Tratamiento físico simple y desinfección
- Tipo A2. Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección
- Tipo A3. Tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección.

De acuerdo con esta clasificación, se establecen unos límites paramétricos que acotan sus características.²

2.2.2. Tecnologías utilizadas en el tratamiento del agua: procedimiento y materiales

El **RD 140/2003** determina ciertos criterios que deben seguirse en los procesos de potabilización del agua destinada al consumo humano.³

1. Véase la tabla de la fig. 4.

2. Véase tabla en fig. 4.

3. Véase el capítulo 4.

Tabla

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	–	(6,5-8,5)	(5,5-9)	(5,5-9)
Color	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en suspensión	mg/l	(25)	–	–
Temperatura	° C	25	25	25
Conductividad a 20° C	µS/cm	(1.000)	(1.000)	(1.000)
Nitratos*	mg/l NO ₃	50	50	50
Fluoruros (1)	mg/l F	1,5	(0,7/1,7)	(0,7/1,7)
Hierro disuelto	mg/l Fe	0,3	2	(1)
Manganeso	mg/l Mn	(0,05)	(0,1)	(1)
Cobre	mg/l Cu	0,05 (0)	(0,05)	(1)
Cinc	mg/l Zn	3	5	5
Boro	mg/l B	(1)	(1)	(1)
Arsénico	mg/l As	0,05	0,05	0,1
Cadmio	mg/l Cd	0,005	0,005	0,005
Cromo total	mg/l Cr	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg/l Pb	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg/l Se	0,01	0,01	0,01
Mercurio	mg/l Hg	0,001	0,001	0,001
Bario	mg/l Ba	0,1	1	1
Cianuros	mg/l CN	0,05	0,05	0,05
Sulfatos**	mg/l SO ₄	250	250 (0)	250 (0)
Cloruros**	mg/l Cl	(200)	(200)	(200)
Detergentes	mg/l (laurilsulfato)	(0,2)	(0,2)	(0,5)
Fosfatos* (2)	mg/l P ₂ O ₃	(0,4)	(0,7)	(0,7)
Fenoles	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,005	(0,1)
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (tras extracción en éter de petróleo)	mg/l	0,05	0,2	1
Carburos aromáticos policíclicos	mg/l	0,0002	0,0002	0,001
Plaguicidas totales	mg/l	0,001	0,0025	0,005
DQO(*)	mg/l O ₂	–	–	(30)
Oxígeno disuelto*	% satur	(70)	(50)	(30)
DBO ₅ (*)	mg/l O ₂	(3)	(5)	(7)
Nitrógeno Kejeldahl	mg/l N	(1)	(2)	(3)
Amoníaco	mg/l NH ₄	(0,05)	1,5	4 (0)
Sustancias extraíbles con cloroformo	mg/l SEC	(0,01)	(0,2)	(0,5)
Coliformes totales 37° C	100 ml	(50)	(5.000)	(50.000)
Coliformes fecales	100 ml	(20)	(2.000)	(20.000)
Estreptococos fecales	100 ml	(20)	(1.000)	(10.000)
Salmonellas	–	Ausente en 5.000 ml	Ausente en 1.000 ml	–

FIGURA 4. Límites paramétricos establecidos de acuerdo con el grado de tratamiento que debe recibir el agua captada (RD 927/1988, Orden de 11 de mayo de 1988)

* En lagos poco profundos de lenta renovación

** Salvo que no existan aguas más aptas para el consumo.

Este texto establece los criterios para escoger los materiales de construcción que deben estar en contacto con el agua, de manera que no la contaminen ni empeoren su calidad, y, por tanto, no haya ningún riesgo para la salud de la población a la que se suministra. Los depósitos y las redes de distribución del agua de consumo han de cumplir unas características determinadas, y es preciso fijar planes de mantenimiento de las instalaciones.⁴

Asimismo, las sustancias que se utilizan en el tratamiento del agua deben cumplir la normativa UNE-EN correspondiente para cada producto, y también el RD 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas. Del mismo modo, deben cumplir la Orden SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano. Esta última orden sustituye al Anexo II del RD 140/2003.

2.2.3. Factor humano. Requisitos de los manipuladores

En lo que respecta al personal implicado, el RD 140/2003 establece lo siguiente:

«Art. 15. Personal

El personal que trabaje en el abastecimiento en tareas en contacto directo con agua de consumo humano deberá cumplir los **requisitos técnicos y sanitarios que dispone el Real Decreto 202/2000**, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos.»

Eso significa que el personal de las empresas gestoras de agua de consumo humano debe **cumplir los mismos requisitos que los manipuladores de alimentos**, es decir, las empresas de suministro de agua se consideran empresas alimentarias. En cuestión sanitaria, el agua se considera un alimento y, por tanto, debe cumplir los requisitos de éstos.

De conformidad con el RD 202/2000, son **manipuladores de alimentos** todas aquellas personas que, por su actividad laboral, tienen un contacto directo con los alimentos durante su preparación, fabricación, transformación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte, distribución, venta, suministro y servicio. En el caso que nos ocupa, serían **todas aquellas personas que pueden tener contacto directo con el agua de consumo humano en cualquiera de las etapas del suministro: captación, tratamiento, conducción y distribución al consumidor final.**

El personal que está en contacto directo con el agua puede provocar que los organismos que causan enfermedades pasen al agua.⁵

Esta contaminación puede producirse de dos maneras:

1. Por descuido o negligencia en la forma de trabajar. Es importante la profesionalidad y la formación específica del trabajador respecto al trabajo que realiza.
2. A causa de las condiciones personales del trabajador: condiciones de higiene personal, enfermedades, comportamiento, etc.

4. Véase el capítulo 5.

5. Véase el capítulo 7.

La contaminación se puede dar de acuerdo con la siguiente secuencia:

1. Los microorganismos que pueden provocar enfermedades se encuentran en cantidad suficiente en heces, orina, nariz, oídos u otras zonas del cuerpo.
2. Pasan a las manos, a otras zonas del cuerpo o a la ropa, y luego entran en contacto con el agua.
3. Las condiciones o características del agua (temperatura, sales, nivel de cloro, etc.) permiten a los microorganismos sobrevivir e incluso crecer.
4. El agua, después de esta contaminación, no sufre un tratamiento desinfectante efectivo capaz de eliminar los microorganismos, y éstos llegan hasta el grifo del consumidor.
5. Si el número de microorganismos que llegan al consumidor es lo bastante importante, pueden provocar una enfermedad.

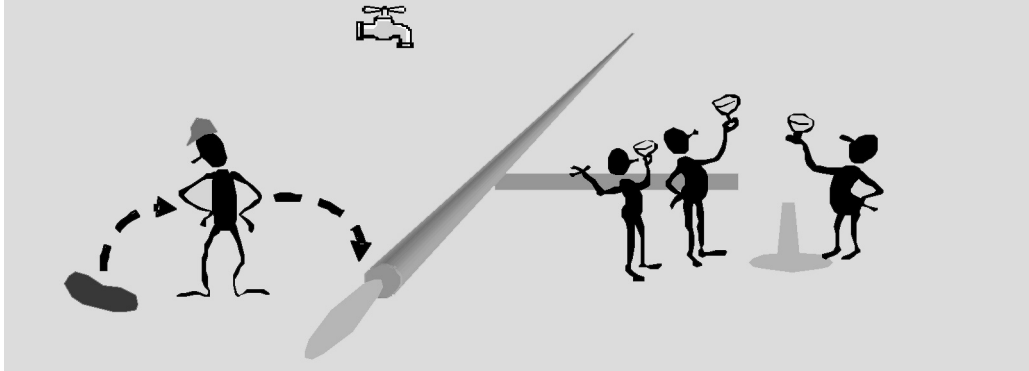


FIGURA 5. Secuencia de un episodio de contaminación.

Los requisitos de los manipuladores de alimentos, según el RD 202/2000, y, por tanto, también los del personal de la empresa suministradora de agua, son los siguientes:

- Haber recibido formación en higiene alimentaria.
- Conocer y cumplir las instrucciones de trabajo establecidas por la empresa para garantizar la seguridad.
- Cumplir las normas de higiene en cuanto a actitudes, hábitos y comportamiento.
 - Mantener un elevado grado de higiene personal y llevar la indumentaria adecuada y la ropa protectora que sea necesaria.
 - Lavarse las manos tantas veces como requieran las circunstancias del trabajo y siempre que se hayan realizado actividades ajenas al trabajo específico que se lleva a cabo.
 - Cubrirse las heridas con apósitos impermeables adecuados.
 - Respetar, durante la jornada laboral, las siguientes prohibiciones:
 - Fumar, mascar chicle, comer en el puesto de trabajo, estornudar, toser o realizar cualquier otra actividad que pueda ocasionar una contaminación del agua.
 - Llevar puestos efectos personales que puedan entrar en contacto con el agua: anillos, pulseras, relojes y otros objetos.
- Informar a los superiores en caso de padecer infecciones cutáneas o diarreas, que pueden causar la contaminación directa o indirecta del agua con microorganismos. De este modo se puede considerar la necesidad de someter al empleado a una revisión médica y, en caso necesario, se le puede separar temporalmente del trabajo que suponga un contacto con el agua.

En resumen, las personas que trabajan en contacto directo con el agua deben tener como objetivos:

- Adquirir los máximos conocimientos relacionados directa o indirectamente con su trabajo.
- Desarrollar actitudes de conducta personal que favorezcan sus tareas: buena higiene personal y organización del trabajo.
- Aumentar su sentido de la responsabilidad, teniendo en cuenta que realizan una manipulación (directa o indirecta) del agua de consumo humano, y que se trata de una actividad trascendental para la salud de toda la comunidad.

3. Análisis de peligros y puntos de control crítico en el sistema de suministro de aguas de consumo humano

3.1. Introducción

El agua es uno de los bienes naturales indispensables para la vida, pero también puede ser un vehículo de transmisión de enfermedades. Por ello es necesario un **control** muy cuidadoso de su suministro en cuanto a la **cantidad** y la **calidad**.

El control, para ser eficiente, debe ser **sistemático**: ha de permitir identificar y evaluar los peligros antes de que aparezcan, y establecer los puntos del proceso en que el control de dichos peligros se hace muy necesario o «crítico».

También es preciso que este control permita establecer **medidas preventivas** y **respuestas inmediatas**: debe haber una respuesta inmediata para cada peligro que pueda aparecer.

El sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) o *Hazard Analysis Critical Control Points* (HACCP) reúne esos requisitos. Se trata de un sistema que surgió en la industria alimentaria norteamericana a finales de los años sesenta, cuando la empresa Pillsbury tuvo que elaborar alimentos completamente seguros para el ejército de Estados Unidos y para los astronautas de la NASA.

Durante los años ochenta, el sistema se difundió: fue recomendado por organismos internacionales como la OMS, se incluyó en la enseñanza universitaria y fue incorporado en diversas normativas, como el RD 2207/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene relativas a los productos alimenticios, y el RD 202/2000, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos.

El APPCC es un sistema sencillo, pero requiere un tratamiento más extenso, que no es el objeto de este curso. Nos limitaremos a exponer sus bases y dejaremos para un próximo curso la posibilidad de profundizar en él.

3.2. Aplicación del sistema APPCC

La aplicación de este sistema requiere, en primer lugar, la formación de un equipo de trabajo que, básicamente, estará constituido por:

- Un responsable del servicio de suministro de agua, como, por ejemplo, el representante de la compañía de aguas, el alcalde del municipio, si el ayuntamiento es el gestor...;

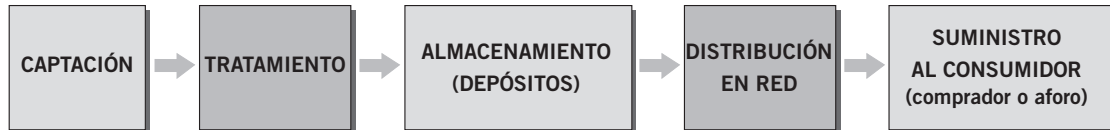
- un encargado de mantenimiento que conozca el sistema;
- un técnico especialista en aspectos relativos al suministro de agua.

A grandes rasgos, en este sistema se establecen las siguientes **fases**:

- Elaboración de un diagrama de flujo.
- Identificación y análisis de los posibles peligros, así como de sus causas, para cada punto del proceso, y determinación de las medidas preventivas adecuadas.
- Determinación de los puntos del proceso en los que el control es crítico (PCC).
- Establecimiento de un límite o unos límites críticos para cada PCC.
- Establecimiento de un sistema de vigilancia del control de los PCC.
- Establecimiento de las medidas correctoras que es necesario adoptar cuando la vigilancia indica que un PCC no está controlado.
- Documentación del plan APPCC: registro y archivado.
- Verificación del sistema.
- Revisión del sistema.

3.2.1. Diagrama de flujo

Se trata de establecer el circuito lineal del agua, de forma secuencial y con la descripción detallada de cada punto del proceso.



Se llama **punto** del proceso cada una de las fases, procedimientos, operaciones o etapas del proceso que se deben describir detalladamente:

- **Captación.** Se debe describir el origen del agua: si se trata de agua subterránea (pozo, mina...) o superficial (río, embalse natural o artificial...); coordenadas UTM en el caso de los pozos; nombre de la gestora que suministra el agua, volumen/día y punto de entrega si se trata de compra en alta, registros de analíticas, etc.
- **Tratamiento del agua cruda.** Describir todos los tratamientos que recibe el agua: filtración, floculación...; tipo de desinfectante y de dosificación: automática, manual, con telecontrol...; ficha técnica de los productos utilizados, etc.
- **Equipos, instalaciones, maquinaria...** que forman parte del sistema de abastecimiento. Ej.: si se trata de un depósito, indicar si es de cabecera o distribución, el volumen, las coordenadas UTM, si dispone de protección perimetral, equipamientos como, por ejemplo, ventilaciones, arquetas de boca de hombre, etc.
- **Materiales de construcción** de cada componente de las instalaciones del servicio de abastecimiento. Ej.: si se trata de un depósito, se indicará si es de hormigón, si está pintado...; si se trata de la red de conducción, se detallará si es de hierro galvanizado, de PVC, de plomo...

Completarán la información:

- Registros históricos que permitan visualizar la demanda de agua por zonas a lo largo del año: los contadores de los usuarios, los contadores instalados en salida de planta o en puntos estratégicos de sectorización de zonas; los sistemas de telecontrol, etc.
- Registros históricos de anomalías, incidencias, incumplimientos... detectados en el sistema de suministro, así como de las reclamaciones de los usuarios.
- Registros de analíticas químicas y físicas que permitan encontrar puntos débiles de la red de distribución respecto a la calidad del agua, ponderar la posible variación de calidad del agua cruda, y detectar problemas asociados con el tratamiento en planta.
- La legislación aplicable, incluidas las ordenanzas municipales específicas, en caso de que existan.
- Otra información, como los planes de ordenación municipal, estimaciones de crecimiento de población, etc., que permita establecer la demanda de agua en un futuro próximo.

3.2.2. Identificación y análisis de los posibles peligros, así como de sus causas, para cada punto del proceso. Determinación de las medidas preventivas adecuadas

Se define **peligro** como cualquier agente que puede causar un daño.

Se define **riesgo** como la probabilidad de que aparezca un peligro.

En el proceso del suministro de agua, los peligros pueden ser:

- Agentes biológicos (*Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*...).
 - Agentes químicos (pesticidas, trihalometanos, nitratos, plomo, mercurio...).
 - Agentes físicos (partículas, arena...).
 - Falta de caudal de agua.
 - Falta de presión en el suministro al consumidor.
- } Calidad del agua

La identificación de los **peligros** y el **análisis del riesgo** se efectuarán a partir de la información recogida en el diagrama de flujo para cada una de las etapas.

Así pues, son factores de riesgo:

- Un diagrama de flujo incompleto: p. ej., desconocimiento del lugar por donde pasan las tuberías de suministro, del tipo de material de construcción de las instalaciones, etc.
- En la captación: actividades agrícolas o ganaderas cerca del pozo, terrenos que ceden sustancias contaminantes al agua, captaciones sin proteger...
- En el tratamiento del agua cruda: dosificación manual del desinfectante, falta de filtración previa, control deficiente del pH durante la floculación, etc.
- En relación con los equipos, instalaciones, maquinaria... que forman parte de la red: depósitos sobredimensionados o infradimensionados en relación con el rango de la población a la que se abastece o en relación con el consumo, y en consecuencia, un tiempo de residencia del agua en el depósito superior o inferior al adecuado; instalaciones con mantenimiento deficiente, etc.

- En cuanto a los materiales de construcción de cada elemento de la red: tuberías de plomo o de cualquier otro material no apto para uso alimentario.
- También es un riesgo la falta de formación de los operarios que no disponen de conocimientos sobre prácticas correctas de higiene ni sobre el peligro que suponen conductas inadecuadas.

Establecer una serie de **medidas preventivas**, como una captación correctamente protegida, una planta adecuada de tratamiento, planes de limpieza y desinfección, planes de formación de los operarios, instalación correcta de elementos de la red, uso de materiales aceptados por la normativa vigente y con mantenimiento adecuado, etc., evitará la presencia de muchos riesgos y, por tanto, la eliminación de muchos controles.

Se entiende por **medidas preventivas** todas aquellas condiciones o actividades que se pueden llevar a cabo para prevenir o reducir un peligro hasta niveles aceptables.

Muchas de estas **medidas preventivas** forman parte de los **prerrequisitos** (véase el apartado 3.3).

A continuación se exponen, a título de ejemplo, los peligros más comunes que pueden aparecer en cada punto del proceso, así como algunas de las medidas preventivas que se podrían aplicar según el caso:

- **Prerrequisito:** una captación bien protegida evitará la aparición de muchos peligros.

• En la captación

Peligros	Causas	Medidas preventivas
Caudal insuficiente de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Reservorios de agua cruda insuficientes. • Falta o insuficiencia de precipitaciones. • Aumento estacional de la población. • Variación del comportamiento en las distintas épocas del año (riego, piscinas...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de otro punto de captación. • Normativas de uso racional de agua.
	<ul style="list-style-type: none"> • Las tuberías que permiten la captación están fuera de servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de otra línea de captación.
Calidad incorrecta del agua	<p>Por agentes biológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recuento de colonias de microorganismos por encima de los límites establecidos en la legislación (RD 140/2003). 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar, en lo posible, la contaminación de los recursos hídricos aguas arriba. • Disponer de sensores que identifiquen la situación al momento. • Disponer de capacidad para adecuar el tratamiento durante el tiempo necesario.
	<p>Por agentes físicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valores de turbidez elevados (arena, partículas...), que pueden comprometer los niveles de tratamiento requeridos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de sensores que identifiquen la situación al momento. • Disponer de capacidad para adecuar el tratamiento durante el tiempo necesario.
	<p>Por agentes químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por ejemplo, una elevada concentración de nitratos en los pozos, de forma permanente o en episodios puntuales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de otro punto de captación bajo en nitratos para poder mezclar aguas cuando sea necesario.

• **En el tratamiento**

Peligros	Causas	Medidas preventivas
Caudal insuficiente de agua	Falta de suministro eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de suficiente capacidad de reserva. • Disponer de sistemas autónomos de generación de energía eléctrica.
Calidad incorrecta del agua	Falta de los productos que se adicionan al agua para el tratamiento.	Establecer un plan de comprobación de existencias de productos y de reposición.
	Tratamiento ineficaz para eliminar ciertos compuestos indeseables, como los que originan sabores y olores desagradables.	Prever operaciones optativas en la línea de tratamiento (carbón activo, preoxidación con permanganato, etc.).
	Mal funcionamiento de ciertas operaciones (floculación y decantación incorrectas por variaciones estacionales del agua).	Disponer de suficiente capacidad para poder operar con criterios adecuados para la solución. Formación del personal operador.
	Funcionamiento incorrecto de los elementos de control, como, por ejemplo, los analizadores que regulan las dosificaciones de los productos.	Establecer un plan de revisión y comprobación.

• **Prerrequisitos:**

- Depósitos adecuados que permitan una limpieza y una desinfección correctas.⁶
- Dimensionamiento correcto de la planta para atender demandas de agua elevadas en épocas concretas.

• **En el almacenamiento**

Peligros	Causas	Medidas preventivas
Caudal insuficiente de agua	Escape en la canalización o en la estructura.	Establecer un plan de mantenimiento y comprobación teniendo en cuenta su tiempo de vida útil.
	Cierre incorrecto de las válvulas.	Establecer un plan de mantenimiento preventivo de las válvulas.
Calidad incorrecta del agua	<i>Cloración incorrecta</i>	
	Circulación inadecuada del agua.	Diseño adecuado del depósito (prerrequisito).
	Elección incorrecta del punto de toma de muestras del analizador de cloro asociado.	Diseño y elección adecuados de los puntos de toma de muestras (prerrequisito).
	Error en la señal del analizador.	Establecer un plan de comprobación y rectificación.
	Falta de energía que ocasione la parada de las bombas de circulación y dosificadoras.	Disponer de sistemas autónomos de generación de energía eléctrica. (No debería suponer ningún problema, ya que generalmente se dispone de margen suficiente.)
	Falta de reactivos.	Establecer un plan de comprobación de existencias de productos y de reposición.
Mal funcionamiento del clorador.	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de un clorador de recambio. • Establecer un programa de cloración adecuado según la dimensión de la red. 	

6. Véase el diseño adecuado de los depósitos en el capítulo 5 (5.1.4.«Observaciones para un diseño adecuado de los depósitos»).

- **Prerrequisitos:**

- Diseño adecuado del depósito para favorecer la circulación adecuada del agua.⁷
- Elección correcta del punto de control del nivel del cloro.

- **En la red de distribución y suministro al usuario**

Peligros	Causas	Medidas preventivas
Caudal insuficiente de agua	Escape en la canalización.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un plan de mantenimiento y comprobación teniendo en cuenta su tiempo de vida útil.
Presión insuficiente		<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de un sistema preventivo y correctivo para la investigación de los escapes.
Calidad incorrecta del agua	Presencia de partículas procedentes de las tuberías.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un plan de mantenimiento y comprobación teniendo en cuenta su tiempo de vida útil. • Establecer un plan de limpieza.
	Contaminación microbiológica.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de limpieza, purga y desinfección tras las reparaciones o instalaciones de tuberías.

- **Prerrequisitos:**

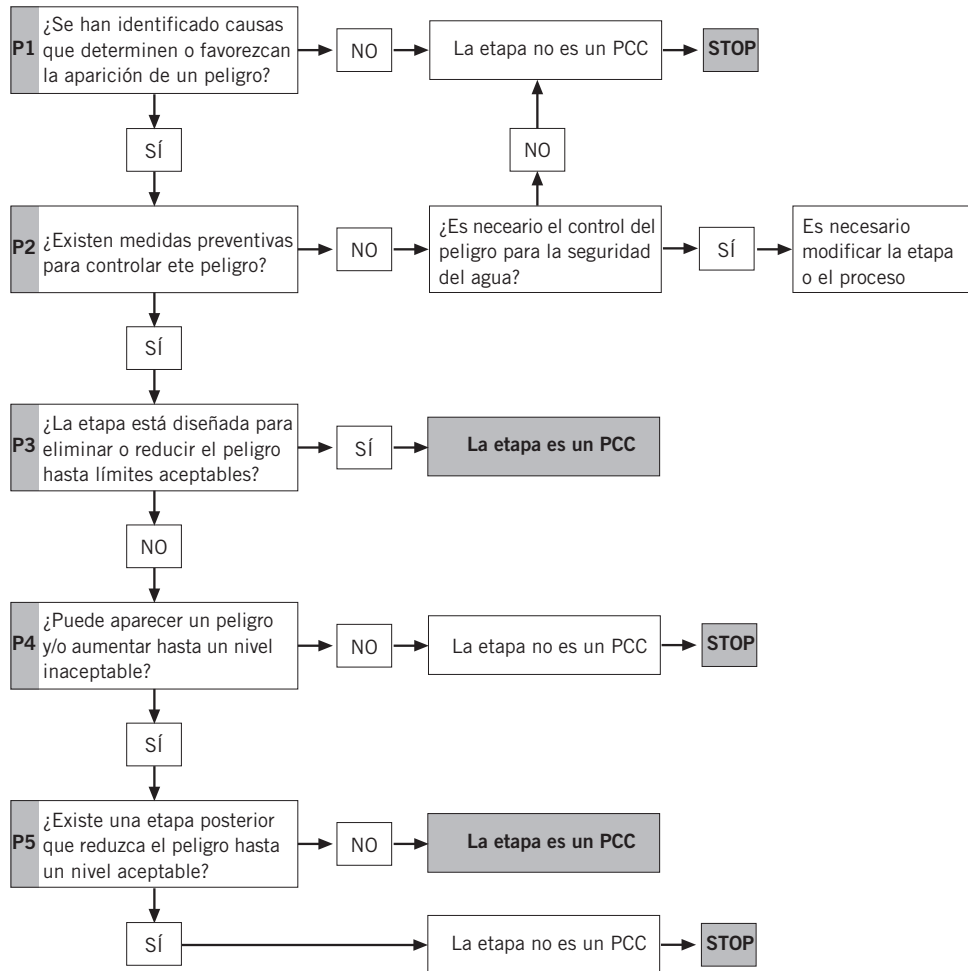
- Disponer de tuberías de material adecuado (no plomo).
- Entramado adecuado de la red, que permita el suministro continuo de agua cuando se limpia un depósito.
- Ausencia de zonas sin salida en la red, para evitar los depósitos de partículas. Red mallada.
- Tuberías con puntos de purga que permitan su limpieza.

3.2.3. Determinación de los puntos del proceso en los cuales el control es crítico (PCC)

Una vez identificados los peligros y sus causas para cada uno de los puntos del proceso, se deberá determinar en cuáles de esos puntos el control es crítico (PCC).

Esto requiere dar respuesta a cada una de las preguntas que se plantean en el siguiente árbol de decisión:

7. Véase el diseño adecuado de los depósitos en el capítulo 5 (5.1.4. «Observaciones para un diseño adecuado de los depósitos»).



Ejemplo:

- P1: ¿Se identifica algún peligro en la etapa de captación?
SÍ. Agua de pozo con elevada concentración de nitratos.
- P2: ¿Existen medidas preventivas para controlar el peligro?
SÍ. Se dispone de agua sin nitratos para rebajar la concentración en una etapa posterior.
- P3: ¿Está la etapa (captación) diseñada para eliminar o reducir los nitratos?
NO. La etapa sólo está diseñada para captar el agua.
- P4: ¿En esta etapa de captación puede aparecer el peligro (nitratos) y/o aumentar hasta niveles inaceptables?
SÍ. Los registros históricos de análisis informan de que eso ha sucedido en numerosas ocasiones.
- P5: ¿Existe una etapa posterior en la cual se pueda eliminar o reducir el peligro (nitratos) hasta niveles aceptables?
SÍ. En el depósito de cabecera está previsto añadir agua sin nitratos para rebajar la concentración de nitratos hasta niveles aceptables.

Por tanto, este punto o etapa del proceso (captación) no es un punto en el que el control sea crítico: la captación no es un PCC por este peligro identificado (nitratos).

Ejemplo:

Si este mismo peligro se analizase en la etapa del depósito de cabecera donde se realiza la mezcla, sí daría un PCC.

- P1: ¿Se identifica algún peligro en la etapa de almacenamiento?
Sí. Agua de pozo con elevada concentración de nitratos. Etapa de almacenamiento en el depósito de cabecera.
- P2: ¿Existen medidas preventivas para controlar el peligro?
Sí. Se dispone de agua sin nitratos para rebajar la concentración en esta etapa.
- P3: ¿Está la etapa (el almacenamiento) diseñada para eliminar o reducir los nitratos?
Sí. La etapa está diseñada para almacenar y hacer la mezcla con agua sin nitratos a fin de rebajar la concentración hasta límites aceptables.

Por tanto, este punto o etapa del proceso (almacenamiento) es un punto en el cual el control es crítico: el almacenamiento es un PCC por este peligro identificado (nitratos).

3.2.4. Establecimiento de un límite o unos límites críticos para cada PCC

En el caso de la calidad del agua de consumo humano, los límites están establecidos en la normativa vigente: límite de cloro libre, plomo, nitratos...⁸

En cuanto al caudal de agua suministrado, en el RD 140/2003 se considera una dotación media de unos 200 litros por habitante y por día. Como guía de los límites para la presión de suministro, así como de la garantía y regularidad del caudal suministrado, hay que destacar las normas que fija el Reglamento General del Servicio Metropolitano de Abastecimiento Domiciliario de Agua en el Ámbito Metropolitano de Barcelona, de 2 de octubre de 2003 (véase la fig. 6).

3.2.5. Establecimiento de un sistema de vigilancia del control de los PCC

Una vez establecidos los puntos de control crítico (PCC) y los límites para cada uno de ellos, hay que establecer una serie de pruebas para confirmar que el sistema funciona. Estas pruebas deben responder a las preguntas: QUÉ, QUIÉN, CÓMO, CUÁNDO y DÓNDE.

Ejemplo:

- Qué: verificación de la adecuada dosificación de cloro.
- Quién: encargado de mantenimiento.
- Cómo: control del cloro libre con equipo específico.
- Cuándo: diario.
- Dónde: en la salida del depósito.

8. Véase el capítulo 6 (6.7. «Análisis microbiológicos y químicos»).

Capítulo III. Suministro, características y tipología

Artículo 14. Garantía de presión y caudal

1. Las entidades suministradoras estarán obligadas a mantener las condiciones de presión y caudal establecidas en este Reglamento.
La presión nominal de suministro medida en la llave de registro o de paso de la acometida será como mínimo de veinte metros de columna de agua (m. c. d. a.) y como máximo de 130 m. c. d. a.
2. Dentro de este intervalo, las entidades suministradoras –salvo que lo impidan razones técnicoeconómicas– deberán asegurar la presión suficiente para el abastecimiento de la mayoría de las edificaciones del sector sin utilizar un aparato de sobrepresión y cumpliendo la presión mínima en el grifo del usuario que se establezca en las normas aplicables.
Este criterio se evaluará dentro de los indicadores de la calidad del servicio, excluyendo las edificaciones de altura superior a ocho plantas (PB + 7) o 25 m.
3. El abonado o usuario podrá solicitar a la entidad suministradora que le facilite información sobre los valores nominales de presión máxima y mínima de su acometida. En el caso de que la entidad suministradora deba introducir, por razones de servicio, cambios sustanciales en las condiciones establecidas, lo notificará a los usuarios afectados.
4. El abonado o usuario y la entidad suministradora podrán acordar que en el contrato se establezcan los valores nominales de presión máxima y mínima de su acometida.
5. En el apartado 4 anterior, se entenderá que los valores nominales de presión máxima y mínima en el punto de suministro estarán sujetos a las variaciones técnicas de la red general de distribución y que deben encontrarse dentro del intervalo definido en un período no inferior al 85% del tiempo, considerado en períodos mínimos de noventa días.

Artículo 15.- Prioridad y regularidad del suministro

El objetivo prioritario del suministro domiciliario de agua es satisfacer las necesidades y los servicios esenciales de la población urbana. El resto de los suministros de agua destinados a satisfacer los demás usos, sean industriales, comerciales de grandes superficies, agrícolas o de riego, se darán cuando el objetivo prioritario del suministro lo permita.

El suministro de agua a los abonados será permanente, salvo que exista un pacto en contrario en el contrato, y no se podrá interrumpir si no es por fuerza mayor, por causas ajenas a la entidad suministradora o por cualquier otro motivo previsto en el presente Reglamento.

FIGURA 6. Extracto del Reglamento General del Servicio Metropolitano de Abastecimiento Domiciliario de Agua en el Ámbito Metropolitano, de 2 de octubre de 2003 (BOP 17/10/2003).

3.2.6. Establecimiento de las medidas correctoras que se deben adoptar cuando la vigilancia indica que un PCC no está controlado

Se ha de establecer, para cada peligro, una medida correctora que permita actuar con agilidad y rapidez cuando se sobrepase un límite establecido.

La **medida correctora** es la acción que se debe adoptar cuando la vigilancia de un PCC detecta que se ha superado un límite establecido como nivel máximo aceptable. La medida correctora se suele confundir con la medida preventiva (véase apartado 3.2.2).

Las medidas correctoras para cada PCC deben quedar perfectamente determinadas, estableciendo no sólo la medida, sino también las acciones que deberán realizarse si no se consigue rebajar o eliminar el peligro hasta límites aceptables (comunicación a la población...): qué se hará con el agua y cómo se evitará que vuelva a pasar.

Así, por ejemplo:

- En el caso de una concentración elevada de nitratos, una medida sería mezclar el agua afectada con otra agua baja en nitratos, procedente de una captación diferente. De ese modo se puede disminuir su concentración.
- Para una concentración baja de cloro, la medida sería aumentar la dosis de cloro y/o revisar el sistema de cloración.

3.2.7. Verificar el sistema

Es necesario verificar el sistema para comprobar que funciona correctamente. Hay distintos procedimientos para llevar a cabo dicha verificación:

- Analíticas.
- Calibración de los instrumentos de medida.
- Revisión de las quejas de los consumidores.

3.2.8. Documentar el plan APPCC: registro y archivo

Todo este análisis de peligros y puntos de control crítico se debe tener documentado por escrito. Asimismo, hay que disponer de registros de incidencias, medidas correctoras adoptadas y un archivo con toda la documentación: normativa, plan de autocontrol, resultados analíticos y, en definitiva, registros de todas las actividades de abastecimiento.

3.2.9. Revisar el sistema

Además de verificar el sistema, es necesario revisarlo, para comprobar que es válido en todo momento. Cualquier modificación introducida en el proceso se debe incorporar al sistema APPCC y, por tanto, también habrá que modificar la documentación y las hojas de registro que sean necesarias.

Por ejemplo, si se introduce un equipo de ósmosis inversa para eliminar las sales minerales, debe tenerse en cuenta la posible aparición de otros efectos (como el aumento del índice de corrosión de esa agua) y establecer medidas correctoras.

Otro ejemplo podría ser la ampliación de la red, que obligaría a revisar el sistema de cloración y, si se considerara necesario, instalar recloradores en distintos puntos.

3.3. Prerrequisitos

Los **prerrequisitos** son todas aquellas condiciones y prácticas que deben adoptarse para una correcta y eficaz gestión del servicio de suministro del agua.

Ya se ha comentado que algunas de las medidas preventivas expuestas en el apartado 3.2.2 forman parte de los prerrequisitos.

Los prerrequisitos no forman parte del sistema APPCC, pero es conveniente establecerlos antes de la implantación del sistema, ya que contribuirán a reducir el número de puntos de control crítico (PCC).

Excepto el prerrequisito correspondiente al *archivado de las autorizaciones y los informes obligatorios*, los prerrequisitos están estructurados en **planes**. En todos los planes se indicará siempre **quién** llevará a cabo la acción, **cómo** y **cuándo**. Igualmente, en todos ellos se describirá el procedimiento de trabajo, se registrarán los resultados, se anotarán las incidencias, las medidas tomadas y el responsable de la verificación.

Como ocurre con el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC), los prerrequisitos requieren un tratamiento más extenso que no es objeto de este manual; por lo tanto, nos limitaremos a describirlos brevemente, dejando para una próxima edición la posibilidad de profundizar en ellos.

- **Archivo de autorizaciones sanitarias, informes vinculantes...**

El gestor ha de disponer de un archivo con todas las autorizaciones, registros e informes obligatorios de su red de abastecimiento: autorizaciones de captación y autorizaciones de excepción o de sus prórrogas; Registro Sanitario de Industrias y Productos Alimentarios de Cataluña (RSIPAC), en caso de contrato de cubas de aguas; informes vinculantes para la puesta en funcionamiento de captaciones, construcciones, tratamientos de potabilización, depósitos, redes...

- **Plan de limpieza y desinfección**

Para cada uno de los elementos de la red se describirá el procedimiento de trabajo, la frecuencia, los productos, los equipos y utensilios empleados, las dosis, las personas encargadas, etc.

Se dispondrá de un archivo con las fichas técnicas de todos los productos e instrucciones de uso de los aparatos y utensilios, así como de las fotocopias de las correspondientes autorizaciones de la Dirección General de Salud Pública en el caso de que se utilicen biocidas.

Si el servicio de limpieza y desinfección está a cargo de una empresa externa, ésta deberá facilitar la documentación que describa el procedimiento de trabajo, así como la información relativa a los productos utilizados.

- **Plan de mantenimiento de instalaciones**

Para cada instalación se describirá el procedimiento que debe seguirse para la revisión y el mantenimiento. Deberán establecerse la frecuencia, el personal encargado, etc.

- **Plan de adecuación de las instalaciones**

Tanto el mantenimiento de los distintos componentes de la red como la mejora de muchos aspectos relacionados con el control de la calidad del agua requieren una fuerte inversión que se debe planificar atendiendo a la necesidad y disponibilidad del gestor. Se trata de establecer un calendario de obras y/o adquisición de aparatos necesarios para mejorar el aseguramiento de la calidad del agua.

Ejemplo: cloradores automáticos, construcción de depósitos...

- **Plan de calibración de los aparatos**

Es importante que los diferentes aparatos que se utilizan en el control de la calidad del agua (cloradores, bombas de dosificadores de aditivos, medidores de la concentración de cloro, caudalímetros, etc.) se calibren periódicamente para asegurar que funcionan correctamente.

Para cada apartado se establecerá un plan de calibración en el que se describirán las acciones necesarias para conseguir el objetivo indicado. Al igual que en el resto de los planes, se indicará quién efectuará la calibración, cuándo y cómo; se llevará un registro de incidencias, y se nombrará a un responsable de la verificación.

Si la calibración se realiza a través de una empresa externa, se deberán archivar los boletines de calibración.

- **Plan de control de proveedores y de servicios**

El objetivo de este plan es asegurar que los productos utilizados en la construcción de las instalaciones, en la limpieza y desinfección, y en el tratamiento del agua no supongan un peligro para la seguridad del agua. Asimismo, también es preciso asegurar que los métodos de trabajo de los servicios contratados son adecuados a la normativa y no implican ningún riesgo.

Con este objetivo, se elaborará una lista de proveedores y servicios en la que se detallarán los datos de identificación social e industrial, las especificaciones de compra, los productos que suministran o los servicios que prestan, etc.

Además, se abrirá un archivo para las correspondientes fichas técnicas de los productos.

Debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Los productos de tratamiento del agua deben cumplir la norma UNE-EN correspondiente para cada producto que esté vigente en cada momento.
- Los productos de construcción deberán cumplir las disposiciones establecidas en el artículo 14 del RD 140/2003.
- Los laboratorios que prestan los servicios de análisis, según se establece en el artículo 16 del RD 140/2003, deberán estar acreditados por la UNE-EN ISO/IEC 17025 o la que esté vigente en cada momento, o bien certificados por la UNE-EN 9001 o la que esté vigente en cada momento.
- Los suministradores móviles deben estar inscritos en el RSIPAC.
- Las empresas que realizan la calibración de los aparatos lo harán de conformidad con la norma correspondiente.
- Las empresas de limpieza y desinfección no precisan registro sanitario, pero deberán facilitar a los gestores de las instalaciones los documentos y registros que permitan acreditar los procedimientos aplicados en las tareas de mantenimiento y limpieza.
- Las empresas encargadas de la formación del personal deberán ser empresas autorizadas.

- **Plan de formación del personal**

Este plan consiste en la descripción detallada de todas las actividades que deben llevarse a cabo para conseguir que el personal encargado del servicio de suministro de agua reciba, de forma continua, una formación sobre la seguridad y la calidad del agua, que le capacite para aplicar los conocimientos adquiridos en su puesto de trabajo y para responsabilizarse de las operaciones que realizan. Por tanto, las actividades deberán ser adecuadas a cada puesto de trabajo.

El temario debe incluir *aspectos generales* del ciclo hidrológico y de las partes del sistema de suministro, así como conocimientos de los parámetros perjudiciales para la salud, de las buenas prácticas de manipulación, del control de la calidad del agua y de los aspectos legislativos.

Las personas que trabajan en contacto directo con el agua de consumo humano deberán recibir *formación específica* en procesos de tratamiento, limpieza, mantenimiento y desinfección de depósitos y tuberías, así como en actividades de toma de muestras.

Al igual que en el resto de los planes, deberá especificarse quién, cómo y cuándo llevar a cabo las actividades formativas y se llevará un registro del personal que reciba la formación, con el fin de garantizar su continuidad.

- **Plan de autocontrol de la calidad del agua**

Este plan consiste en la descripción detallada de todas las actividades que se deben llevar a cabo para verificar la calidad del agua.

Deberá incluir los puntos de muestra, la persona encargada, la metodología utilizada, la periodicidad y tipología de las determinaciones analíticas en cada punto de toma de muestras (de control, completas, complementarias...), la periodicidad y la localización de los exámenes organolépticos, el registro de los resultados, los laboratorios encargados de los análisis, los registros de incidencias y anomalías, y las medidas adoptadas (Plan de Vigilancia y Control Sanitarios de las Aguas de Consumo Humano de Cataluña).

4. Los procesos de tratamiento

4.1. Introducción

El agua captada debe tener unas características adecuadas para ser apta para el consumo humano, y no debe representar ningún riesgo para la salud de la población a la que se suministra (según el artículo 7 del RD 140/2003). Este riesgo está determinado por el nivel de contaminantes que puede haber en el agua.

Fundamentalmente, en el agua existen dos **tipos de contaminantes**:

- Los **químicos**, que se pueden dividir en sustancias inorgánicas (metales, iones, etc.) y orgánicas (compuestos derivados de gasolinas, disolventes, etc.).
- Los **biológicos** o **microbiológicos** (virus, parásitos, bacterias y hongos).

El agua de captación debe tener suficiente calidad para poder ser potabilizada con los tratamientos previstos en el abastecimiento.

Los criterios de calidad del agua de captación vienen determinados en el **Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica**, así como en la **Orden de 11 de mayo de 1988, sobre características básicas de calidad que deben mantenerse en las corrientes de aguas superficiales cuando estén destinadas a la producción de agua potable**.⁹

Esta agua de captación, para ser apta para el consumo humano, debe cumplir los **criterios de calidad del RD 140/2003**. Para conseguirlo, se somete a un proceso de potabilización, que puede incluir distintos tratamientos o etapas, según las características o la contaminación inicial del agua (grado de turbidez, nivel de contaminantes, etc.). Como etapa final de la potabilización, esta agua debe ser sometida siempre a una desinfección, para garantizar la ausencia de microorganismos que puedan causar enfermedades al ser humano.

Los procesos de tratamiento de potabilización no han de transmitir al agua sustancias o propiedades que la contaminen o degraden su calidad, o bien que supongan el incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I del RD 140/2003, es decir, que constituyan un riesgo para la salud de la población a la que se suministra. No deben producir, directa o indirectamente, ninguna contaminación, ni deteriorar el agua superficial o subterránea destinada a la producción para el consumo humano.

9. Véase el capítulo 2.

Por otra parte, cualquier sustancia que se utilice en el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano debe cumplir con todo lo dispuesto en la Orden SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, que sustituye al anexo II del RD 140/2003.

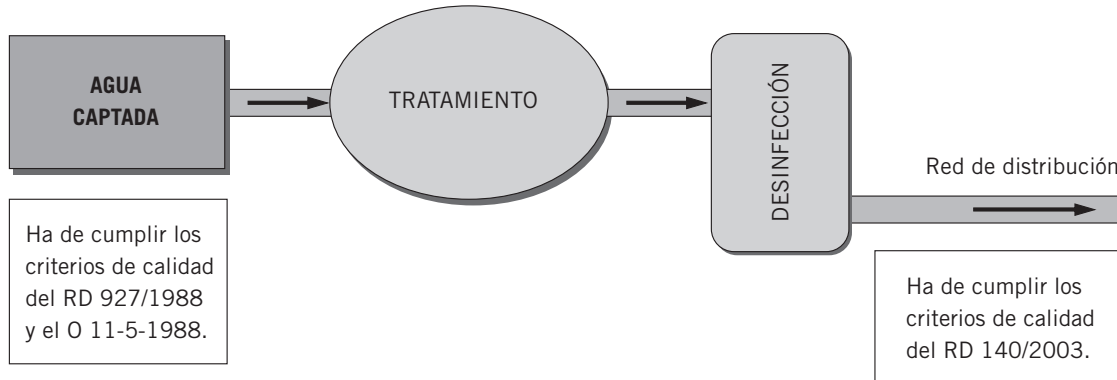


FIGURA 7. Esquema del proceso de potabilización.

El proceso de potabilización puede incluir las siguientes etapas:

- Coagulación/floculación
- Decantación
- Filtración
- Desinfección

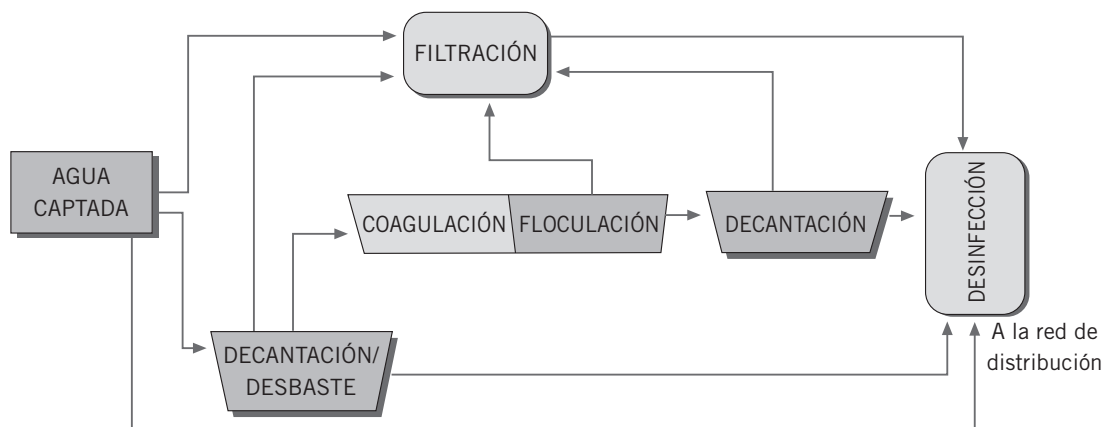


FIGURA 8. Esquema de los distintos procesos de tratamiento a los que se puede someter el agua captada según la calidad y las características iniciales.

4.2. Coagulación/floculación

En el agua hay sustancias tanto disueltas como en suspensión. Las sustancias en suspensión pueden ser muy grandes, de modo que se pueden eliminar por sedimentación, pero algunas partículas son demasiado pequeñas y no se sedimentan.

La coagulación/floculación se utiliza para aumentar el volumen y el peso de las partículas pequeñas que se encuentran en suspensión en el agua (mediante su agrupamiento) y provocar así la sedimentación.

El agrupamiento de partículas se puede provocar añadiendo al agua una sustancia coagulante. Esta sustancia contiene, normalmente, muchas cargas electrostáticas positivas, que provocan la atracción de las partículas en suspensión y neutralizan las cargas eléctricas negativas que suelen tener las partículas coloidales dispersas en el agua.

Se acostumbra a utilizar como coagulantes diversas sales de hierro o aluminio, que tienen cargas positivas.

La coagulación se consigue mediante una mezcla enérgica del coagulante con el agua.

Una vez terminada la coagulación y agrupadas las partículas, tiene lugar la floculación. En esta fase, la agitación debe ser lenta para que no se rompan los flóculos ya formados.

El choque entre las partículas origina la formación y el crecimiento de los flóculos.

Si el agua que rodea los flóculos no es clara, será necesaria una mayor cantidad de coagulante.

También se pueden añadir los productos llamados *polielectrolitos* (macromoléculas de polímeros orgánicos de tipo poliacrilamidas), que favorecerán todo el proceso de floculación.

Los flóculos formados pueden separarse del agua por filtración o por decantación.

4.3. Decantación

La decantación sirve para eliminar las partículas que se encuentran en el agua, sea por sedimentación o por flotación.

Las partículas decantadas pueden ser sustancias disueltas que han precipitado o partículas en suspensión que han sedimentado.

La decantación puede realizarse tanto antes como después de un proceso de coagulación/floculación.

Existen distintos tipos de decantadores, según la zona de formación de fangos y la forma en que éstos se eliminan:

- **De recirculación de fangos.** Los fangos separados se devuelven a la zona de mezcla central. El exceso de lodos, cada vez más concentrados, cae al fondo del decantador y se extrae mediante unas rasquetas móviles.
- **De lecho de fangos.** En este caso no hay retorno de fangos. Hay una masa de lodos en la parte inferior del decantador y el agua entra atravesando el lecho de fangos. Los lodos van cayendo en unas fosas o concentradores y el agua clarificada sale por las canaletas o rebosaderos.

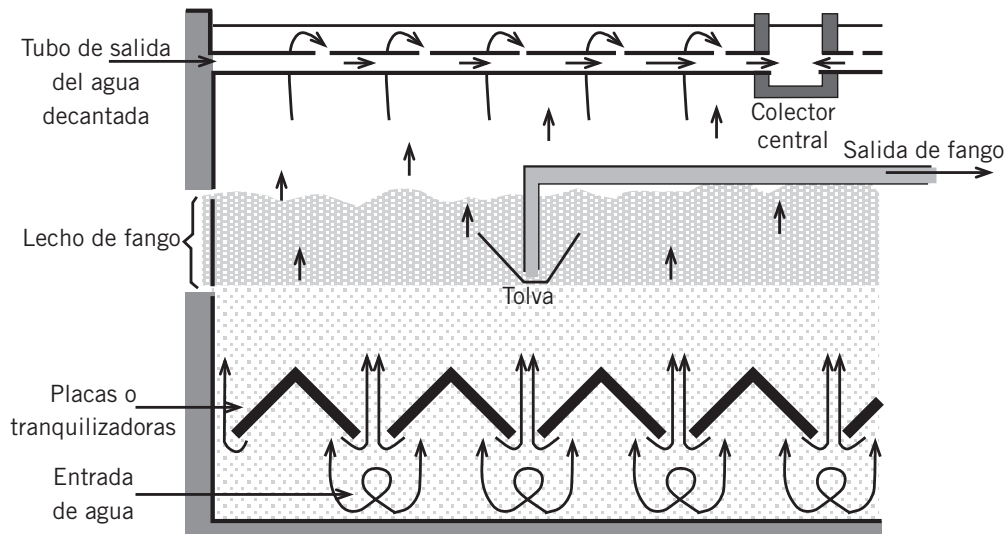


FIGURA 9. Esquema de un decantador de lecho de fangos (Campo de Aprendizaje del Bages. Aigües de Manresa, SA)..

- **Estáticos.** En este tipo de decantadores, las zonas de coagulación y floculación están separadas de la de sedimentación. Los lodos caen al fondo y son arrastrados hacia las zonas de salida por un sistema de rasquetas, o bien se extraen mediante unos sistemas de fosas de recogida. El agua sale por canaletas o rebosaderos opuestos a la entrada del agua floculada.

4.4. Filtración

La filtración consiste en el paso del agua por un medio poroso que no deja salir la materia que se encuentra en suspensión.

El medio poroso suele ser arena, arena con antracita o carbón activado en grano.

La filtración se puede efectuar de manera directa sobre el agua captada, si ésta tiene un nivel bajo de turbidez, o después de un proceso de coagulación-floculación, si éste es más alto.

Los filtros de arena pueden ser **abiertos** o **cerrados**. En este último caso, el agua se introduce a presión.

En el caso de los filtros de arena abiertos, el agua decantada entra por la parte superior, y en el descenso ha de atravesar un lecho de arena de unos 80 cm, que retiene las partículas en suspensión.

En el fondo de cada filtro hay clavadas unas boquillas colectoras, con unas ranuras finas, por donde sale el agua filtrada.

El lecho de material poroso del filtro puede ser de una sola capa o de dos, es decir, una capa de arena y otra de antracita en relación 1/3 - 2/3 del total del grosor, respectivamente.

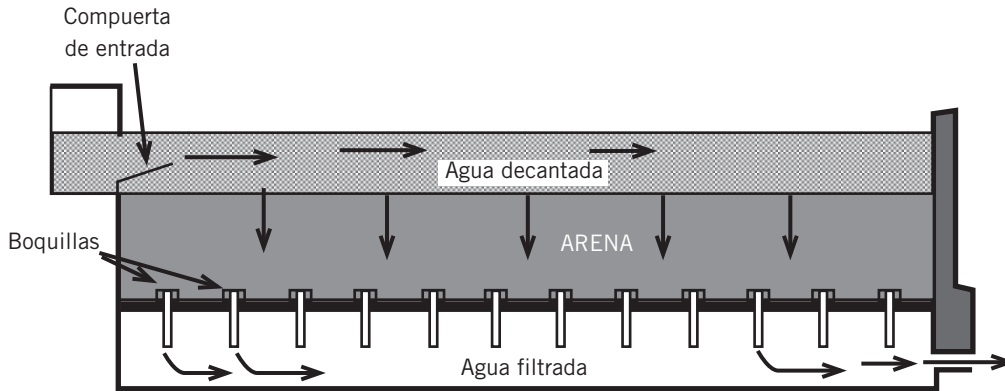


FIGURA 10. Filtro de arena abierto (Campo de Aprendizaje del Bages. Aigües de Manresa, SA).

El grosor del lecho filtrante y el tamaño del grano de las arenas que se utilicen dependerán de la velocidad de filtración, del volumen y del origen de las partículas que han de ser retenidas, así como de la pérdida de carga disponible.

Cuando se empieza la filtración, con un lecho filtrante limpio, hay un período de tiempo en que la turbidez del agua filtrada va disminuyendo, hasta que llega a un valor que luego se mantendrá constante durante un largo período de tiempo (dependerá del grosor del lecho filtrante). Después, la turbidez empezará a aumentar (período de **perforación** del filtro, pérdida de eficacia).

Por otra parte, también habrá una **pérdida de carga** del filtro (disminución del rendimiento o eficiencia) debida al ensuciamiento del lecho filtrante.

En un filtro eficaz y bien diseñado, la pérdida de carga máxima debe producirse poco antes de la perforación. Así no disminuirá la calidad del agua filtrada durante demasiado tiempo y los niveles de turbidez se mantendrán en valores aceptables.

Cuando un filtro llega a la máxima pérdida de carga, se debe cortar el agua de entrada y **lavarlo a contracorriente**.

Este lavado se realiza en tres fases:

- Esponjamiento del filtro con aire a baja presión,
- lavado con aire y agua,
- aclarado con agua limpia.

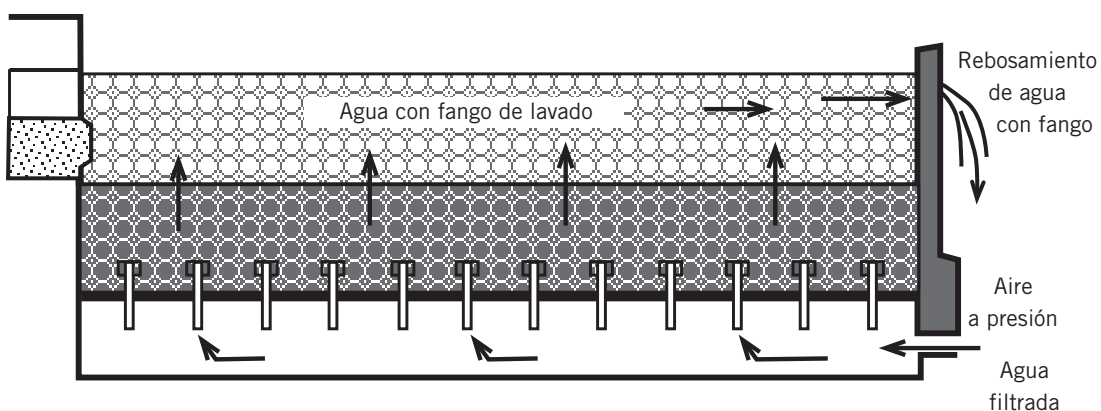


FIGURA 11. Limpieza de un filtro de arena abierto (Campo de Aprendizaje del Bages. Aigües de Manresa, SA).

En el lavado a contracorriente, el lecho se infla y el aire provoca que los granos de arena se rocen entre sí y suelten las partículas pegadas, que serán arrastradas por el agua.

Cuando ya no se observan partículas en suspensión en el agua, termina el proceso de lavado y el filtro queda regenerado, como si fuese nuevo.

4.5. Desinfección

La desinfección es una etapa del proceso de tratamiento del agua de consumo humano necesaria e indispensable para la protección de la salud del consumidor.

La desinfección es la operación con la cual se consigue reducir temporalmente el número de microorganismos hasta un nivel que no sea nocivo para la salud de las personas.

Un buen desinfectante ha de funcionar bien: ser efectivo en su acción.

- Debe eliminar bacterias, virus y parásitos.
- Su acción debe mantenerse durante un período largo de tiempo.
- Su acción no debe provocar la aparición de productos perjudiciales.

Hay muchos tipos de desinfectantes o sistemas para desinfectar el agua de consumo, pero ninguno es perfecto. Todos tienen ventajas e inconvenientes. Pueden no eliminar todos los tipos de microorganismos, pueden producir subproductos indeseables en el agua tratada, su utilización puede no ser viable por motivos de infraestructura y de instalaciones necesarias, o incluso puede ser prohibitiva económicamente.

El procedimiento más utilizado para desinfectar el agua de consumo humano es la **cloración** mediante la aplicación de **cloro gas** o de soluciones de **hipoclorito sódico** (el que más se usa en pequeños abastecimientos). No obstante, hay otros sistemas de desinfección (con o sin contenido en cloro), alguno de los cuales se describen a continuación:

El cloro

La máxima ventaja del cloro es su potencia como desinfectante y oxidante, y su persistencia como bactericida de amplio espectro (posee una acción desinfectante para muchos tipos de bacterias y microorganismos en general).

- Es el único desinfectante que presenta propiedades residuales que perduran a lo largo del tiempo; de este modo, puede evitar un nuevo crecimiento microbiano y la contaminación del agua desde que sale de la planta de tratamiento hasta que llega al grifo del consumidor.
- Es un germicida potente con una actuación muy eficaz frente a microorganismos patógenos (que provocan enfermedades). Elimina muy bien las bacterias, los hongos y las algas, y también puede desactivar muchos virus.

Productos y procedimientos de desinfección

Desinfectante	Ventajas	Inconvenientes
Cloraminas		
Se mezcla amoníaco y compuestos de cloro. La mezcla forma cloraminas.	<ul style="list-style-type: none"> - Residuo permanente. - Minimiza sabores y olores. - Da niveles más bajos de trihalometanos y ácido haloacético. - Desinfecta bien los biofilms del sistema de distribución. 	<ul style="list-style-type: none"> - Genera subproductos de desinfección con efectos poco conocidos sobre la salud. - Provoca irritación de los ojos. - Se requieren mayores cantidades y más tiempo de contacto. - No es muy efectivo contra virus y parásitos. - Puede provocar el crecimiento de algas y bacterias en el sistema de distribución, a causa del amoníaco residual. - Es menos eficaz como oxidante y desinfectante que el cloro libre.
Dióxido de cloro		
Se genera en las instalaciones de tratamiento de agua.	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene una buena actuación frente a los virus. - No reacciona con el nitrógeno amoniacal para formar aminas. - No forma trihalometanos. - Destruye los fenoles que dan problemas de sabor y olor. - Desinfecta y oxida con eficacia. - Efectivo en bajas cantidades. - No genera subproductos del bromo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se descompone en subproductos inorgánicos (cloritos y cloratos). - Se necesita un equipo de generación en el lugar de aplicación. - En ocasiones puede plantear problemas de olor y sabor.
Ozono		
Muy utilizado en el resto de Europa.	<ul style="list-style-type: none"> - Buena acción frente a los virus. - Desinfectante y oxidante eficaz. - No genera subproductos como trihalometanos y ácido haloacético. - Controla el sabor y el olor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Genera otros subproductos: aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, derivados del bromo, bromato, quinonas y peróxidos. - Puede facilitar la producción de trihalometanos si se combina con otros productos de desinfección. - No proporciona un efecto persistente en el tiempo. - Su producción es muy cara y requiere un alto nivel de mantenimiento. - Puede ocasionar un crecimiento microbiano posterior, porque provoca un aumento de los nutrientes en los abastecimientos de agua.
Radiación ultravioleta		
El agua se debe exponer a la radiación UV.	<ul style="list-style-type: none"> - No precisa almacenamiento. - No genera subproductos identificados de desinfección. 	<ul style="list-style-type: none"> - No hay acción residual. Su acción no persiste en el tiempo. - Tiene unos requisitos estrictos de manipulación. - Supone unos costes elevados de capital inicial. - Supone unos costes elevados de energía. - La desinfección puede no ser efectiva a causa de turbideces, dureza del agua o falta de energía.

- Posee una buena actuación frente a los sabores y olores contaminantes del agua.
- Destruye el amonio y otros compuestos nitrogenados del agua que pueden interferir en la desinfección.

4.6. Cloración

Se entiende por *cloración* la operación que consiste en añadir cloro al agua con el propósito de desinfectarla.

Como ya se ha comentado, la cloración se puede realizar mediante la aplicación de **cloro gas** o de soluciones de **hipoclorito sódico**. La utilización de soluciones de hipoclorito sódico es la práctica más extendida a la hora de aplicar el cloro para la desinfección del agua de consumo humano.

Las soluciones de hipoclorito sódico pueden tener hasta 180 g/litro de cloro activo (un 15%). Las soluciones que contienen entre 35 y 100 g/litro de cloro activo son las que se conocen como *lejía*, y se destinan al uso doméstico y en industrias alimentarias.

Hay que tener en cuenta que el cloro activo de la solución se pierde a lo largo del tiempo. Esta pérdida es más importante si aumenta la temperatura, si incide la luz solar, si el tiempo de almacenamiento es largo y si hay materiales en contacto con el agua.

Las soluciones de hipoclorito sódico o lejía utilizadas para la desinfección del agua de consumo humano deben tener unos niveles de pureza y calidad determinados. Se aplica el **Real Decreto 363/1995**, por el que se aprueba el Reglamento sobre Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.

Los requisitos para que una lejía sea apta para la desinfección del agua de consumo humano son los siguientes:

- La concentración de cloro activo debe ser de entre 35 y 60 g/litro.
- Las instrucciones de uso deben constar en la etiqueta.
- Los materiales de los envases deben ser aptos para uso alimentario.
- Los fabricantes deben estar inscritos en el Registro General Sanitario de Alimentos.

4.6.1. Medidas de seguridad

Hay que tener en cuenta que las lejías son corrosivas e irritantes para la piel. Además, reaccionan con los ácidos y producen cloro gas, con efectos tóxicos muy peligrosos.

Para manipular estas sustancias es preciso adoptar unas medidas de seguridad determinadas: llevar ropa adecuada, guantes y gafas de protección.

4.6.2. Cómo actúa el cloro

Cuando se añade cloro al agua se producen una serie de reacciones químicas, según la cantidad de producto que se utiliza.

- **Etapa 1.** Las primeras cantidades de cloro reaccionan con la materia orgánica del agua. El cloro medido en esta etapa es cero, porque se gasta todo en esa reacción.
- **Etapa 2.** El cloro empieza a reaccionar con los compuestos nitrogenados: amoníaco y compuestos aminonitrogenados que pueda haber.
Si hay presencia de amonio, el cloro reacciona formando **cloraminas**: monocloramina, dicloramina y tricloramina. Se puede medir la cantidad de cloro residual, pero no corresponde a cloro activo libre, sino a esas cloraminas: formas combinadas del cloro que tienen menos capacidad desinfectante que el cloro libre.
- **Etapa 3.** Si se añade más cloro, el cloro medido disminuye. En esta etapa, el nuevo cloro introducido destruye los compuestos formados durante la etapa anterior, hasta el llamado *punto de ruptura* o *break point*, que marca el final de la demanda de cloro del agua.
- **Etapa 4.** En esta etapa final, el cloro que se añade sí se puede medir ya como cloro residual libre, y es en este momento cuando se puede garantizar una desinfección eficaz del agua y un efecto residual adecuado.

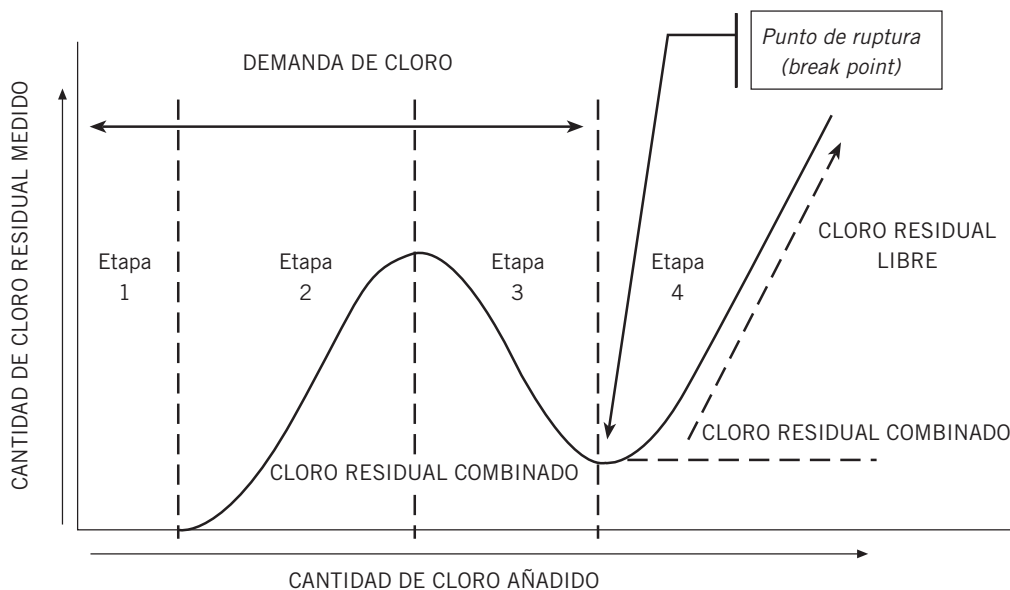


FIGURA 12. Evolución de la cantidad de cloro residual. Identificación de la demanda de cloro del agua. Punto de ruptura.

Antes de empezar la desinfección, deben hacerse pruebas para determinar la cantidad de cloro necesaria para poder superar las etapas de demanda de cloro, es decir, para poder llegar a la etapa 4.

Para garantizar una buena desinfección hay que controlar que los niveles de cloro residual libre logrados al final del tratamiento se mantengan por encima de 0,5 mg/l.

En la red de distribución, los valores correctos de cloro están comprendidos entre 0,2 y 0,6 mg/l. De este modo se puede responder a posibles contaminaciones posteriores.

La desinfección será más eficaz si el agua que pasa al proceso de desinfección se ha tratado previamente para eliminar la turbidez y todos los contaminantes o sustancias que pueden reaccionar con el cloro.

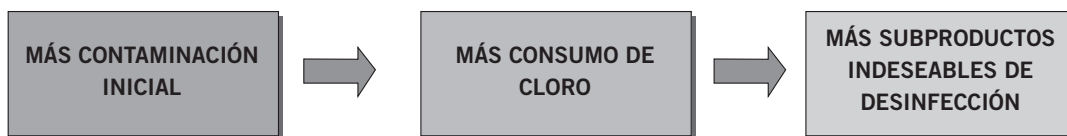


FIGURA 13. Relación entre la contaminación inicial del agua y la eficacia de la desinfección.

4.6.3. Dónde clorar

La aplicación del hipoclorito sódico al agua de consumo humano se debe hacer a la entrada del depósito de red y de forma que se pueda garantizar:

- Una buena homogeneización con el agua (la mezcla con el agua debe ser completa);
- un tiempo de contacto elevado: entre media hora y dos días (ése debe ser el tiempo transcurrido desde el momento en que se clora hasta que el agua se suministra);
- una cantidad adecuada.

Si la red de distribución es muy extensa debe plantearse la necesidad de instalar equipos recloradores en diferentes puntos de dicha red, de forma que se pueda garantizar en todos los puntos de consumo una concentración de cloro de entre 0,2 y 0,6 mg/l y que no se encuentren valores muy altos de cloro en lugares cercanos al de recloración.

4.6.4. Cómo dosificar

La cantidad de cloro utilizada se establece según las características del agua que se usa.

El cloro se gastará actuando contra los microorganismos presentes en el agua y reaccionando con la materia o los compuestos orgánicos que haya.

La cantidad de cloro que reacciona con los compuestos orgánicos y se queda en el agua constituye el cloro residual combinado.

El resto del cloro añadido que no ha reaccionado queda como cloro residual libre, y ése será el que garantizará un efecto desinfectante posterior en la red de distribución.

$$\text{Cloro residual total} = \text{cloro residual libre} + \text{cloro residual combinado}$$

El hipoclorito se añade al agua por medio de dosificadores automáticos que van inyectando una cantidad determinada en la tubería de entrada del depósito.

Los dosificadores deben permitir el control de la frecuencia de inyección y del volumen de hipoclorito inyectado.

Se debe disponer de equipos de reserva para casos de averías o por si son necesarias dosis mayores.

Las instalaciones se deben mantener en buen estado. Una vez al año se debe vaciar y limpiar el depósito que contiene el hipoclorito.



FIGURA 14. Bomba dosificadora de hipoclorito (Aigües del Prat, SA).



FIGURA 15. Depósito de hipoclorito (Aigües del Prat, SA).

Los materiales deben ser resistentes a la acción del cloro (plásticos, cerámicos, poliéster con fibra de vidrio, etc.).

La dosis de cloro utilizada debe establecerse teniendo en cuenta:

- La calidad y las características del agua de entrada al depósito,
- la cantidad (caudal) del agua que entra en el depósito,
- la concentración de la solución de hipoclorito de que se dispone.

$$Dosis = ((C \times Q) / S) \times 1000$$

Donde:

Dosis, en ml/hora, es el caudal de la bomba dosificadora.

C, en mg/l o g/m³, es la concentración de cloro final que se quiere conseguir (0,5 mg/l o 0,5 g/m³).

Q, en m³/h, es el caudal de entrada del agua que se ha de tratar.

S, en g/l, es la concentración de hipoclorito sódico de la solución de que se dispone.

Para comprobar que la cantidad (dosis) de hipoclorito añadida es suficiente para el tipo de agua que se trata, hay que medir el nivel de cloro a la salida del depósito. La cantidad de cloro libre resultante no debe ser inferior a 0,5 mg/l.



FIGURA 16. Analizador automático de cloro (Aigües del Prat, SA).

También es necesario controlar el nivel de cloro a la salida de un grifo de la red de distribución alejado del depósito. El valor de cloro no debe ser inferior a 0,2 mg/l.

La bomba dosificadora debe ajustarse para garantizar estos valores.

Los equipos de cloración han de dosificar siempre teniendo en cuenta el nivel de consumo o vaciado de los depósitos que controlen.

Se puede disponer de una bomba dosificadora conectada a un contador de agua de entrada al depósito.

En estos casos, el contador puede enviar señales a la bomba dosificadora cada cierto volumen de agua contabilizado.



FIGURA 17. Contadores de caudalímetros en tuberías (Aigües del Prat, SA).

La dosificación, en este caso, se haría del modo siguiente:

$$D = M \times C / S$$

Donde:

D , en ml, es el volumen que la bomba dosificadora ha de aplicar en cada inyección.

C , en mg/l o g/m³, es la concentración de cloro final que se quiere conseguir (0,5 mg/l o 0,5 g/m³).

M , en l, es el volumen que hace enviar la señal.

S , en g/l, es la concentración de hipoclorito sódico de la solución de que se dispone.

Es preciso ajustar el volumen final para garantizar los 0,5 mg/l de cloro libre a la salida del depósito y entre 0,2 y 0,6 mg/l en toda la red.

También se puede añadir un medidor de cloro libre en un punto del depósito o de la red que controle el dosificador automático.

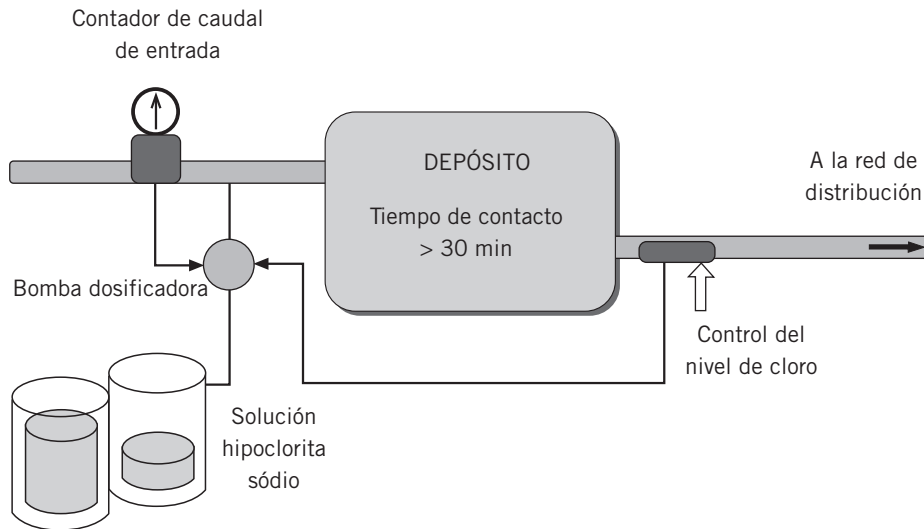


FIGURA 18. Esquema general de un sistema de cloración.

En caso de tener que desinfectar un depósito entero de agua sin clorar por cuestiones de urgencia y de forma ocasional, la cantidad de hipoclorito que debe añadirse se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$d = ((V \times C) / S) \times 1000$$

Donde:

d , en ml, es la dosis o el volumen que hay que añadir.

V , en m^3 , es el volumen del depósito.

C , en mg/l, es la concentración de cloro final que se quiere conseguir (0,5 mg/l).

S , en g/l, es la concentración de hipoclorito sódico de la solución de que se dispone.

El cálculo del volumen (V) de los depósitos depende de su forma.

En el caso de depósitos con base rectangular, el volumen (en m^3) será igual a:

$V = A \times L \times H$ (anchura x longitud x altura) (todo medido en metros)

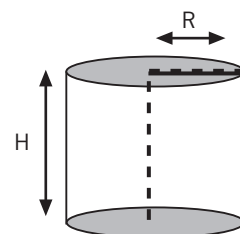
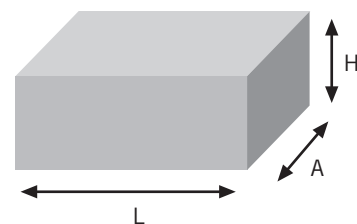
Si la base del depósito es circular, el volumen (en m^3) será igual a:

$$V = R^2 \times 3,1416 \times H$$

Donde:

H , en metros, es la altura.

R , en metros, es el radio (el radio es el diámetro / 2).



El volumen calculado de hipoclorito se mide con una probeta graduada y se vierte en el depósito. Para mejorar la mezcla es recomendable utilizar un recipiente para diluir el hipoclorito en unos cuantos litros de agua y luego verter en el depósito toda la solución.

Una hora después de añadir el hipoclorito se mide el cloro libre. Si el resultado no es inferior a 0,5 mg/l ni superior a 1 mg/l, el agua se puede consumir.

En el caso de que este resultado sea inferior, se debe repetir el proceso, añadiendo el mismo volumen de hipoclorito que en la ocasión anterior y esperando otra hora para volver a medir el nuevo cloro libre. Si tampoco se consiguen los 0,5 mg/l de cloro, habrá que repetir de nuevo el proceso hasta lograrlos.

Si el resultado es muy superior a 1 mg/l, se deberá esperar más tiempo, para que se evapore el exceso de cloro.

Cuando el agua del depósito se distribuye a la red, es necesario comprobar que en los puntos más alejados el cloro libre se encuentra entre 0,2 y 0,6 mg/l.

4.6.5. Cómo controlar el nivel del cloro en el agua: cloro libre y cloro total

Para controlar los niveles de cloro se suelen utilizar equipos de diagnóstico con el reactivo DPD con escala de colores rosados, para poder comparar los colores, o bien colorímetros portátiles. Según el tipo utilizado, puede haber variaciones en cuanto a los reactivos y a su utilización. Se deben leer atentamente las instrucciones del equipo antes de utilizarlo.

No se recomienda la utilización de equipos del reactivo o-tolidina con escala de colores amarillos, ya que esta escala genera problemas de diferenciación de los niveles de cloro, y el reactivo es tóxico y cancerígeno.

En el siguiente cuadro se describe cómo se deben medir los niveles de cloro con uno de los muchos equipos que hay en el mercado:

Medición del cloro residual libre y del cloro residual total:

El **cloro residual libre** reacciona con la DPD, (N, N-dietil-p-fenilendiamina) y genera un colorante rojo, que se utiliza para comparar el color con una escala prefijada.

El **cloro residual combinado** reacciona únicamente después de añadirle iones yoduro (en forma de yoduro potásico). Así, se puede distinguir el cloro residual libre del cloro residual combinado.

La suma de ambos es el **cloro residual total**.

Material y reactivos incluidos en el equipo de diagnóstico

1. Probeta (recipiente de reacción incluido en el estuche del equipo)
2. Reactivo 1 Cl₂-1 (*buffer* o tampón fosfatos)
3. Reactivo 2 Cl₂-2 (solución de DPD)
4. Reactivo 3 Cl₂-3 (yoduro potásico)
5. Reactivo 4 pH (indicador de determinación de pH)

PROCEDIMIENTO

Determinación del cloro residual libre

Lavar la probeta (recipiente de reacción) dos o tres veces con el agua que se ha de analizar.

- Poner siete gotas del reactivo 1 en el fondo de la probeta vacía.
- Añadir una gota del reactivo 2.
- Llenar la probeta con el agua que se ha de analizar hasta la señal de nivel de la parte superior.
- Homogeneizar y leer inmediatamente el contenido en cloro residual libre manteniendo una hoja o una superficie blanca detrás de la probeta.

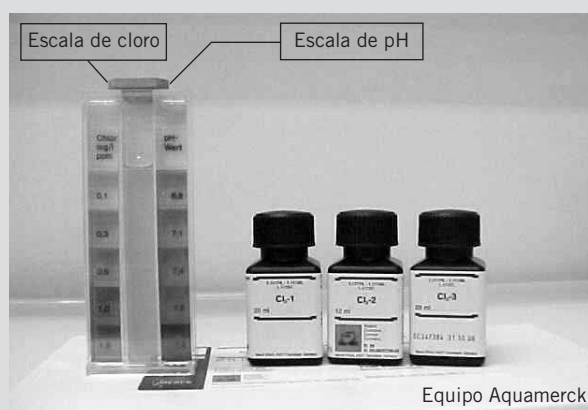
Determinación del cloro residual total

- Añadir al contenido de la probeta obtenido en el procedimiento anterior una pastilla del reactivo 3 (este reactivo también puede ser líquido; en ese caso, se añadirán tres gotas).
- Cerrar la probeta con el tapón de goma y agitar suavemente para favorecer la disolución.
- Esperar uno o dos minutos y leer el contenido de cloro residual total, manteniendo una superficie blanca detrás de la probeta.

Resultados

El valor de la concentración de cloro libre (o total, según el procedimiento utilizado) se lee comparando directamente el color obtenido con la escala de cloro que figura en la misma probeta de reacción (0,1; 0,3; 0,6; 1,0, y 1,5)

La concentración obtenida se expresa en mg/l de cloro.



Observaciones

- Después de efectuar las lecturas, es necesario vaciar la probeta y aclararla con agua limpia.
- Con este equipo también se puede determinar simultáneamente el pH del agua, llenando la probeta con el agua que se desea analizar y añadiendo cinco gotas del reactivo 4.

El valor del pH se lee directamente comparando el color con la escala de pH de la probeta (6,8; 7,1; 7,4; 7,6, y 7,8).

FIGURA 19. Ejemplo de medida de los niveles de cloro.

5. Plan de mantenimiento y limpieza de depósitos y tuberías

Las operaciones de mantenimiento y limpieza de depósitos y tuberías tienen como objetivo asegurar que:

- La calidad del agua del grifo del consumidor sea óptima, es decir, lo más similar posible a la del agua que sale de la planta de tratamiento, y que no se deteriore mientras permanece dentro de los depósitos y de las tuberías.
- El funcionamiento hidráulico sea correcto y el sistema sea estanco (sin entradas ni escapes).

Se debe establecer un **plan de mantenimiento y limpieza** que quede concretado en un **programa**, en el que se indique, para cada elemento que se haya de controlar (depósito, tramo de red...), **cuáles** son las distintas operaciones que se deben realizar, **quién** las debe llevar a cabo, **cuándo** y **cómo**.

5.1. Depósitos

5.1.1. Operaciones que se deben llevar a cabo

En el caso de los depósitos, para las operaciones que se han de incluir en el **plan de mantenimiento y limpieza** se debe tener en cuenta el **artículo 11 del Real Decreto 140/2003**. Las operaciones son las siguientes:

- Comprobar el perfecto estado y/o el funcionamiento correcto de la estructura; los elementos de cierre (juntas del depósito, candados, cierres) y la señalización; las válvulas; las canalizaciones; los puntos de posible entrada de contaminación, como las mosquiteras instaladas en los puntos de ventilación y rebosamiento, y la instalación en general.
- Comprobar el correcto funcionamiento de las bombas dosificadoras (de cloro, por ejemplo) y de circulación, así como de los analizadores asociados (si los hay).
- Realizar los autocontroles que se establecen en la legislación aplicable (RD 140/2003) con las frecuencias que en ella se estipulan, comprobar que la calidad del agua en este punto es la correcta y, si no lo es, actuar en consecuencia (cambiando la dosificación de cloro, limpiando el depósito, neutralizando el exceso de cloro, etc.).

- Limpiar el depósito como mínimo una vez al año (frecuencia indicada en la legislación), o más, si es necesario.

5.1.2. Frecuencia

La frecuencia con la que se debe llevar a cabo cada una de las operaciones descritas en el apartado anterior se debe fijar en el plan de mantenimiento y limpieza, de acuerdo con las particularidades de cada red.

En el caso de la limpieza de los depósitos, ya se ha observado que es necesario realizarla, como mínimo, una vez al año, y tantas veces como sea necesario. La limpieza debe realizarse cuando la calidad del agua empeore, de acuerdo con lo que indiquen los análisis químicos y microbiológicos, y los exámenes organolépticos.

La limpieza es necesaria si se observa lo siguiente:

- Un **aumento considerable** (según las indicaciones de los resultados de los análisis del laboratorio) de:
 - La turbidez,
 - el color,
 - la concentración (cantidad) de aluminio o de hierro (si el coagulante o floculante usado en la planta de tratamiento es a base de aluminio o hierro, respectivamente, ya que éstos hacen que aumente la turbidez).

La concentración máxima admitida para estos parámetros en red es de 5 NTU (turbidez), 15 mg/l Pt/Co (color) y 200 mg/l (hierro y aluminio).

- Una **disminución inesperada de la concentración del cloro libre** y/o una **diferencia importante entre el cloro libre y el cloro total**, si la muestra previa estaba bien clorada. Hay que tener en cuenta que en un depósito siempre se pierde cloro (pero esta pérdida es parecida de un día a otro).

El hecho de que el cloro libre desaparezca de un depósito o de una red de suministro de manera inesperada indica que ha entrado en el sistema algún material que podría ser de origen fecal. Por tanto, se debe reaccionar con rapidez para hallar su origen y llevar a cabo los controles microbiológicos necesarios.

- Un **aumento** considerable de la concentración de otros parámetros que se usan como indicadores de la desinfección correcta del agua, como el recuento de colonias (**resultados del análisis microbiológico**) o la **oxidabilidad** al permanganato.

El hecho de que se detecten bacterias coliformes en los depósitos de la red suele indicar que es necesario efectuar reparaciones o limpiezas. Mientras tanto, se deberá aumentar la cantidad de cloro como medida de precaución.

5.1.3. Protocolos

En la limpieza hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Ha de servir para desincrustar y desinfectar.
- La persona que efectúe la limpieza debe cumplir con los requisitos técnicos y sanitarios que se estipulan en el Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos (artículo 15 del RD 140/2003).¹⁰
- Los productos deben manipularse de forma segura, y éstos deben ser los que autoriza la legislación (artículos 9 y 11 del RD 140/2003), entre los cuales uno de los más usuales es el hipoclorito sódico.

Un protocolo de mantenimiento y limpieza de depósitos puede ser el siguiente:

1. Si el hecho de dejar fuera de servicio el depósito representa dejar sin agua a la población o a una parte de ella, es preciso avisar al ayuntamiento del municipio y, cuando éste dé su conformidad para parar el suministro, realizar la limpieza (la programación anticipada puede facilitar el entendimiento entre el gestor y el ayuntamiento en este punto).

Antes de empezar, se debe avisar con tiempo a los consumidores afectados e indicarles el día y las horas en que no tendrán agua.

Esto se puede evitar totalmente o en parte si se diseñan sistemas de depósitos dobles comunicados en paralelo, o si la red afectada está suficientemente mallada y puede ser alimentada por agua de otro depósito.

2. El depósito se vacía alimentando todavía a la población, intentando minimizar las horas en que los usuarios quedarán afectados (el usuario debe estar sin agua el mínimo tiempo posible).

Los depósitos deben tener vertederos que estén conectados a la red del alcantarillado. Si la capacidad del depósito y el volumen desaguado son relativamente grandes (al menos para las dimensiones del alcantarillado), se necesitará una arqueta a la que vaya a parar el agua vaciada y desde donde se irá vertiendo más lentamente a la red de alcantarillas.

3. Se procede a extraer los sedimentos de las paredes y del suelo con herramientas mecánicas, cepillos, rastrillos y mangueras de agua a presión, y conducir luego las aguas del lavado hacia el vertedero.

Para que la limpieza se realice correctamente, es importante que haya una pendiente a favor del punto de vaciado adonde vayan a parar todas las aguas.

4. Se desinfectan las paredes y el suelo de los depósitos rociándolos con agua clorada, en una concentración de 1 g/l de cloro, y luego se conducen las aguas del lavado hacia el vertedero.

10. Véase el capítulo 2.

5. Se aclara el depósito con agua de la red y se arrastran los residuos hacia el punto del vertedero.

Se considera que el depósito está bien acondicionado y limpio cuando el agua del lavado o la que sale por el vertedero no es turbia y está bien clorada (dentro de los límites establecidos en la legislación).

6. Se llena el depósito y se suministra el agua de nuevo, volviendo al funcionamiento normal de la instalación. Si se ha variado la alimentación de red en algún punto, se vuelve a la situación inicial.

5.1.4. Observaciones para un diseño adecuado de los depósitos

De todo cuanto se ha indicado, se deduce que los diseños adecuados de los depósitos y de la red de distribución son aquellos que tienen en cuenta y facilitan las operaciones de mantenimiento y limpieza. Por ejemplo, es importante:

- Que los depósitos estén bien tapados y protegidos.
- Que dispongan de puntos de muestreo adecuados (para realizar analíticas y otros controles).
- Que los puntos de entrada y salida del agua y de la dosificación de reactivos tengan una disposición correcta.
- Que el depósito disponga de un vertedero conectado al alcantarillado y con pendientes adecuadas.
- Que la red esté suficientemente mallada y que el suministro a la población se pueda realizar por diferentes puntos (de este modo se minimiza el problema de que la limpieza de un depósito afecte al suministro de la población), etc.

5.2. Tuberías

5.2.1. Operaciones que se deben llevar a cabo

En el caso de las tuberías, las operaciones incluidas en el plan de mantenimiento y limpieza se deben establecer de acuerdo con el artículo 12 del RD 140/2003. Son las siguientes:

- Comprobar el perfecto estado y/o el correcto funcionamiento de las válvulas y de la instalación en general. Desde un punto de vista global, un buen indicador es el rendimiento de la red, que se calcula a partir de la diferencia entre el caudal facturado a los abonados y el que se inyecta en red.

En cuanto a la estructura y a los elementos de cierre, al tratarse de instalaciones subterráneas, es difícil comprobar su estado. Ahora bien, se deben investigar (si puede ser, de forma programada) posibles escapes:

- con aparatos específicos (como geófonos y correladores);
- mediante el seguimiento de las reclamaciones de los abonados;

- mediante la sectorización de la red y la comprobación regular de las pérdidas de caudal y de presión que exceden de los límites considerados normales.

Un mantenimiento preventivo adecuado y bien planificado puede aumentar la garantía de servicio continuo.

- Realizar los autocontroles que se prevén en la legislación aplicable (RD 140/2003) con la frecuencia estipulada: comprobar que la calidad del agua en puntos significativos de la red es la correcta y, si no lo es, actuar en consecuencia (cambiar la dosificación del cloro, limpiar la red, etc.).
- Limpiar las tuberías. En la legislación se prevé que, como mínimo, se debe limpiar la red cada vez que se realiza una operación de mantenimiento o reparación, y la primera vez que se pone en funcionamiento el tramo.

5.2.2. Frecuencia

La frecuencia con la que se debe realizar cada una de las operaciones descritas en el apartado anterior se debe fijar en el plan de mantenimiento y limpieza, de acuerdo con las particularidades de cada red.

- También **es necesario limpiar** si se observa que la calidad del agua empeora en un punto concreto de la red de distribución (de acuerdo con lo que indiquen los análisis químicos y microbiológicos, y los exámenes organolépticos), tal como se ha explicado en el apartado correspondiente a los depósitos.

Dentro del mantenimiento preventivo se programan las limpiezas de la red de distribución, según las características de cada tramo:

- Existencia de consumidores con aforos (la garantía de su suministro se ve muy afectada por la presencia de partículas en la red).
- Sobredimensionamiento de la red, zonas sin salida y otras circunstancias que provocan una falta de circulación del agua, con la consiguiente sedimentación de partículas.
- Diseño no mallado.
- Otros.

5.2.3. Protocolos

Para el mantenimiento y la limpieza de tuberías hay que tener en cuenta lo que se ha comentado para los depósitos.

Un protocolo de mantenimiento y limpieza de tuberías puede ser el siguiente:

1. Si el hecho de dejar fuera de servicio las tuberías en cuestión representa dejar sin agua a la población o a una parte de ella, es preciso avisar al ayuntamiento del municipio y, cuando éste dé su conformidad para detener el suministro, realizar la limpieza (la programación anticipada puede facilitar el entendimiento entre el gestor y el ayuntamiento en este punto).

Antes de empezar, se debe avisar con tiempo a los consumidores afectados e indicarles el día y las horas en que no tendrán agua.

2. Se aísla el tramo de red afectado sectorizándolo.
3. Se desincrustan y arrancan los sedimentos de las tuberías inyectando agua a presión, que sale por el punto de purga más cercano y se vierte al alcantarillado.

La eficacia de la limpieza en cada punto puede variar según:

- La presión y el caudal del agua que se hace circular por ese punto,
 - la duración del lavado,
 - la distancia desde el punto conflictivo hasta la posición del punto de purga.
4. Se desinfectan las paredes de las tuberías inyectando agua clorada, en una concentración de 5-10 mg/l de cloro, y se dejan salir las aguas por el punto de purga.
 5. Se aclara la tubería inyectándole agua de la red y se arrastran los residuos hacia el punto de purga.

Se considera que el tramo de red está limpio y acondicionado cuando el agua del lavado no sale turbia y está bien clorada (dentro de los límites establecidos en la legislación).

6. Se vuelve a poner en funcionamiento la red, reabriendo las válvulas cerradas y recuperando la situación inicial.
 - Hay que tener en cuenta que, mientras se realizan las reparaciones de las tuberías maestras, se deben proteger tanto como sea posible los sistemas de distribución para evitar que se contaminen con microorganismos. Antes de volver a poner en servicio las tuberías, deberían hacerse los análisis pertinentes para asegurar que no ha habido contaminación por bacterias de origen fecal.

5.2.4. Observaciones para un diseño adecuado de la red de tuberías

Lo que se ha establecido para los depósitos es aplicable a la red de distribución. Un diseño correcto de ésta (artículo 12 del RD 140/2003) debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La red de distribución ha de ser suficientemente mallada, y se deben eliminar los puntos y las situaciones que faciliten la contaminación o el deterioro del agua distribuida. De ese modo aumentarán las garantías del suministro continuo de agua.
- La red debe disponer de mecanismos para su sectorización, que permitan aislar áreas cuando sea conveniente e instalar sistemas para purgar los distintos tramos.

En depósitos y tuberías siempre hay que limpiar primero y, después, desinfectar.

6. Toma de muestras

6.1. Importancia de la toma de muestras

Los análisis de las aguas de consumo van destinados a:

- conocer el agua de captación antes de su tratamiento,
- controlar la efectividad del tratamiento de potabilización,
- mantener la calidad del agua durante el suministro.

La interpretación de un análisis, tanto microbiológico como químico, sólo puede hacerse correctamente si:

- la muestra **se ha tomado correctamente**, de forma que sea **representativa** del agua que se quiere controlar;
- se ha utilizado el **material adecuado**;
- se ha seguido un **procedimiento correcto** para evitar una contaminación accidental durante el muestreo;
- se han realizado **una conservación y un transporte correctos**, sin que haya transcurrido un período de tiempo excesivo desde el momento de la recogida hasta la llegada de la muestra al laboratorio de análisis.

6.2. Plan de muestreo

Los muestreos deben efectuarse de acuerdo con un plan de muestreo establecido, en el que se fijen, según las indicaciones del RD 140/2003, los puntos de toma de muestras y la periodicidad de dichas muestras.

6.3. Puntos de toma de muestras: representatividad

Las muestras deben ser **representativas** del agua que se pretende analizar; por tanto, se debe hacer una buena elección de los puntos y de las condiciones de toma de muestras. Las muestras se deben tomar:

- en grifos colocados en la salida de los depósitos y ETAP.
- en puntos representativos de la red de distribución.
- en el grifo del consumidor.



FIGURA 20. Pila para la toma de muestras en una planta de tratamiento (Aigües del Prat, SA).

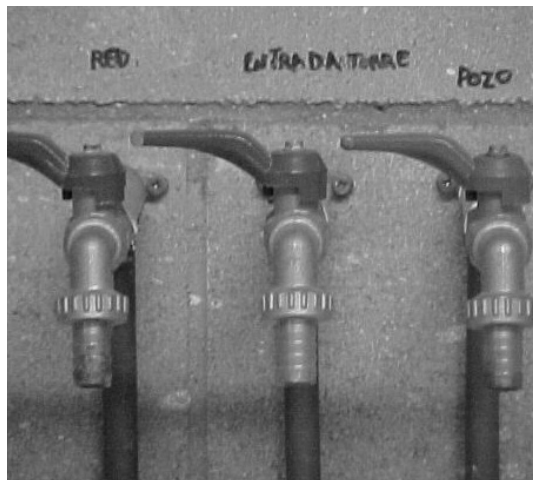


FIGURA 21. Grifos para la toma de muestras de diferentes puntos del proceso de captación y tratamiento del agua (Aigües del Prat, SA).

En los puntos de la red de distribución se debe asegurar que los ramales estén conectados directamente a la red principal y que no sean zonas sin salida o tengan poca circulación.

- Cuando el muestreo se efectúa en el grifo del consumidor o en grifos de establecimientos públicos, hay que extraer los filtros que pueda haber antes de purgar la tubería.
- La muestra nunca debe tomarse en grifos de agua caliente. Esas muestras no son representativas del agua del circuito porque, al calentarse, el cloro se evapora y también precipitan algunas sales, como el calcio.
- Tampoco se deben tomar las muestras del agua superficial del depósito, ya que suele haber una capa superficial de polvo y, además, como el cloro libre se evapora, los resultados no serían representativos.
- Cuando las muestras se tomen en ríos, arroyos, lagos, balsas, tanques de reserva, etc., deben ser también representativas del agua que se destina al consumo. Las muestras que se tomen en ríos, arroyos y lagos se deben extraer lejos de la orilla y a cierta profundidad. En el caso de los tanques o balsas de reserva, las muestras se deben tomar cerca del conducto de salida.

En estos casos, las botellas deben llenarse a mano o sujetándolas con un palo o un instrumento rígido, para poder tomar las muestras a unos 30 centímetros de profundidad.

6.4. Material

6.4.1. Envases

Se deben utilizar siempre envases perfectamente limpios.

Para los análisis químicos:

- Análisis de parámetros químicos básicos (inorgánicos): botellas de vidrio o de plástico con tapón de rosca.
- Análisis de compuestos orgánicos volátiles (halogenados/BTEX): botellas de vidrio topacio o viales de uso cromatográfico.
- Análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos, plaguicidas clorados, triazinas: botellas de vidrio.

Para los análisis microbiológicos:

- Botellas de vidrio o de plástico **estériles** con tapón de rosca, con unos 2 ml de tiosulfato sódico al 3% para neutralizar el cloro.¹¹

El número, el tipo y el volumen adecuados de las botellas dependen de las necesidades analíticas (número y tipo de parámetros que haya que determinar) y de lo que determine el laboratorio.

6.4.2. Otros instrumentos necesarios

- Mechero o sistema para flamear
- Termómetro de campo
- Equipo para medir el cloro
- Nevera portátil y acumuladores de frío

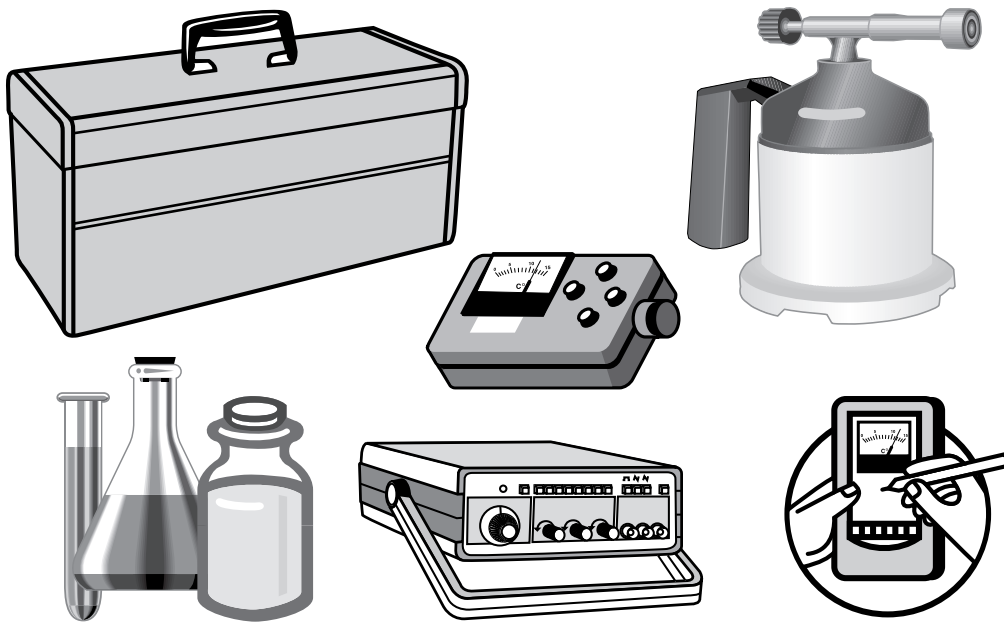


FIGURA 22. Material necesario para la toma de muestras.

11. La botella estéril para el análisis microbiológico debe contener unas cuantas gotas de tiosulfato sódico al 3% para neutralizar el cloro que contiene el agua (para neutralizar el cloro de un litro de muestra suele bastar con 2 o 3 ml). De este modo, la muestra llegará al laboratorio tal como estaba en el momento en que se tomó. Sin tiosulfato sódico, el cloro del agua seguiría desinfectándola, y eso podría impedir que se detectasen las bacterias, si hubiera en el momento de tomar la muestra.

6.5. Procedimiento de toma de muestras

6.5.1. Precauciones

Para coger las muestras se deben tomar algunas precauciones que garanticen la asepsia de la operación:

- Adoptar las máximas medidas de higiene personal, sobre todo tener siempre las manos limpias antes de empezar cualquier operación.
- Abrir las botellas manteniéndolas lejos de la boca y del cuerpo. No se debe tocar nunca el cuello de la botella ni la parte interna del tapón.
- No destapar ninguna botella antes de haber purgado el grifo del que se va a tomar la muestra. Una vez destapada la botella, debe mantenerse el tapón boca abajo sin que esté en contacto con nada.
- Limpiar la parte exterior del grifo antes de purgarlo.
- No olvidar flamear el grifo antes de tomar la muestra.
- No tomar muestras de grifos que goteen, para evitar que las gotas puedan caer dentro de la botella de muestreo.
- En los grifos no debe haber ninguna goma, manguera, filtro u otros elementos similares. Si los hay, deben extraerse antes de la purga.

6.5.2. Procedimiento

- Una vez que esté limpio el grifo (o el punto de salida del agua de consumo), es necesario flamearlo para evitar las interferencias de una posible contaminación por causas ajenas a la red de distribución del agua. Esto será posible siempre que el grifo no tenga elementos plásticos o de goma; en el caso de que los haya, se deben desmontar antes de flamearlo.

Para flamear se puede utilizar un algodón mojado en alcohol o un mechero de gas.

- Purgar abundantemente, dejando salir el agua durante unos tres minutos con el grifo abierto al máximo. Con esta purga se pretende eliminar las impurezas y el agua almacenada en el ramal.

(En el caso de que se quiera comprobar específicamente la calidad real del agua del grifo en concreto en el momento en que sale, no se debe flamear, desmontar ningún elemento del grifo ni purgar.)

- Las botellas se deben abrir en el momento de llenarlas. Se debe aguantar el tapón con una mano o, si no es posible, dejarlo boca arriba sobre una superficie limpia. Los recipientes se deben llenar de forma aséptica.

Hay que cerrar un poco el grifo para que al recoger la muestra el chorro no salpique. Las botellas deben llenarse haciendo que el agua resbale por su pared interior, y basta llenarlas hasta el cuello. Al terminar, deben taparse rápidamente.

Hay que evitar exponerlas a la luz directa del sol.

Las botellas para el análisis de parámetros químicos (no estériles y sin tiosulfato sódico) se pueden aclarar previamente con el agua que se desea muestrear.

- Las botellas deben etiquetarse con el nombre del punto de muestreo, el día y la hora de recogida.
- Es necesario medir la temperatura y el cloro residual libre y total del agua de salida. Estos valores deben anotarse en una hoja de registro y, si las botellas se llevan al laboratorio sin la hoja de registro, también deben anotarse los datos en las etiquetas.
- El transporte de las muestras al laboratorio debe efectuarse en neveras y lo más rápidamente posible.

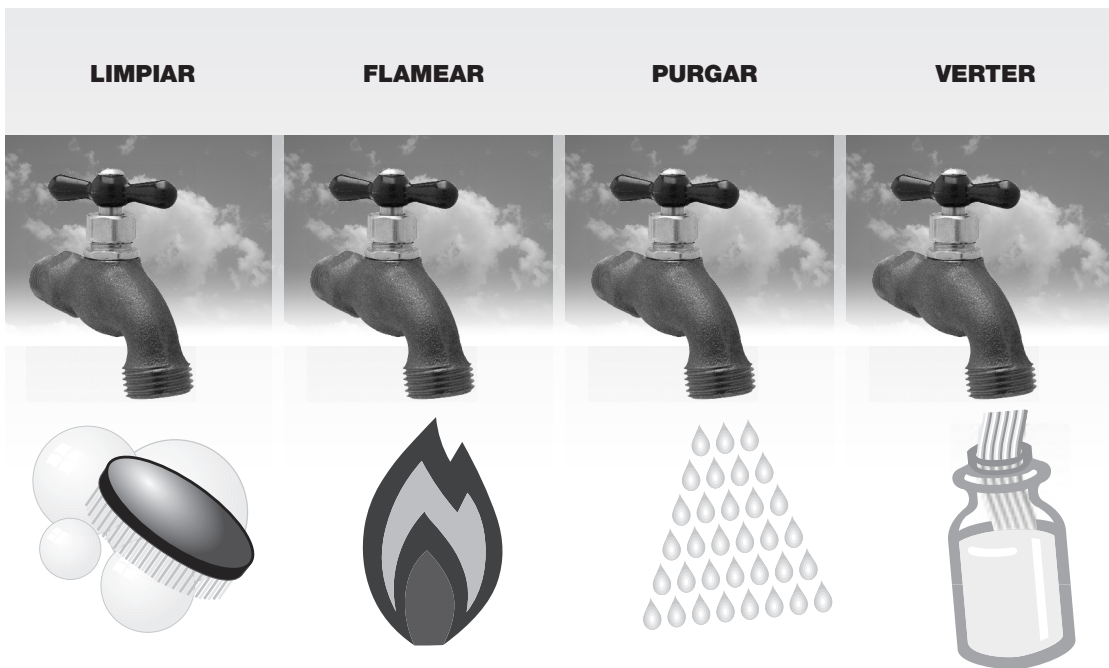


FIGURA 23. Toma de muestras en un grifo.

Debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Cuando las muestras se tomen de un pozo de manera sistemática, se debe procurar instalar una bomba y un grifo para tomarlas.

También se debe purgar la instalación durante unos minutos. Cuanto más largo sea el tubo, más minutos tiene que durar la purga.

Si el muestreo es puntual y no se dispone de ninguna instalación, pueden utilizarse pequeñas bombas sumergibles que hay en el mercado. También se pueden usar otros sistemas de muestreo, como la botella Niskins, o bien bajar directamente las botellas, una por una, sujetas a una cuerda con un peso. Como último recurso, si se tiene que usar un cubo, éste se limpiará a fondo previamente para no contaminar la muestra.

En estos casos, las botellas o cubos se deben bajar suavemente por el centro de la boca del pozo, procurando que no rocen las paredes y que no se ensucien.

6.6. Almacenamiento y transporte

Dado que algunos componentes del agua pueden variar durante el tiempo en que la muestra es almacenada y transportada al laboratorio, se deben seguir estas recomendaciones:

- Las muestras tienen que mantenerse tapadas y en un lugar oscuro hasta que lleguen al laboratorio.
- Si es posible, se conservarán en una nevera portátil con hielo, para mantenerlas a una temperatura cercana a los 4 °C durante el transporte, sobre todo en verano.
- Las muestras deben transportarse al laboratorio lo más rápido posible; un plazo correcto es dentro de las 6 horas posteriores a la recogida, y siempre antes de que hayan transcurrido 24 horas desde el momento de la toma de las muestras. En caso contrario, el análisis microbiológico puede resultar incorrecto.
- Hay que mantener las muestras siempre en posición vertical, desde el momento de la recogida hasta que lleguen al laboratorio, para evitar derrames y contaminaciones.

6.7. Análisis microbiológicos y químicos

Los análisis microbiológicos sirven para detectar la presencia en el agua de microorganismos vivos, como las bacterias, los virus, etc., y de otros organismos que producen distintas enfermedades si se consume agua contaminada por uno o más de estos seres.

Por otra parte, los análisis químicos sirven para identificar en las muestras de agua diferentes sustancias o compuestos «químicos», que pueden tener distintos orígenes y pueden afectar a la salud en mayor o menor grado.¹²

En ambos casos, la legislación aplicada (RD 140/2003) agrupa estos distintos compuestos (parámetros), según la repercusión que tienen en la salud de los consumidores, en:

- Parámetros microbiológicos,
- parámetros químicos,
- parámetros indicadores.

El RD 140/2003 fija los valores máximos permitidos en los parámetros químicos y microbiológicos para poder calificar el agua como apta para el consumo. Estos compuestos, si se encuentran en el agua de consumo de forma continuada, pueden causar enfermedades. En estos dos primeros casos, si se sobrepasa el valor fijado en esta legislación, la calificación del agua será de **no apta** para el consumo.

En el caso de los parámetros llamados *indicadores*, que engloban tanto parámetros microbiológicos como químicos, si se sobrepasa el valor máximo fijado, tal y como indica el RD 140/2003, será la autoridad sanitaria competente la que decidirá si el agua es apta para el consumo o no lo es, y concederá períodos de excepcionalidad del cumplimiento, si es necesario.

12. Véase el capítulo 7.

En Cataluña, los límites de tolerancia para los parámetros indicadores quedan fijados en el documento *Vigilancia y control sanitarios de las aguas de consumo humano de Cataluña* (diciembre de 2005).

Los parámetros indicadores del anexo C no tienen una incidencia directa sobre la salud, pero dan información sobre la calidad del agua y permiten controlar la eficacia y la corrección de los tratamientos de potabilización aplicados.

Dentro de los parámetros microbiológicos se incluyen los que indican la presencia de contaminación fecal. Si los microorganismos que constan en la lista (*Escherichia coli*, enterococos y *Clostridium perfringens*) se detectan en el agua, sería posible encontrar otros que también son de origen fecal y que pueden provocar enfermedades como el cólera y el tifo.

El hecho de que se busquen estos microorganismos indicadores y no cada una de las bacterias patógenas que provocan enfermedades se explica porque para los laboratorios resulta más fácil y rápido encontrarlos y, por tanto, se puede actuar con más eficacia a la hora de aplicar soluciones adecuadas.

Dentro de los parámetros químicos están los que representan un riesgo para la salud, según los estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud.

Real Decreto 140/2003:

- Límites fijados para los parámetros microbiológicos (véase fig. 23).
- Límites fijados para los parámetros químicos (véase fig. 24).
- Límites fijados para los parámetros indicadores (véase figs. 25 y 26).

6.8. Control del desinfectante residual

El control del desinfectante residual utilizado (generalmente el cloro, sea aplicado en forma de gas, sea en forma de soluciones de hipoclorito sódico) se debe realizar a diario en la salida de las estaciones de tratamiento de agua o los depósitos de cabecera, así como en los posibles depósitos intermediarios y en algún punto de la red de distribución.¹³

ANEXO I Parámetros y valores paramétricos		
A. Parámetros microbiológicos		
Parámetro	Valor paramétrico	Notas
1. <i>Escherichia coli</i>	0 UFC en 100 ml	1 y 2
2. <i>Enterococo</i>	0 UFC en 100 ml	
3. <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas)	0 UFC en 100 ml	
Notas:		
1. Cuando la determinación sea positiva y exista una turbidez mayor de 5 UNF se determinarán, en la salida de ETAP o depósito, si la autoridad sanitaria lo considera oportuno, <i>Cryptosporidium</i> u otros microorganismos o parásitos.		
2. Hasta el 1 de enero de 2004 se podrá determinar <i>Clostridium</i> sulfito reductor en vez de <i>Clostridium perfringens</i> . Las condiciones descritas en la nota 1 y el valor paramétrico serán los mismos para ambos.		

FIGURA 24. Límites fijados para los parámetros microbiológicos en el RD 140/2003.

13. Véase también el punto 3.2.5. «Establecimiento de un sistema de vigilancia del control de los PCC», en el capítulo 3.

B.1. Parámetros químicos					
Parámetro	Valor paramétrico	Notas	Parámetro	Valor paramétrico	Notas
4. Antimonio	5,0 $\mu\text{g/l}$		20. Nitrato	50 mg/l	3
Hasta el 31/12/2003	10,0 $\mu\text{g/l}$		21. Nitritos		3 y 4
5. Arsénico	10 $\mu\text{g/l}$		Red de distribución	0,5 mg/l	
Hasta el 31/12/2003	50 $\mu\text{g/l}$		En la salida ETAP/depósito	0,1 mg/l	
6. Benceno	1,0 $\mu\text{g/l}$		22. Total de plaguicidas	0,50 $\mu\text{g/l}$	5 y 6
Hasta el 31/12/2003	– $\mu\text{g/l}$		23. Plaguicida individual	0,10 $\mu\text{g/l}$	6
7. Benzo(α)pireno	0,010 $\mu\text{g/l}$		Excepto para los casos de:		
8. Boro	1,0 mg/l		Aldrín	0,03 $\mu\text{g/l}$	
9. Bromato:		1	Dieldrín	0,03 $\mu\text{g/l}$	
A partir de 01/01/2009	10 $\mu\text{g/l}$		Heptacloro	0,03 $\mu\text{g/l}$	
De 01/01/2004 a			Heptacloro epóxido	0,03 $\mu\text{g/l}$	
31/12/2008	25 $\mu\text{g/l}$		24. Plomo:		
Hasta el 31/12/2003	– $\mu\text{g/l}$		A partir de 01/01/2014	10 $\mu\text{g/l}$	
10. Cadmio	5,0 $\mu\text{g/l}$		De 01/01/2004 a		
11. Cianuro	50 $\mu\text{g/l}$		31/12/2013	25 $\mu\text{g/l}$	
12. Cobre	2,0 mg/l		Hasta el 31/12/2003	50 $\mu\text{g/l}$	
13. Cromo	50 $\mu\text{g/l}$		25. Selenio	10 $\mu\text{g/l}$	
14. 1,2-Dicloroetano	3,0 $\mu\text{g/l}$		26. Trihalometanos (THMs)		7 y 8
Hasta el 31/12/2003	– $\mu\text{g/l}$		Suma de:		
15. Fluoruro	1,5 mg/l		A partir de 01/01/2009	100 $\mu\text{g/l}$	
16. Hidrocarburos Policíclicos			De 01/01/2004 a		
Aromáticos (HPA)	0,10 $\mu\text{g/l}$		31/12/2008	150 $\mu\text{g/l}$	
Suma de:			Hasta el 31/12/2003	– $\mu\text{g/l}$	
Benzo(b)fluoranteno	$\mu\text{g/l}$		Bromodichlorometano	$\mu\text{g/l}$	
Benzo(ghi)perileno	$\mu\text{g/l}$		Bromoformo	$\mu\text{g/l}$	
Benzo(k)fluoranteno	$\mu\text{g/l}$		Cloroformo	$\mu\text{g/l}$	
Indeno (1,2,3-cd)pireno	$\mu\text{g/l}$		Dibromoclorometano	$\mu\text{g/l}$	
17. Mercurio	1,0 $\mu\text{g/l}$		27. Tricloroetano +		
18. Microcistina	1 $\mu\text{g/l}$	2	Tetracloroetano	10 $\mu\text{g/l}$	
Hasta el 31/12/2003	– $\mu\text{g/l}$		Hasta el 31/12/2003	– $\mu\text{g/l}$	
19. Níquel	20 $\mu\text{g/l}$		Tetracloroetano	$\mu\text{g/l}$	
Hasta el 31/12/2003	50 $\mu\text{g/l}$		Tricloroetano	$\mu\text{g/l}$	

Notas:

- Se determinará cuando se utilice el ozono en el tratamiento de potabilización y se determinarán al menos a la salida de la ETAP.
- Sólo se determinará cuando exista sospecha de eutrofización en el agua de la captación, se realizará determinación de microcistina a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.
- Se cumplirá la condición de que $[\text{nitrato}] / 50 + [\text{nitrito}] / 3 < 1$. Donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato (NO_3) y para el nitrito (NO_2).
- Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.
- Suma de todos los plaguicidas definidos en el apartado 10 del artículo 2 que se sospeche pueden estar presentes en el agua.
- Las comunidades autónomas velarán para que se adopten las medidas necesarias para poner a disposición de la autoridad sanitaria y de los gestores del abastecimiento el listado de plaguicidas fitosanitarios utilizados mayoritariamente en cada una de las campañas contra plagas del campo y que pueden estar presentes en los recursos hídricos susceptibles de ser utilizados para la producción de agua de consumo humano.
- Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización. Si se utiliza el dióxido de cloro, se determinarán cloritos a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.
- En los casos de que los niveles estén por encima del valor paramétrico, se determinarán: 2,4,6-triclorofenol u otros subproductos de la desinfección a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

FIGURA 25. Límites fijados para los parámetros químicos en el RD 140/2003.

C. Parámetros indicadores			
Parámetro	Valor paramétrico		Notas
31. Bacterias coliformes	0 UFC	En 100 ml	
32. Recuento de colonias a 22 °C			
A la salida de ETAP	100 UFC	En 1 ml	
En red de distribución	Sin cambios anómalos		
33. Aluminio	200	µg/l	
34. Amonio	0,50	mg/l	
35. Carbono orgánico total	Sin cambios anómalos	mg/l	1
36. Cloro combinado residual	2,0	mg/l	2, 3 y 4
37. Cloro libre residual	1,0	mg/l	2 y 3
38. Cloruro	250	mg/l	
39. Color	15	mg/l/Pt/Co	
40. Conductividad	2.500	µS/cm ⁻¹ a 20 °C	5
41. Hierro	200	µg/l	
42. Manganeseo	50	µg/l	
43. Olor	3 a 25 °C	Índice de dilución	
44. Oxidabilidad	5,0	mg O ₂ /l	1
45. pH:			5 y 6
Valor paramétrico mínimo	6,5	Unidades de pH	
Valor paramétrico máximo	9,5	Unidades de pH	
46. Sabor	3 a 25 °C	Índice de dilución	
47. Sodio	200	mg/l	
48. Sulfato	250	mg/l	
49. Turbidez:			
A la salida de ETAP y/o depósito	1	UNF	
En red de distribución	5	UNF	

Notas:

- En abastecimientos mayores de 10.000 m³ de agua distribuida por día se determinará carbono orgánico total, en el resto de los casos, oxidabilidad.
- Los valores paramétricos se refieren a niveles en red de distribución. La determinación de estos parámetros se podrá realizar también «in situ».

En el caso de la industria alimentaria, este parámetro no se contemplará en el agua de proceso.

- Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización. Si se utiliza el dióxido de cloro se determinarán cloritos a la salida de la ETAP.
- Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.
- El agua, en ningún momento, podrá ser ni agresiva ni incrustante. El resultado de calcular el Índice de Langelier debería estar comprendido entre ±0,5.
- Para la industria alimentaria, el valor mínimo podrá reducirse a 4,5 unidades de pH.

FIGURA 26. Límites fijados para los parámetros indicadores en el RD 140/2003

Anexo	N.º	Parámetro	Valor
B	nota 7 del parámetro 26	Clorito	700 µg/l
C	31	Bacterias coliformes	10 UFC en 100 ml
C	32	Recuento de colonias a 22 °C	100 UFC en 1 ml a la salida del tratamiento
C	34	Amonio	0,50 mg/l
C	35	Carbono orgánico total (COT)	7 mg/l
C	42	Manganeso	400 µg/l
C	44	Oxidabilidad	5 mg/l
C	49	Turbidez	1 UNF a la salida del tratamiento de desinfección 5 UNF en red de distribución

FIGURA 27. Límites fijados para los parámetros indicadores en el documento *Vigilancia y control sanitarios de las aguas de consumo humano de Cataluña (diciembre de 2005)*.

Es preciso determinar los niveles de cloro libre y cloro total¹⁴ y registrar los resultados en una hoja, que se puede diseñar y tener controlada para esta finalidad. En esa hoja deben constar los siguientes datos:

- Identificación del punto de muestreo,
- día y hora,
- nivel de cloro libre,
- nivel de cloro total.

6.9. Exámenes organolépticos

Los exámenes organolépticos consisten en la valoración de las características organolépticas del agua de consumo humano, teniendo en cuenta el color, la turbidez, el olor y el sabor.

Los exámenes organolépticos se deben realizar dos veces por semana¹⁵ en la salida de las estaciones de tratamiento de agua o los depósitos de cabecera, así como en los posibles depósitos intermediarios y en un punto de la red de distribución.¹⁶

Para la determinación de estos parámetros organolépticos se utilizan envases de vidrio limpios y transparentes, sin ningún tipo de coloración.

• Los exámenes de color y de turbidez

Se deben llevar a cabo, siempre que sea posible, por comparación con patrones. La obtención y preparación de esos patrones puede requerir el apoyo de un laboratorio.

14. Véase el punto 4.6.5. «Cómo controlar el nivel del cloro en agua: cloro libre y cloro total», en el capítulo 4.

15. Véase el RD 140/2003.

16. Véase también el punto 3.2.5. «Establecimiento de un sistema de vigilancia del control de los PCC», en el capítulo 3.

Reactivos elaborados:

Patrón de color: patrón de 15 mg/l Pt/Co. Se diluirán 7,5 ml del patrón de 500 mg/l Pt/Co a 250 ml en un matraz aforado con agua destilada, y luego se traspasará a una botella de vidrio. Debe preservarse de la luz. Caducidad: 1 mes.

Patrón de turbidez: patrón de 4,8 NTU. Se diluirán 0,3 ml del patrón de 4000 NTU a 250 ml en un matraz aforado con agua destilada, y luego se traspasará a una botella de vidrio. Debe preservarse de la luz. Caducidad: 1 semana.

Procedimiento:

1. Llenar una botella de vidrio con la muestra y tapanla.
2. Mezclarla por inversión.
3. Esperar 30 segundos.
4. Realizar el examen de **color**: comparar el color de las dos botellas (poniendo un papel blanco detrás), la de la muestra y la del patrón de color, teniendo en cuenta la tonalidad marrón. En la hoja de registro de resultados se debe anotar:
 - «1», si la intensidad del color de la muestra es **inferior** a la del patrón.
 - «2», si la intensidad del color de la muestra es **igual** a la del patrón.
 - «3», si la intensidad del color de la muestra es **superior** a la del patrón. En ese caso, se debe dejar correr el agua hasta que se renueve la que hay en la tubería, y repetir el examen de color para comprobar si el resultado es el mismo.
5. Realizar el examen de **turbidez**: comparar la turbidez de las dos botellas, la de la muestra y la del patrón de turbidez, poniendo la mano detrás de las botellas. En la hoja de registro de resultados se debe anotar:
 - «1», si la turbidez de la muestra es **inferior** a la del patrón.
 - «2», si la turbidez de la muestra es **igual** a la del patrón.
 - «3», si la turbidez de la muestra es **superior** a la del patrón. En ese caso, se debe dejar correr el agua hasta que se renueve la que hay en la tubería, y repetir el examen de color para comprobar si el resultado es el mismo.

Por otra parte, hay que oler el agua para intentar detectar algún **olor** extraño. Se debe agitar el agua en un vaso o un envase de vidrio y olerla al mismo tiempo. En la hoja de registro de resultados se debe anotar:

- «1», si no se aprecia ningún olor.
- «2», si se detecta olor a cloro o a lejía.
- «3», si se detectan olores naturales, como, por ejemplo, olor a tierra húmeda, moho, lodo, fango, flores, etc.
- «4», si se detectan olores no naturales, como, por ejemplo, olor a medicamento, petróleo, disolventes, sulfuros (huevos podridos), olores fecales, a óxido, olores picantes, etc.

También se debe anotar el tipo de olor detectado y si es habitual o se trata de un hecho aislado.

Finalmente, se debe probar el agua para detectar posibles **sabores** extraños, utilizando un vaso de vidrio limpio. El examen de sabor se tiene que efectuar sólo si hay presencia de cloro libre en el agua.

Para degustar el agua de una forma adecuada, se hace pasar sucesivamente de un lado a otro de la boca. En la hoja de registro de resultados se anotará:

- «1», si no se aprecian sabores extraños.
- «2», si se aprecia sabor a cloro o a lejía.
- «3», si se aprecian sabores naturales, como, por ejemplo, a tierra, moho, lodos, fangos, sal, etc.
- «4», si se aprecian sabores no naturales, como, por ejemplo, a medicamento, a petróleo, sabores fecales, metálicos...

En el caso de que se detecten sabores, se debe confirmar el dato dejando correr el agua hasta que se renueve toda la que pueda haber en la tubería y repitiendo el examen.

Como en los casos del color y del olor, si se halla alguna alteración se deberá anotar de qué tipo de sabor se trata y si es un hecho aislado o habitual.

Una alternativa a la metodología descrita para realizar los exámenes de color y turbidez, si no se dispone del apoyo de un laboratorio o de los medios adecuados, puede ser la siguiente:

El **color**: se puede determinar a simple vista, observando el agua delante de una superficie blanca, que hará de fondo. En la hoja de registro de resultados, se debe anotar:

- «1», si el agua es totalmente incolora y presenta el aspecto normal o habitual.
- «2», si se aprecia alguna coloración o alteración en sus características. En ese caso, se debe registrar también el tipo de coloración observada y si se trata de un hecho habitual o es un caso aislado.

La **turbidez**: se puede comprobar a simple vista si hay una alteración o una falta de transparencia en el agua. Se debe anotar:

- «1», si el agua es transparente.
- «2», si se aprecia una falta de transparencia en el agua y ésta se ve turbia. También se anotará si se trata de un caso habitual o es un hecho aislado.

7. Enfermedades transmitidas por el agua. Agentes microbiológicos y químicos como indicadores

La salud de las personas y el aspecto y las características del agua son los principales motivos que obligan a tratar el agua antes de que llegue al consumidor.

A finales del siglo XIX y a principios del XX, se detectaron importantes enfermedades asociadas al agua de suministro: el cólera, el tifo, la disentería y las frecuentes gastroenteritis.

Para conseguir que el agua que se suministraba a los consumidores no fuese un vehículo de transmisión de enfermedades, se empezó a desinfectar con cloro, y fue así como empezó la eliminación de la contaminación por bacterias y otros microorganismos. Estos componentes nocivos llegan al agua en su origen por filtración a través del suelo, porque ésta entra en contacto con aguas residuales (contaminación de origen fecal).

Aparte de esta contaminación microbiológica, que es la causa de los brotes agudos de enfermedades infecciosas, también existe la contaminación química, que llega al agua de la misma manera que la anterior y que produce enfermedades generalmente por acumulación de elementos tóxicos a largo plazo. Por ese motivo no se consideran enfermedades agudas, pero, en cambio, son más peligrosas.

Así pues, el agua puede ser portadora de dos tipos de agentes causantes de enfermedades: agentes de tipo microbiológico y agentes de tipo químico.

Enfermedades:	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Por agentes microbiológicos} \\ \text{Por agentes químicos} \end{array} \right.$	<p>Carácter agudo, a corto plazo. Pueden ser graves. Originadas por bacterias, virus, protozoos, hongos...</p>
		<p>Carácter a más largo plazo, por acumulación de elementos tóxicos. Pueden ser muy graves.</p>

A lo largo del siglo XX se fueron imponiendo distintos tipos de tratamientos para potabilizar el agua y garantizar su inocuidad, tanto química como microbiológica.

En el caso de la contaminación microbiológica, el tratamiento es la desinfección. No se puede prescindir de la utilización de un desinfectante residual para evitar posteriores contaminaciones microbiológicas accidentales del agua, desde que sale de la planta de tratamiento hasta que llega al grifo del consumidor.

7.1. Agentes microbiológicos

7.1.1. Tipos de agentes microbiológicos

Los agentes microbiológicos del agua que pueden causar enfermedades si infectan a los animales o al ser humano son de distintos tipos:

Los **virus**. Los virus son agentes submicroscópicos de estructura muy simple, visibles sólo a través del microscopio electrónico. De hecho, no son seres celulares, ya que no son capaces de realizar las funciones de nutrición y reproducción por sí mismos. Sólo pueden vivir y reproducirse cuando han infectado a otra célula, y como sólo se multiplican en células vivas, su número no puede aumentar en las aguas fecales. No forman parte de la flora normal del aparato digestivo y son excretados por las personas infectadas.

Las **bacterias**. Son microorganismos unicelulares muy sencillos, de formas muy diversas. Pueden ser móviles y muchos pueden formar estructuras de resistencia frente a condiciones desfavorables. En el mundo hay millones de bacterias y estamos rodeados de ellas continuamente. Algunas son patógenas, pero también existen bacterias inocuas y beneficiosas para el ser humano. Las bacterias tienen en el agua una vía perfecta de transmisión.

Los **protozoos**. Son organismos unicelulares capaces de realizar todas las funciones vitales, y tienen formas y estructuras muy diversas. Son muy abundantes y se encuentran en cualquier lugar de la tierra, especialmente en los lugares húmedos. Son, frecuentemente, parásitos de los animales, las plantas y el ser humano, y pueden producir enfermedades. Existen unas 50.000 especies de protozoos, que pueden vivir aislados o formando colonias. Los protozoos forman uno de los grupos de seres más frecuentes en el agua.

Las **algas**. Son los vegetales pluricelulares más sencillos, ya que están formadas por un talo, que es un cuerpo vegetativo no diferenciado en raíces, tallos u hojas. También hay algas unicelulares, como las cianoficias (o algas azules) y las diatomeas. Todas contienen clorofila u otros pigmentos, como el resto de las plantas. Existen algas de muchos tipos, formas y tamaños. Algunas especies producen sustancias capaces de alterar las propiedades organolépticas de las aguas y de conferirles un carácter tóxico para el ser humano y para los animales, lo cual se debe controlar cuando el agua está destinada al consumo. Otras algas facilitan la oxigenación del agua e indican su grado de polución, ya que son muy sensibles a ella.

Los **hongos**. Hay hongos de todos los tamaños, desde los microscópicos hasta las grandes setas, y de todos los colores y formas, pero la característica común a todos ellos es la ausencia de clorofila o de otros pigmentos fotosintéticos. A causa de esta carencia de pigmento, los hongos tienen la necesidad de obtener los elementos nutritivos ya elaborados, por lo que se alimentan de sustancias en descomposición, o bien son parásitos causantes de enfermedades o viven en combinación con otras plantas.

La capacidad infectiva de todos estos elementos depende de la cantidad en que estén presentes en el agua de consumo: a más cantidad, más riesgo de infección y enfermedades.

Una característica común a todos ellos es el hecho de que, si las condiciones les son favorables, se pueden multiplicar rápidamente, de manera que pueden presentarse en una can-

tividad suficiente para hacer posible una infección y causar una enfermedad más o menos grave en el ser humano o en los animales.

7.1.2. Condiciones que favorecen la reproducción de los microorganismos

1. Presencia de **nutrientes** (comida)
 2. **Temperatura** adecuada
 3. **Tiempo**
1. Los **nutrientes**. En el caso del agua, los nutrientes pueden aparecer a causa de las contaminaciones externas o de la suciedad presente en las instalaciones. De ahí la importancia de realizar un mantenimiento adecuado y una limpieza periódica de las instalaciones.
 2. La **temperatura**. Los microorganismos que pueden provocar enfermedades acostumbran a crecer muy bien en temperaturas similares a la del cuerpo humano; por tanto, el crecimiento es más fácil en verano, cuando el agua está más caliente.
 3. El **tiempo**. Se calcula que, por término medio, una bacteria se divide en dos cada media hora. Por tanto, cuanto más tiempo pasa en las condiciones adecuadas y con los nutrientes necesarios, más veces se multiplica y más aumenta su cantidad.

Una sola bacteria o microorganismo presente inicialmente en el agua se puede convertir en millones en pocas horas si las condiciones son propicias. Esos millones de bacterias sí pueden tener capacidad para infectar a las personas que beban agua en esas condiciones.

En tales casos se habla de *brotes* de una enfermedad: brotes de tifus, de cólera o, más recientemente, brotes de legionela, que también se encuentra en el agua (aunque en este caso la infección se produce por inhalación del microorganismo presente en el agua, y no por el hecho de beberla).

7.1.3. Transmisión de las enfermedades

Las enfermedades relacionadas con el agua se pueden transmitir:

De forma directa. Por ingestión o por vía cutánea-mucosa.

De origen bacteriano: salmonelosis, shigelosis, cólera, leptospirosis...

De origen vírico: hepatitis A, enterovirus, conjuntivitis...

Por hongos: pie de atleta...

Por parásitos: amebosis, giardiasis, ascariosis, anquilostomiasis...

De forma indirecta. Mediante vectores (organismos que transmiten el agente infeccioso).

De forma pasiva: trematodos, cestodos y nematodos.

De forma activa: virosis, protozoos (por ejemplo: paludismo, por el mosquito *Anopheles*), helmintos.

Mediante los alimentos.

En general, las enfermedades que tienen el agua como origen provocan diarreas con fiebre y pueden llegar a ser mortales, por las complicaciones que generan, en niños y ancianos o enfermos.

Los agentes microbiológicos causantes de las enfermedades se encuentran muchas veces en los intestinos de los animales o de las personas, sin provocarles síntomas en la mayoría de los casos. Esto se explica por el hecho de que algunas personas están inmunizadas a ciertos microorganismos, o bien porque éstos han perdido virulencia o porque hay microorganismos que causan enfermedades en unas especies de animales y no en otras. Estas personas o animales a los cuales no afecta la enfermedad se llaman *portadores* de la enfermedad y, dado que no se tratan porque no tienen síntomas, la transmiten, sobre todo a través de las aguas residuales. En el caso de los animales, estos microorganismos pueden pasar al suelo, y de éste al agua.

7.1.4. Principales enfermedades causadas por los agentes microbiológicos

Enfermedades		
Cólera	- Agente causante: - Vía de transmisión: - Sintomatología	Vibrio cholerae (bacteria). Fecal-oral, mediante el agua y los alimentos contaminados. Diarreas importantes que se presentan de forma brusca y vómitos ocasionales. La deshidratación puede ser extrema y puede llegar a provocar la muerte. Esta enfermedad es de declaración obligatoria nacional e internacionalmente.
Enfermedades diarreicas (disenterías)	- Agente causante: - Vía de transmisión: - Sintomatología:	Diversas bacterias, virus, algas y protozoos. Fecal-oral, mediante el agua y los alimentos contaminados. Diarreas más o menos graves (disenterías), con pérdida de agua corporal y posibilidad de fiebre, según las defensas de la persona afectada.
Disentería amebiana	- Agente causante: - Vía de transmisión: - Sintomatología:	Entamoeba histolytica (protozoo). Fecal-oral, mediante el agua y los alimentos contaminados. Diarreas, sangre en las deposiciones, dolor abdominal, fiebre y pérdida de peso. Puede presentar complicaciones graves, como perforación del intestino y peritonitis (inflamación del peritoneo). También puede no presentar síntomas y dar lugar a un portador.
Gastroenteritis viral	- Agente causante: - Vía de transmisión: - Sintomatología:	Virus de Norwalk (virus) o «enfermedad del vómito invernal». Fecal-oral, mediante el agua y los alimentos contaminados. Vómitos, diarreas, dolor abdominal, fiebre y náuseas. Generalmente, la recuperación es completa y sin complicaciones, aunque puede llegar a producir la muerte si los enfermos son niños o ancianos..
Hepatitis infecciosa	- Agente causante: - Vía de transmisión: - Sintomatología:	Virus de la hepatitis A (virus). Fecal-oral, mediante el agua y los alimentos contaminados. Fiebre, dolor de cabeza y náuseas. En la fase final aparecen vómitos, diarrea, dolor abdominal e ictericia. Parece que la edad es un factor importante para la severidad de la enfermedad, que es más suave en niños y más fuerte en adultos.

Enfermedades. (Continuación)		
Legionelosi	- Agente causante:	<i>Legionella</i> (bacteria).
	- Vía de transmisión:	Respiratoria, por inhalación de aerosoles de agua contaminada.
	- Sintomatología:	En forma de neumonía («enfermedad del legionario»), con infección del pulmón y fiebre alta, o bien en forma de síndrome febril agudo o fiebre de Pontiac..
Poliomielitis	- Agente causante:	Virus de la poliomielitis (virus).
	- Vía de transmisión:	Fecal-oral, mediante el agua y los alimentos contaminados.
	- Sintomatología:	Dolores musculares intensos, debilidad, temblores, parálisis. Puede ser mortal.
Febre tifoidea	- Agente causante:	<i>Salmonella typhi</i> (bacteria).
	- Vía de transmisión:	Fecal-oral, mediante el agua y los alimentos contaminados.
	- Sintomatología:	Malestar general, debilidad, pérdida del apetito, dolor de cabeza y estreñimiento. En una segunda fase, fiebres altas, pérdida de conciencia y lesiones rojas en la piel. Puede complicarse con lesiones cardiacas graves, hemorragias gastrointestinales y alteraciones neurológicas importantes. Se puede convertir en una enfermedad crónica y dar lugar a la condición de portador.
Intoxicación por algas	- Agente causante:	Cianobacterias (algas).
	- Vía de transmisión:	Oral, mediante agua contaminada.
	- Sintomatología:	Daños en el hígado o en el sistema nervioso central, según el tipo de toxina.

7.1.5. Los agentes microbiológicos como indicadores

Algunos parámetros microbiológicos se consideran indicadores de contaminación, ya sea fecal, ya sea de otros tipos. Por tanto, su presencia en el agua por encima de los límites de referencia indica que es posible que haya algunos de los agentes reconocidos como causantes de enfermedades, y, por tanto, un riesgo para la salud de los consumidores:

- **Bacterias coliformes totales.** Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable. Su ausencia en el agua desinfectada no significa que no haya otros parásitos patógenos, pero su presencia por encima de los límites de referencia indica que el tratamiento del agua ha sido inadecuado o que se ha producido una contaminación posterior, ya sea de origen fecal, ya sea procedente de la vegetación y del suelo.
- ***Escherichia coli* y bacterias coliformes fecales.** Los coliformes fecales son un grupo de microorganismos que se utilizan como indicadores de contaminación fecal, entre los que se encuentra la *Escherichia coli*, que tiene un origen específicamente fecal, ya que está siempre presente en grandes cantidades en los excrementos del ser humano y de los animales sanos (aunque, según el serotipo, puede ser patógeno), y no es normal encontrarlo en el agua o en el suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal.

Es poco probable que en el sistema de distribución (después del tratamiento) se desarrollen nuevamente organismos coliformes fecales, siempre que no haya suficientes nutrientes bacterianos, que la temperatura del agua no supere los 13 °C y que haya cloro residual libre.

- **Enterococos.** La denominación de *enterococos* se refiere a un tipo de bacterias que forman parte de la flora intestinal del ser humano y de los animales. Son excretados con las heces; de ahí que su presencia indique contaminación de origen fecal y ries-

go de aparición de gérmenes patógenos. Los enterococos constituyen una parte de los llamados *estreptococos*, e incluyen dos especies: *Streptococcus faecalis* y *Streptococcus faecium*. Suelen ser más resistentes a los desinfectantes que los demás tipos de bacterias.

- **Clostridium perfringens.** Es otra bacteria que puede provocar enfermedades en el ser humano, ya que tiene la posibilidad de sobrevivir en condiciones ambientales adversas (mediante la formación de esporas), crecer rápidamente y producir toxinas, que provocan alteraciones y daños importantes en el intestino delgado. Se trata de un microorganismo de amplia distribución en la naturaleza: está presente en el suelo, en el polvo, en el agua y en el tracto intestinal humano y de los animales. Por ello, su presencia en el agua es indicativa de un tratamiento incorrecto.

7.2. Agentes químicos

Los principales agentes químicos que pueden causar enfermedades en el ámbito territorial de Cataluña son los nitratos, el plomo, los compuestos organoclorados y los pesticidas.

- Los **nitratos**. La causa de la contaminación del agua por nitratos ha sido el abuso en la utilización de fertilizantes y abonos en la agricultura.
- Los **pesticidas**. Del mismo modo, el abuso de insecticidas y pesticidas en la agricultura ha provocado la contaminación de los recursos hídricos, y ha ocasionado un problema para obtener agua con una calidad adecuada para el consumo humano.
- **Compuestos organoclorados**. Como residuos indeseables de los procesos de potabilización y desinfección del agua de consumo (utilización del cloro y derivados, y de otros desinfectantes), se producen compuestos organoclorados (los trihalometanos) con una elevada toxicidad, que requieren un control.
- **Plomo y cobre**. Los materiales utilizados para la conducción del agua, como el plomo y el cobre, también pueden constituir un foco de contaminación.

Otros. La contaminación industrial ha ocasionado la presencia de disolventes y compuestos químicos indeseables en los recursos hídricos, y de este modo ha disminuido la calidad del agua y su aprovechamiento es más difícil.

7.2.1. Los agentes químicos como indicadores

Algunos parámetros químicos se pueden considerar indicadores indirectos de contaminación, principalmente de origen fecal. Por ejemplo, se pueden destacar los siguientes:

- Los **cloruros**. Proceden del terreno. El hecho de que la concentración de cloruros aumente puede indicar una intrusión marina, contaminación industrial o incluso presencia de residuos fecales.
- Los **nitratos**. Proceden principalmente de los abonos de los campos de cultivo. Los nitratos se combinan con compuestos nitrogenados (aminas secundarias) de origen alimentario y forman nitrosaminas, con un presunto efecto cancerígeno. Son la for-

Organismo	Enfermedad principal	Origen principal
Bacterias		
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea	Heces humanas
<i>Salmonella paratyphi</i>	Fiebre paratifoidea	Heces humanas
Otras esp. <i>Salmonella</i>	Gastroenteritis (salmonelosis)	Heces animales y humanas
<i>Shigella</i>	Disenteria bacilar	Heces humanas
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Heces humanas. Agua costera
Patógeno <i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
<i>Yersinia enterocolítica</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
<i>Campilobacter yeyuni</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
<i>Legionella pneumófila</i>	Enfermedad de legionarios, fiebre de Pontiac	Agua caliente
<i>Microbacterium avium intracelular</i>	Enfermedad pulmonar	Heces humanas y animales, agua, suelo
<i>Pseudomonias persiginora</i>	Dermatitis	Aguas naturales
<i>Helicobacter pylori</i>	Úlceras pépticas	Saliva, heces humanas
Virus entéricos		
Poliovirus	Poliomelitis	Heces humanas
<i>Cosaeikerosus</i>	Enfermedades aparato respiratorio superior	Heces humanas
Ecovirus	Enfermedades aparato respiratorio superior	Heces humanas
Rotavirus	Gastroenteritis	Heces humanas
Virus de Norwalk y otros calicivirus	Gastroenteritis	Heces humanas
Virus de la hepatitis A	Hepatitis infecciosa	Heces humanas
Virus de la hepatitis E	Hepatitis	Heces humanas
Astrovirus	Gastroenteritis	Heces humanas
Adenovirus entérico	Gastroenteritis	Heces humanas
Protozoos y otros organismos		
<i>Giardia Lamblia</i>	Giardiasis (gastroenteritis)	Heces humanas y animales
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Criptosporidiosis (gastroenteritis)	Heces humanas y animales
<i>Entameba histolítica</i>	Disentería amebiana	Heces humanas y animales
<i>Ciclospora cayatanensis</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
Microspora	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
Acantameba	Infección de los ojos	Tierra y agua
<i>Toxoplasma gondii</i>	Síntomas de la gripe	Gatos
Fowleri	Meningo encefalitis primaria amebiana	Tierra y agua
Algas azul-verdosas	Gastroenteritis, daños en el hígado, daños en el sistema nervioso	Aguas naturales
Hongos	Alergias respirtorias	¿Aire, agua?

ma máxima de oxidación del nitrógeno. Normalmente están presentes en casi todos los aprovisionamientos de aguas; por tanto, si su presencia no va acompañada de nitritos o de amonio y la cantidad no sobrepasa la tolerada, no se pueden considerar un indicador de contaminación. Los efectos de los nitratos sobre la salud son consecuencia de su rápida conversión en nitritos, que pueden provocar problemas de anoxia en niños y en personas muy ancianas. Asimismo, también es bien conocida la relación de los nitratos con ciertas formas de cáncer. La presencia de estos productos en el agua se debe a la utilización de fertilizantes, a la descomposición de la materia orgánica vegetal y animal, a la eliminación de los fangos de las depuradoras y de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el terreno, a las descargas industriales y a las filtraciones de fosas sépticas.

- Los **nitritos**. Pueden producirse en el tracto digestivo a partir de los nitratos. Son muy inestables y se convierten rápidamente en nitratos; por tanto, una concentración superior al valor de referencia indica una presencia elevada de nitratos. Provocan metahemoglobinemia (deterioran la hemoglobina, que es el elemento que transporta el oxígeno en la sangre), con la consiguiente insuficiencia respiratoria.
- El **amonio**. El amonio es un indicador de contaminación orgánica reciente, ya sea por filtraciones de fosas sépticas, ya sea por emisiones domésticas (contaminación fecal). Con el tiempo y por la acción microbiana sobre la materia orgánica, el amonio pasa a nitrito, que es muy inestable y se convierte rápidamente en nitrato. Por tanto, si la concentración de amonio supera el valor de referencia, indica una concentración elevada de nitratos. También puede tener un origen industrial.

Otros parámetros de interés son:

- La **dureza**. Provocada a partir de las sales de calcio y magnesio con sulfatos, cloruros y bicarbonatos. Si las aguas son agresivas (la dureza es muy baja) puede haber una redisolución del plomo, el cobre o el zinc de las tuberías, de forma que estos elementos pasen al agua.
- Los **sulfatos**. Proceden, como los cloruros, del mismo terreno. Si aumenta mucho su concentración, pueden ocasionar trastornos gastrointestinales. Son bastante habituales en las aguas de las tierras del Ebro.
- Los **fenoles**. Son de origen industrial. En una concentración elevada reaccionan con el cloro y forman clorofenoles, que producen muy mal sabor en el agua.
- **Haloformos/trihalometanos**. Tienen un efecto cancerígeno. Proceden de la reacción del cloro con la materia orgánica presente en el agua (con los ácidos húmico y fúlvico).

7.2.2. Enfermedades causadas por los agentes químicos

La contaminación del agua por elementos químicos, además de alterar sus características organolépticas (tanto de sabor como de olor y color), puede originar intoxicaciones en las personas y los animales.

Las intoxicaciones por agentes químicos pueden tener una sintomatología muy diversa, en la que destacan las cefaleas, los vómitos, las afecciones gastrointestinales y los problemas nerviosos.

El efecto tóxico se produce principalmente por la acumulación en el organismo de estos elementos químicos a largo plazo (sobre todo si se trata de metales).

Las enfermedades ocasionadas son diversas y pueden llegar a ser muy graves; incluso pueden originar problemas de cáncer, disfunciones metabólicas, afecciones del sistema nervioso central, disfunciones respiratorias y cardíacas, afecciones hepáticas... En algunas ocasiones pueden provocar la muerte.

Saturnismo: intoxicación crónica por plomo

(plumbismo o «lengua negra»)

Antiguamente, los alquimistas denominaban al plomo *saturno*, y de aquí proviene el nombre que recibe la intoxicación por este metal.

El plomo es un metal pesado neurotóxico que, cuando está presente en la sangre, circula por todo el organismo y ocasiona daños neurológicos irreversibles al llegar al cerebro.

La acción patógena del plomo puede producirse tanto por exposición como por ingestión. Sus efectos suelen aparecer tras su acumulación en el organismo durante un período de tiempo.

Se calcula que una persona absorbe diariamente el 50% de la dosis necesaria de plomo para producir síntomas perceptibles.

El plomo bloquea primero la síntesis de la hemoglobina, y el efecto producido es la anemia, que altera el sistema de transporte del oxígeno en la sangre hacia el resto de los órganos del cuerpo.

Cuando aumenta la cantidad de plomo, éste se va depositando en los huesos y en otros puntos, y la contaminación se extiende sin que haya manifestaciones de intoxicación. Esta etapa se denomina *presaturnismo*. Después, por una absorción mayor o por otras causas, el plomo sale de sus depósitos y pasa a la sangre, de forma que se desarrollan los síntomas típicos de la intoxicación.

La mayor parte del plomo que se acumula en el cuerpo humano se asocia a la hemoglobina y se concentra en los huesos. Un 3%, aproximadamente, circula a través de la sangre, y una pequeña fracción queda libre en el plasma. Se considera que esa pequeña fracción contribuye a la intoxicación inmediata.

El plomo puede tardar aproximadamente treinta años en ser eliminado de los huesos.

Esta sustancia puede ingresar en el organismo por varias vías, pero principalmente lo hace por vía oral. En ayunas, la absorción es mucho mayor que con la presencia de alimentos.

La contaminación puede producirse por:

- pinturas de paredes, puertas o ventanas con un alto contenido en plomo;
- emanaciones tóxicas de fábricas y talleres en los que se trabaje con plomo;
- emanaciones de los automóviles;
- ingestión de alimentos o de **aguas contaminados**;
- tierras contaminadas;
- vapores, polvos o aerosoles en el medio ambiente;
- hábitos de higiene deficientes.

Sintomatología

Los síntomas de intoxicación por plomo son numerosos y afectan a muchos sistemas del cuerpo humano. La exposición crónica al plomo, incluso a niveles bajos, perjudica el desarrollo mental de los niños y se ha relacionado con una disminución del coeficiente intelectual y con ciertos problemas de comportamiento.

Otros síntomas de intoxicación por plomo pueden ser: irritabilidad, comportamiento agresivo, disminución del apetito y de la energía, insomnio, cefaleas persistentes, estreñimiento, anemia y cólicos abdominales.

Los niveles de plomo muy altos pueden causar encefalopatía aguda (enfermedad cerebral) con vómitos, marcha inestable (problemas en el equilibrio), debilidad muscular, convulsiones y coma. También puede provocar impotencia sexual.

FIGURA 28. Descripción del saturnismo, enfermedad causada por la ingestión de plomo.

La Diputación de Barcelona es una institución de gobierno local que trabaja conjuntamente con los ayuntamientos para impulsar el progreso y el bienestar de la ciudadanía.

La colección **Documentos de Trabajo** facilita a los agentes del mundo local documentación actualizada para contribuir a la mejora de la gestión de las políticas públicas locales.

Los municipios tienen competencias importantes en la gestión del agua dentro de su ámbito territorial. El Real decreto 140/2003, de 7 de febrero, establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, entre ellos figuran explícitamente la obligación de los municipios de asegurar que el agua suministrada sea apta para el consumo en el punto de entrega al consumidor, y la obligación de los gestores del servicio de suministro de elaborar un protocolo de autocontrol y gestión que incluya todo lo relacionado con el control de la calidad del agua y de su suministro a la población. Este Manual básico de gestión de los riesgos para la salud, *Autocontrol en el servicio de suministro del agua*, es un documento especializado que ayudará al mundo local a desarrollar las competencias que tienen atribuidas en el ámbito de la calidad sanitaria del agua y facilitará a los técnicos de los municipios que gestionen directamente el servicio de suministro de agua la tarea de elaborar su propio protocolo de autocontrol como método preventivo para evitar los riesgos sanitarios relacionados con el agua.

Diputació de Barcelona
Àrea de Salut Pública i Consum
Servei de Salut Pública i Consum
Pg. de la Vall d'Hebron, 171
Edifici Serradell, 2a planta
08035 Barcelona
Tel. 934 022 468
www.diba.cat/salutpconsum

