

agua



La desinfección del agua



Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional para las Américas
Oficina Regional para Europa
Organización Mundial de la Salud

La desinfección del agua

OPS/HEP/99/32

La Organización Panamericana de la Salud /Organización Mundial de la Salud dará consideración muy favorable a las solicitudes de autorización para reproducir o traducir, íntegramente o en parte, alguna de sus publicaciones. Las solicitudes y las peticiones de información deberán dirigirse a la División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, 525 Twenty-third Street, N. W., Washington, D.C. 20037, Estados Unidos de América, que tendrá sumo gusto en proporcionar la información más reciente sobre cambios introducidos en la obra, planes de reedición, y reimpresos y traducciones ya disponibles.

agua

La desinfección del agua

Prefacio

La alta incidencia de las infecciones intestinales y las numerosas muertes prematuras atribuibles al funcionamiento inadecuado de los sistemas de abastecimiento de agua y de las estructuras sanitarias exigen una acción urgente y cuidadosa. Estas deficiencias son responsables de que alrededor de 80.000 niños mueran cada año en América Latina.

La desinfección del agua es la intervención sanitaria más eficaz, en función de su costo, que pueden emprender las autoridades responsables del abastecimiento de agua y de la disposición de aguas servidas. El costo es menos de EUA\$1,00 por año-persona y los informes científicos indican que a la combinación de agua salubre y saneamiento con educación sanitaria pueden atribuirse marcadas reducciones de algunas enfermedades relacionadas con el agua: de 25% en el caso de la diarrea y de 29% en el de la ascariasis. También a ella se atribuye 55% de la disminución de la mortalidad infantil en general.

Las autoridades locales son las que tienen la mayor oportunidad y responsabilidad de eliminar los riesgos de salud que las aguas de mala calidad representan hoy en día para las poblaciones. El impacto de la reaparición del cólera en la Región de las Américas sigue siendo muy grande, como también lo han sido los adelantos obtenidos mediante las actividades comunitarias para el control de la enfermedad.

El presente fascículo contiene información y orientaciones que harán más efectivas las medidas adoptadas para mejorar la calidad bacteriológica del agua. Confiamos en que sea útil y orientador para las autoridades decisorias en el ejercicio de sus responsabilidades públicas.

J.E. Asvall
Director Regional
Organización Mundial de la Salud
Oficina Regional para Europa

George A.O. Alleyne
Director
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana
Oficina Regional para las Américas
Organización Mundial de la Salud

Autoridades locales, este documento es para ustedes

Las Oficinas Regionales de la O.M.S. en Europa y las Américas, reciben regularmente solicitudes de información técnica o práctica acerca de un gran número de temas relacionados con la salud y el medio ambiente.

Para facilitar la respuesta a una parte de estas solicitudes, y con el fin de ayudar a las autoridades locales en la solución de sus problemas de salud y de medio ambiente, un grupo de expertos con el apoyo de un gran número de colaboradores han redactado la serie: "Autoridades locales, Medio ambiente y Sanidad"

Éste es uno de los fascículos de dicha serie. Las recomendaciones que encontrarán al final del mismo, se han ordenado por prioridad, con el objeto de facilitar el desarrollo de estrategias apropiadas para el contexto local.

Las recomendaciones identificadas con este símbolo son básicas para lograr un ambiente seguro y saludable. Las autoridades locales deberían implementar de inmediato acciones relacionadas con estas recomendaciones.

Las recomendaciones con este símbolo aportarán mejoras significativas en el estado de salud de la población y deberían considerarse como acciones prioritarias.

Estas recomendaciones mejoran la calidad de vida de su comunidad. Están relacionadas con el logro de un ambiente más saludable para su comunidad.

Las recomendaciones sin indicación de prioridad están diseñadas para ayudarlo a formular estrategias en el nivel local y, en general, no tendrán efecto directo sobre la salud.

Este fascículo ha sido preparado para ayudar a las autoridades locales a tomar decisiones debidamente informados. Los anexos contienen información práctica que ayudará al personal técnico y a los responsables de las relaciones públicas en su trabajo diario.

En la contraportada figura la lista de títulos publicados y los que están en preparación.

Xavier Bonnefoy, EURO/OMS
Asesor Regional en Ambiente y Salud/Ecología

Horst Otterstetter, AMRO/OMS
Director, División de Salud y Ambiente

Consejero científico



Antoine Montiel
Responsable "calidad del agua" en la sociedad de aguas de París (S.A. G.E.P.). Posee una amplia experiencia en el estudio y tratamiento de las aguas destinadas al consumo humano. Trabaja como experto para el Gobierno Francés y la O.M.S.

Segura

La desinfección del agua

Resumen

El número de muertes anuales, directamente relacionadas con el consumo de agua no potable, es de 3 millones a nivel mundial. Una cifra enorme y especialmente preocupante si se la compara con los 168 millones de personas que en la Región de las Américas, no disponen en la actualidad, de un abastecimiento continuo de agua microbiológicamente segura.

Las autoridades locales son las principales responsables por eliminar este riesgo y hacer frente a contaminaciones que, aun siendo mínimas, pueden causar epidemias catastróficas. A ellas les compete hacer todo lo posible para ofrecer a la población un agua segura las 24 horas del día.

La aplicación de normas simples puede garantizar la obtención de un agua de calidad. Entre estas normas, la desinfección del agua con cloro sigue siendo en todo caso prioritaria, y debe preferirse a cualquier pretratamiento del agua con tecnologías altamente especializadas y a menudo costosas.

En la mayoría de países es responsabilidad de las autoridades locales poner a disposición de las poblaciones un agua sin riesgo para la salud

Los riesgos relacionados con el consumo de un agua no potable son múltiples y tenerlos en cuenta forma parte de la responsabilidad de las autoridades elegidas para ello. Tradicionalmente, se hace una distinción entre los riesgos a corto plazo y los riesgos a medio o largo plazo.

Riesgos a corto plazo

Beber un solo vaso de agua de dudosa calidad puede suponer un riesgo.

Normalmente se trata de un riesgo microbiológico a corto plazo. La protección contra dicho riesgo debe garantizarse 24 horas al día, 365 días al año.

Riesgos a medio y largo plazo

Los riesgos a medio y largo plazo están relacionados con el consumo regular y continuo durante semanas, meses, e incluso años de un agua contaminada químicamente. Estos riesgos se deben tener en cuenta naturalmente, pero en ningún caso en detrimento de la protección contra el riesgo a corto plazo.

Para proporcionar un abastecimiento continuo de agua segura para consumo humano, deben seguirse algunas normas simples que permitan garantizar su buena calidad microbiológica. Entre ellas, la O.M.S. considera prioritarias las siguientes:

- ▶ utilizar un recurso hídrico de la mejor calidad posible,
- ▶ emplear todos los medios disponibles para proteger las captaciones,
- ▶ garantizar en forma permanente la desinfección del agua.

La protección de la población frente a enfermedades de origen hídrico depende de la aplicación y del cumplimiento de dichas normas.

Las enfermedades de origen hídrico

En América Latina y el Caribe, los riesgos epidemiológicos relacionados con el consumo de agua contaminada por gérmenes muy virulentos, como son los del cólera, las fiebres tifoideas o la hepatitis vírica; así como la existencia de otras enfermedades de origen hídrico resultantes de la contaminación microbiológica de las aguas de consumo humano causan un gran impacto en la población. Por ejemplo, en 1991 surgió una epidemia de cólera que se extendió a 21 países, ocasionando 1'207,000 casos hasta 1997.

Aunque en los Estados Unidos el impacto es mucho menor, estas enfermedades siguen actuales, habiéndose presentado 248 epidemias de gastroenteritis a causa del agua, en el período 1981-1988.

Efectos en la salud

Una gran cantidad de gérmenes pueden ser la causa de epidemias de origen hídrico: históricamente, las Salmonellas y las Shigellas fueron las que se identificaron primero. Hoy en día, otros microorga-

Escherichia coli



nismos como los Rotavirus, los Campylobacter o parásitos tales como Giardia se identifican también como responsables de las mismas.

La mayoría de los trastornos ocasionados por estos gérmenes son de una gravedad moderada presentándose a menudo en forma de gastroenteritis asociada con diarreas, dolores abdominales o vómitos. Dichos trastornos son por lo general de corta duración. Pueden afectar a algunas personas o a comunidades enteras, dependiendo de la calidad o del tipo de germen presente en el agua. Junto a estas epidemias "benignas", aparecen ocasionalmente enfermedades de origen hídrico mucho más graves.

El tipo de microorganismo, su modo de transmisión así como el perfil de las personas contaminadas determinan la gravedad de la infección: los niños de corta edad, las personas mayores, los inmunodeficientes o los enfermos representan los grupos de población más susceptibles a este riesgo. Los brotes de epidemias en las comunidades con un gran número de población susceptible (guarderías, escuelas, hospitales, etc.) cumplen a menudo el rol de centinela y de alerta para las autoridades.

ESTUDIO DE CASO

Una enfermedad olvidada: el cólera

Las enfermedades hídricas aún están presentes. Se creía que la mejora de los sistemas de saneamiento y de suministro de agua potable, así como los avances en la higiene alimentaria habrían eliminado el cólera, como así sucedió en Europa y América del Norte a finales del siglo XIX.

En 1991 hizo su aparición una nueva epidemia en Perú. Hasta diciembre de 1997, se han contabilizado 1'207.313 casos en América, con un balance de 11.959 muertes.

El cólera sigue siendo un grave problema en gran cantidad de países de África y de Asia. En este último continente, se registraron 50.000 casos en 1991, con un balance de 1.286 muertes y en África 153.000 casos, con un cómputo de 13.998 muertes. Estas cifras oficiales son, con toda probabilidad, inferiores al cómputo real. En todos los casos, el agua fue la responsable.

La infección puede ocurrir como resultado de beber agua contaminada, o a través de sus diversos usos cotidianos: preparación de comidas, aseo o incluso inhalación.

Principales enfermedades de origen hídrico y agentes responsables

Enfermedades	Agentes
Origen bacteriano Fiebres tifoideas y paratifoideas Disentería bacilar Cólera Gastroenteritis agudas y diarreas	Salmonella typhi Salmonella paratyphi A y B Shigella sp. Vibrio cholerae Escherichia coli enterotoxinógena Campylobacter Yersinia enterocolitica Salmonella sp. Shigella
Origen vírico Hepatitis A y E Poliomelitis Gastroenteritis agudas y diarreas	Virus hepatitis A y E Virus de la polio Virus de Norwak Rotavirus Enterovirus Adenovirus, etc.
Origen parasitario Disentería amebiana Gastroenteritis	Entamoeba histolytica Giardia lamblia Cryptosporidium

La contaminación microbiológica del agua ocurre por lo general a través de heces de origen humano o animal. La presencia, en las cercanías de una captación, de aguas residuales o excretas de personas enfermas o que son portadores sanos de patógenos, puede ser la causa de la contaminación del agua.

Los microorganismos hídricos

Características

Los microorganismos patógenos poseen diversas propiedades que les distinguen de los contaminantes químicos:

- ▮ no están en solución, sino que se presentan en forma de partículas. Pueden estar en suspensión libre o aglomerados en las materias suspendidas en el agua.
- ▮ El riesgo de contraer una infección no depende únicamente de la concentración media de microorganismos en el agua. La probabilidad de que un germen patógeno consiga implantarse en el organismo y provoque una infección depende de su grado de invasión, de su dosis mínima infectante así como del nivel inmunológico del individuo.
- ▮ Si se produce infección, los gérmenes patógenos se multiplican en el organismo huésped. Algunas bacterias patógenas pueden incluso multiplicarse en los alimentos y las bebidas, lo que perpetúa y aumenta los riesgos de infección. Ese no es el caso de los contaminantes químicos.
- ▮ Contrariamente a los efectos provocados por numerosas sustancias químicas, la relación dosis/efecto de los microorganismos patógenos no es acumulativa. Una única exposición a un microorganismo patógeno puede bastar para provocar una enfermedad.

Debido a estas propiedades, no se puede establecer un límite inferior tolerable para los microorganismos patógenos.

El agua destinada al consumo humano, a la preparación de los alimentos o a la higiene personal no debe contener ningún microorganismo patógeno para el hombre

Vigilancia de las aguas de consumo humano

Resulta teórica, técnica y financieramente imposible investigar en el agua de consumo humano todos los microorganismos patógenos susceptibles de provocar infecciones de origen hídrico. En efecto, no se concibe el estudio de todos los agentes patógenos debido a:

- ▮ La dificultad de que todos los laboratorios responsables por el monitoreo de la calidad de las aguas de consumo humano identifiquen sistemáticamente estos microorganismos.
- ▮ La imposibilidad de aislar algunos de ellos con las técnicas analíticas actuales.
- ▮ La presencia, por lo general irregular, de microorganismos patógenos en el agua de consumo humano. Debido a esto, para garantizar que el agua es totalmente segura, la detección debería hacerse en forma continua, pero en la actualidad no existen técnicas disponibles para efectuar esto.
- ▮ El largo tiempo requerido para obtener los resultados de los análisis, aún en el caso que existieran técnicas confiables, no permitiría un control eficaz de la calidad del agua, y por tanto una protección satisfactoria del consumidor.

Los higienistas han tenido que recurrir, por consiguiente, a métodos indirectos para evaluar la contaminación de las aguas, tales como: **indicadores de contaminación fecal ó bacterias "testigo"**.

La gran mayoría de los microorganismos patógenos transmitidos por el agua son de origen fecal. Consecuentemente, su monitoreo se basará en demostrar la presencia de los microorganismos más representativos indicadores de esa contaminación.

En adición, los indicadores deben tener algunas características particulares: ser poco o nada patógenos, fáciles y rápidos de detectar a un costo moderado. Además, deberán presentar una resistencia a los tratamientos físico-químicos (sedimentación, filtración, desinfección), similar a la de los microorganismos patógenos. Esta característica en particular, permitirá evaluar la eficacia de los diversos tratamientos del agua para remover estos microorganismos.

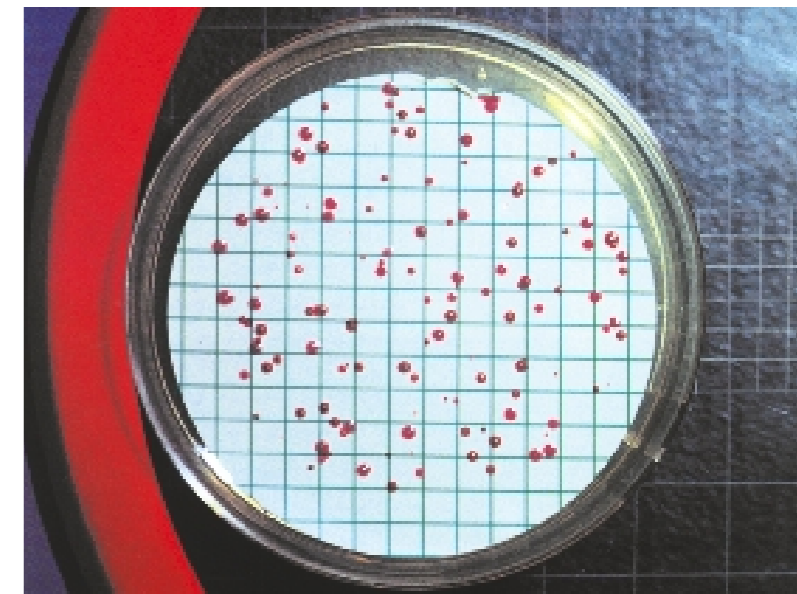
Hoy en día, las bacterias coliformes termotolerantes, a menudo llamadas erróneamente coliformes fecales o *Escherichia coli*, constituyen el indicador de referencia comúnmente aceptado por todos. Otros grupos de microorganismos, como los coliformes totales y los *Clostridium sulfitorreductores*, se utilizan igualmente como indicadores de la eficacia del tratamiento.

Si se detectan coliformes fecales puede afirmarse que el agua ha sido contaminada y por tanto representa un riesgo potencial. A iniciativa de las autoridades sanitarias se podrán realizar estudios adicionales que requieran la aplicación de técnicas analíticas especiales.

Si no se encuentran microorganismos indicadores, puede asumirse que el agua cumple con las normas. Sin embargo, sigue existiendo un ligero riesgo de que el agua pueda estar contaminada por microorganismos de origen fecal o de otro origen, en particular por virus y protozoos. En opinión de expertos de la O.M.S., este riesgo es muy remoto.

Un agua que no contiene microorganismos indicadores se considerará como un agua microbiológicamente apta para beber

La lucha contra las enfermedades infecciosas de origen hídrico ha constituido a lo largo de los últimos decenios (y aún hoy constituye en gran número de países) un objetivo primordial de salud pública que requiere diversas soluciones técnicas. Entre éstas, la desinfección del agua sigue siendo el método más eficaz y extendido.



Cultivo de gérmenes en laboratorio

La desinfección del agua

La operación que asegura protección contra el riesgo de infecciones de origen hídrico se denomina desinfección: este es el tratamiento que debe aplicarse prioritariamente cuando el agua está contaminada, o cuando no se puede garantizar su potabilidad natural de forma permanente.

La desinfección del agua se puede conseguir por diversos medios físicos o químicos:

- ▮ **Ebullición:** para obtener un agua perfectamente desinfectada a nivel del mar, ésta debe hervirse por un minuto. Debe agregarse un minuto adicional de ebullición por cada aumento de 1.000 metros de altitud.
- ▮ **Rayos ultravioletas:** la eficacia de la desinfección usando esta técnica está estrechamente ligada a la calidad del agua que va a ser tratada. Por tanto debe usarse sólo en casos muy particulares. Además, debe considerarse que este tratamiento no tiene efecto residual¹. Por otra parte, no genera ningún subproducto.

(1) Residual: persistencia en el tiempo de ciertas características (poder biocida en el presente caso).



Bomba dosificadora de inyección de solución clorada

► **Procesos químicos:** los reactivos químicos más comunes son el cloro y sus derivados y el ozono junto con el bióxido de cloro. De todos ellos el cloro en forma de cloro gaseoso, de hipoclorito de sodio (lejía) o de hipoclorito de calcio (en polvo), es el biocida² más empleado y el más antiguo (ver anexo: los diferentes productos clorados).

En un principio, el empleo del cloro se basó en la idea de una relación entre enfermedades de origen hídrico y mal olor del agua (olor "séptico"). Si bien es anterior al descubrimiento de las bacterias responsables de la contaminación del agua, el uso del cloro para desodorización del agua ha resultado ser muy eficaz. Este descubrimiento empírico contribuyó a mantener la creencia de que el olor era el que provocaba enfermedades. Por esa razón, las primeras normas de potabilidad hacían referencia a las características organolépticas³: "el agua debe ser inodora, insípida, incolora y transparente".

No fue hasta después de 1880, y gracias a los trabajos de científicos como Pasteur y Escherich, que se descubrió el origen microbiológico de las enfermedades hídricas y se explicó la acción bactericida del cloro.

En Europa, la generalización de la cloración de las aguas hizo desaparecer, en un gran número de países, las epidemias de fiebre tifoidea y de cólera. En América Latina ésta es una meta a alcanzar, ya que su cobertura de desinfección solo llega al 60%.

La desinfección con cloro sigue siendo la mejor garantía de un agua microbiológicamente segura

La concentración de reactivo químico biocida, así como el tiempo de contacto agua-biocida son los principales elementos que determinan la buena desinfección de un agua. Se debe tener en cuenta la calidad físico-química del agua que se va a tratar, para determinar cuál es la correcta concentración y tiempo de contacto.

Los subproductos de la desinfección

La inyección de cloro, poderoso oxidante, en aguas cargadas de materias orgánicas da lugar a reacciones químicas particulares. En especial el amoníaco, el hierro, el manganeso y los sulfuros, reaccionan fácilmente con el cloro.

Desde 1974 se ha prestado atención a las reacciones secundarias más complejas, en particular con ciertas materias orgánicas presentes de forma natural en el agua. Se trata esencialmente de los ácidos húmicos y de los ácidos fúlvicos. La consecuencia de estas reacciones secundarias es la producción de moléculas químicas particulares denominadas "organocloradas"⁴. Algunas de dichas sustancias han resultado cancerígenas en animales de laboratorio.

(2) Biocida: que tiene la facultad de matar microorganismos. A menudo, se hace referencia al término "desinfectante" para calificar un reactivo químico biocida.

(3) Organoléptico: relativo a los sentidos: gusto, olfato, etc.

(4) Los más comunes son: los trihalometanos, (cloroformo...), los compuestos clorados del ácido acético y del acetónitrilo. Las cantidades totales fo.

Algunos estudios han demostrado pequeñas asociaciones estadísticas con los cánceres de estómago, de intestino grueso, de recto o, más recientemente, de páncreas. El Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (CIIC) ha evaluado estos estudios, concluyendo que no es posible afirmar que el consumo de agua potable clorada pueda derivar en cánceres en el hombre.

No obstante, tras estos descubrimientos, algunos países adaptaron su reglamentación para tomar en consideración los riesgos a largo plazo provenientes de los subproductos de la desinfección.

En ciertos casos, esto ha provocado la sustitución del cloro por otros desinfectantes químicos, como el bióxido de cloro o el ozono. Otros trabajos recientes han demostrado que dichos reactivos también provocan la formación de moléculas con riesgos, asimismo, a largo plazo.

La nueva edición de las "Guías de Calidad para el Agua Potable", publicadas por la O.M.S., da información técnica detallada acerca de estos compuestos químicos, proponiendo valores-guía para su concentración.

Sin embargo, todos los conocimientos disponibles hasta la fecha, relativos a las reacciones secundarias provocadas por los reactivos usados en la desinfección química, confirman que la desinfección del agua sigue siendo el tratamiento prioritario en cualquier caso.

Es conveniente, por tanto, adoptar los siguientes objetivos:

- Dar preferencia al uso de recursos protegidos naturalmente, en lugar de usar aguas subterráneas de acuíferos vulnerables, o aguas superficiales cuya calidad pueda requerir la aplicación de tratamientos complejos.
- Realizar el mejor tratamiento previo posible del agua, que permita eliminar la mayor cantidad de materia orgánica.
- Introducir o mantener el tratamiento de desinfección que se requiera. Bajo ninguna circunstancia la de tección de subproductos de la desinfección debe ocasionar la reducción de este tratamiento, ó peor aún interrumpirlo.



Clorómetro con botellas de cloro

Aspectos técnicos

Se puede obtener agua potable tanto de forma directa, cuando se usa una fuente de agua subterránea de alta calidad y bien protegida, o también utilizando un agua no potable, la cual se somete a una serie de tratamientos adecuados capaces de reducir la concentración de contaminantes a un nivel que no signifique riesgo para la salud.

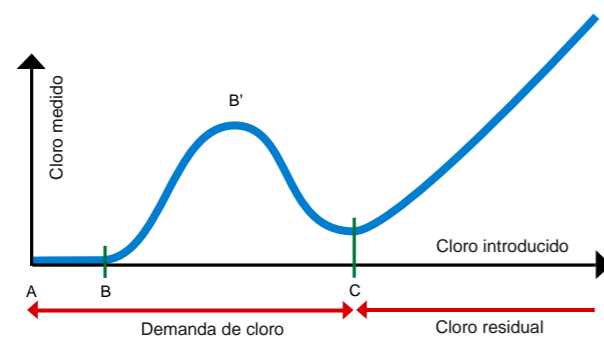
Cada etapa del tratamiento supone un obstáculo a la transmisión de las infecciones. Los tratamientos previos a la desinfección final deberían ser por sí mismos capaces de producir un agua de buena calidad microbiológica, constituyendo así esta última desinfección tan sólo una última barrera de seguridad.

La desinfección como tratamiento único solamente se podrá utilizar para aguas subterráneas claras y bien filtradas por el suelo.

Comportamiento del cloro en el agua

Al introducir el cloro en el agua, se irán produciendo sucesivamente diversas reacciones químicas. Es conveniente que estos mecanismos se conozcan a la perfección antes de proceder a una operación de desinfección.

Evolución de la cantidad de cloro residual en función de la cantidad de cloro introducido



Fase AB: El cloro introducido en el agua se combina inmediatamente con la materia orgánica. Consecuentemente, el residual medido se mantiene en cero. Mientras no se destruyan estos compuestos, no se producirá la desinfección.

Fase BB: A partir del punto B, el cloro se combina con compuestos nitrogenados⁵. Entonces ya se puede medir una cantidad de cloro residual. Esta concentración no corresponde al cloro realmente activo, sino a cloraminas que reaccionan igual que el cloro con los reactivos de los aparatos de medición. Se trata de productos orgánicos complejos, por lo general de fuerte olor, y muy poco desinfectantes.

Fase B'C: Cuando se añade más cloro, se observa que la cantidad de cloro residual que se mide con los aparatos ordinarios de medición, va en descenso. En realidad, el cloro introducido ha servido para destruir los compuestos formados durante la fase BB". El agua no huele tan mal pero sigue sin estar desinfectada.

(5) En particular, los iones amonio.

(6) Partículas coloidales: partículas diminutas en suspensión en el agua.

A partir del punto C, el cloro introducido está finalmente disponible para cumplir su función de desinfectante.

En conclusión, los primeros miligramos de cloro introducidos no garantizan la desinfección. De hecho, antes de que éste pueda garantizar realmente una acción eficaz, se deberá agregar una cantidad variable de desinfectante para que se produzcan todas las reacciones químicas secundarias. Esta cantidad se denomina: Demanda de cloro.

La desinfección debe realizarse en aguas de una buena calidad química (en las que la demanda de cloro sea mínima), con objeto de limitar al máximo las reacciones secundarias, generadoras de subproductos⁶. Por otra parte, la presencia de partículas coloidales protege a los microorganismos de la acción desinfectante del cloro.

Antes de iniciar la desinfección, deben realizarse pruebas sistemáticas para determinar la cantidad de cloro que se debe agregar para lograr superar la fase de las reacciones secundarias (ver anexo).

Por ejemplo, algunas veces puede ser necesario introducir 5 ó 10mg de cloro por cada litro de agua, para poder

ESTUDIO DE CASO

Desinfección en las Américas: una necesidad

En los Estados Unidos y Canadá las infecciones de origen hídrico están prácticamente controladas, a pesar de lo cual aún surgen algunos brotes de las mismas. En los últimos 24 años, en los Estados Unidos se reportaron 740 brotes de infecciones de origen hídrico, existiendo adicionalmente muchos que no fueron reportados o reconocidos. Aunque en estos países la morbilidad y la mortalidad debidas a enfermedades de origen hídrico es casi inexistente comparada con la realidad existente en América Latina, este nivel residual de enfermedad sirve para recordar que ningún país puede olvidar la vulnerabilidad de sus sistemas de agua potable ante la contaminación microbiológica, y consecuentemente no debe descuidar la desinfección del agua.

*De hecho, el más grande brote reportado en los Estados Unidos ocurrió en 1993, cuando la contaminación del sistema de abastecimiento de agua de Milwaukee, Wisconsin con *Cryptosporidium* causó 400.000 enfermos, 1.000 hospitalizaciones y 50 muertes.*

obtener al término del tratamiento 0.5 mg/l de cloro activo, ya que el resto del desinfectante es consumido por las impurezas y productos disueltos.

Para una desinfección eficaz

La eficacia de la desinfección final es máxima cuando el agua ya ha sido tratada para eliminar toda turbiedad⁷ y, más exactamente para eliminar toda sustancia que pueda reaccionar y "consumir" el cloro. Si los tratamientos previos no se aplican o no se pueden aplicar, o se aplican de forma errónea en un momento dado, una sobredosis de cloro permitirá obtener una desinfección correcta del agua, si bien, como consecuencia de ello, aparecerán subproductos de desinfección.

Parámetros técnicos que influyen en la eficacia de la desinfección

Turbiedad	< 0,5 NTU ⁸
pH	< 8,0
Tiempo de retención	> 30 min
Cloro libre residual	> 0,5 mg/l

Es primordial que el tratamiento anterior a la desinfección final produzca un agua cuya turbiedad media no exceda de 1 NTU y en ningún caso una muestra presente una turbiedad superior a 5 NTU.

*Esta exigencia es tanto más necesaria por cuanto algunos parásitos clásicos (*Giardia*, gusano de Guinea o *Cryptosporidium*) no se destruyen en la desinfección.*

La cantidad de cloro que hay que añadir al agua para la desinfección depende:

- de la temperatura del agua,
- del tiempo de contacto (tiempo transcurrido entre la inyección del cloro y el consumo del agua),
- del contenido residual de desinfectante deseado en la red.

Desde un punto de vista general, la desinfección será óptima cuando se cumplan los parámetros descritos en el siguiente cuadro:

Su eliminación sólo se consigue por medio de una filtración eficaz, ya sea natural o insertada en una cadena de tratamientos

La acidez o la alcalinidad del agua afecta a la desinfección con cloro. Hay que recordar que un agua con pH básico (pH > 8) sólo podrá ser desinfectada eficazmente con una sobredosis de cloro.

El efecto desinfectante del cloro no es inmediato. Se requiere un tiempo de contacto mínimo de treinta minutos entre agua y desinfectante antes de su consumo.

La supervisión y el mantenimiento de las instalaciones

Los equipos, y en especial el funcionamiento de los aparatos de desinfección deben ser objeto de una atención permanente por parte de los responsables:

- inspección, si es posible diaria, de la planta de tratamiento,
- medición del cloro residual varias veces al día, tras el tratamiento y en el extremo de la red,
- mantenimiento de un libro que registre las intervenciones o incidentes acaecidos durante la operación de la red.

Las inspecciones se multiplicarán en caso de circunstancias excepcionales: contaminación de la fuente de agua, lluvias intensas, inundaciones etc.

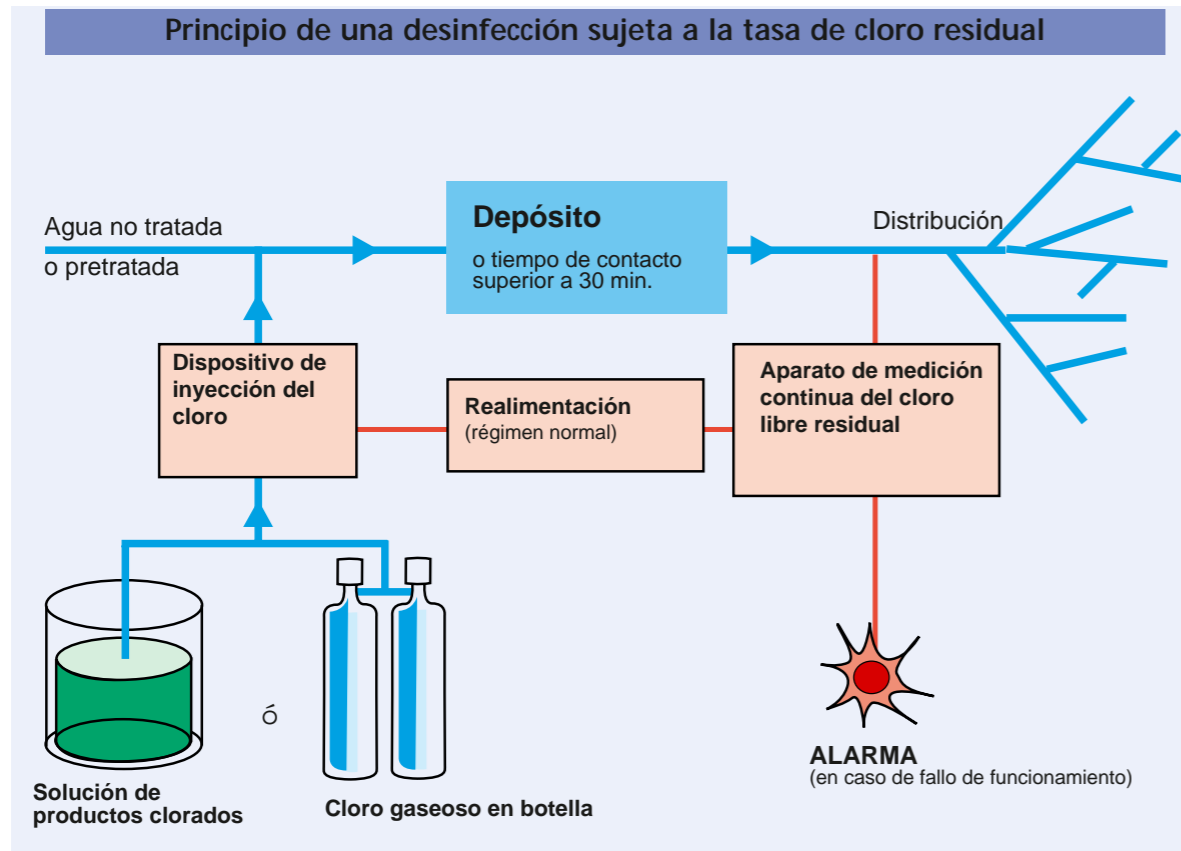
Esta supervisión debe ser realizada por personal calificado y entrenado para efectuar mediciones y controles sobre el terreno.

Contenido de cloro residual

Es muy importante asegurar que exista cloro libre en todos los puntos de la red de distribución de agua: en adición a la acción bactericida del agua tratada en esta forma, el hecho de encontrar cloro en el agua demuestra que no se ha introducido materia orgánica que consumiera el cloro, y por tanto, probablemente tampoco microbios tras el tratamiento. Por el contrario, la ausencia anormal del desinfectante en la red, debe hacer que los responsables apliquen de inmediato medidas de emergencia.

(7) Turbiedad: turbidez del agua debida a la presencia de partículas coloidales minerales (arcillas) u orgánicas (ácidos húmicos...).

(8) NTU: unidad de turbiedad valorada por el porcentaje de luz obstaculizada por las partículas contenidas en una muestra dada de agua (medición nefelométrica).



La cantidad de cloro residual es por consiguiente, una señal de alarma eficaz, inmediata y poco costosa, que permite monitorear la evolución de la calidad microbiológica en la red.

El mejor modo de asegurar que exista siempre una cantidad de cloro residual satisfactoria, es hacer que la cantidad de desinfectante que se introduce dependa de la concentración medida en la red. En algunas redes demasiado largas, puede ser difícil mantener la cantidad adecuada de cloro residual en todos los puntos. En esos casos, puede ser necesario fraccionar la dosificación del cloro instalando cloradores en varios puntos de la red.

Algunas precauciones

Para evitar interrupciones en el abastecimiento de cloro se procurará que siempre exista un cilindro lleno como reserva, y siempre que sea posible, instalar un sistema automático de cambio entre ambos cilindros (conmutador basculante manual o, mejor aún automático).

Cuando se trabaja en las tuberías de la red, es imposible hacerlo en condiciones de asepsia total. Por lo tanto, hay que prever la limpieza y desinfección de la instalación al término del trabajo.

En un inmueble, se pueden producir fenómenos de sifonado en caso de corte o de descenso de presión del agua. Con vistas a evitar una contaminación, la red pública se puede proteger con válvulas antiretorno, incluso con desconectores (para tramos de riesgo).

Aspectos reglamentarios y normativos

Por lo general, las autoridades locales no tienen a su cargo el fijar las normas de calidad. Sin embargo, es muy importante que entiendan los aspectos técnicos que los Gobiernos centrales consideran para la adopción de normas y que sepan interpretar los resultados de un análisis de laboratorio.

Se tendrán en cuenta varios aspectos:

- las normas de calidad microbiológica que permitan garantizar que el agua no está contaminada,
- las normas relativas a la concentración de desinfectante,
- las normas relativas a los productos secundarios de la desinfección.

Normas microbiológicas

El agua destinada al consumo humano no debe contener microorganismos patógenos. Para asegurarse de que el agua está exenta de contaminación fecal y de que se ha realizado una buena desinfección, se utilizan "microorganismos indicadores", cuyos valores guía se

Normas microbiológicas de las aguas de consumo - O.M.S. 1994

<i>Coliformes termo tolerantes</i>	0/100 ml
<i>Coliformes totales</i>	0/100 ml*

* En el 95% de las muestras tomadas en distribución tras tratamiento durante un período de 12 meses. Estadística válida para las grandes redes.

han definido en las recomendaciones de la O.M.S. publicadas en 1994.

Normas relativas a la concentración de desinfectante

El cloro da un sabor al agua. Dependiendo de los países y los hábitos de los consumidores, la "concentración de cloro residual tolerada" puede tener gran variación. En Europa, la mayoría de los países limitan este contenido a un nivel muy bajo, del orden del 0,1mg/l.

En los Estados Unidos y en América en general, donde el sabor a cloro equivale a la garantía de un agua de calidad, dicho valor es de 1mg/l.

La O.M.S. considera que una concentración de 0.5mg/l de cloro libre residual en el agua, después de un tiempo de contacto de 30 minutos garantiza una desinfección satisfactoria.

Por otra parte, la O.M.S. precisa que no se ha observado ningún efecto nefasto para la salud en el caso de concentraciones de cloro libre que lleguen hasta 5mg/l. Esta concentración se ha considerado como valor guía, pero en ningún caso un valor a alcanzar.

Normas relativas a los subproductos de desinfección

Los subproductos de la desinfección están representados generalmente en los reglamentos por los trihalometanos, THM de forma abreviada.

En 1980, la Unión Europea no había previsto una reglamentación acerca de dichos compuestos. Simplemente se precisaba que el nivel de THM debía ser lo más bajo posible. Algunos países introdujeron, sin embargo, en sus legislaciones normas para estas sustancias. Los valores considerados varían de 25 a 100 (g/l para los THM totales).

En 1994 se publicaron los niveles guía de la O.M.S. relativos a estas sustancias, que se presentan en el anexo. La O.M.S. precisa que el cumplimiento de dichos niveles guía no debe obtenerse en ningún caso en detrimento de las normas microbiológicas.

Aparato de medición de la concentración de cloro en el agua



Aspectos económicos

La desinfección del agua es, por consiguiente, un tratamiento prioritario que, en términos de costo/beneficio, es eminentemente rentable: la proporción del costo de la desinfección en el presupuesto global de operación de la red sigue siendo muy pequeña. Se sitúa, por lo general, entre el 1 y el 3% del costo total, no excediendo nunca del 10%.

Por otro lado, las ventajas económicas de los pre-tratamientos pueden cuestionarse justificadamente.

Los procesos de pretratamiento tienen muchas ventajas, incluyendo las de asegurar un agua más agradable en sabor y olor. El agua tiene más aceptación y la población le otorga más fácilmente su confianza. Adicionalmente, los tratamientos físicos y químicos algunas veces permiten mejorar la calidad química del agua, y sobre todo, lograr reducciones significativas en la concentración de los subproductos de la desinfección. Sin embargo, el costo de aplicar dichos tratamientos (a veces muy elevado) repercute en el precio del agua. En algunos casos, esto puede llevar por razones financieras, a que el sector más desfavorecido de la población no utilice el agua de la red. Esta situación sería muy peligrosa, porque estos grupos podrían utilizar aguas no potables exponiéndose a un gran riesgo de contraer enfermedad.

Resulta difícil el equilibrio entre las limitaciones económicas y los beneficios para el consumidor, y esto puede evaluarse únicamente en función de las condiciones locales.

En ningún caso la aplicación de tratamientos específicos tendientes a reducir la cantidad de los subproductos formados durante la desinfección, puede llevar a reducir la eficacia del servicio prestado al conjunto de la población.

Postura de la O.M.S.

La primera prioridad es asegurar un abastecimiento continuo de agua sana. La desinfección es el tratamiento prioritario e indispensable de cualquier agua contaminada o susceptible de estarlo por microorganismos patógenos.

ESTUDIO DE CASO

El sabor de cloro en el agua

En muchos países, el cloro se considera como un producto químico peligroso. En los Estados Unidos, por el contrario, el sabor a cloro constituye una garantía (del todo justificada) de calidad microbiológica. Una tarea de los responsables de la distribución es conseguir que la población reconozca este hecho. Una encuesta realizada en los años 80 en el Este de Francia mostró que en los pueblos en que se distribuía un agua desinfectada con cloro (y, por tanto, provista de un gusto y un olor característicos), los consumidores dejaban de utilizar el agua del grifo en beneficio de las aguas de pozos particulares no controladas y a menudo contaminadas. Por el contrario, en otros pueblos en que el agua de la red pública no estaba clorada, pero sí contaminada, los consumidores utilizaban preferentemente el agua del grifo.

El uso de recursos hídricos bien protegidos debe preferirse siempre, al uso de recursos vulnerables que requieran tratamientos costosos.

Las medidas para prevenir un riesgo a largo plazo (relacionado por ejemplo con los subproductos de la desinfección) no deben originar riesgos adicionales a corto plazo, tales como aquellos relacionados a las enfermedades infecciosas de origen hídrico. La reducción de los subproductos de la desinfección sólo puede lograrse introduciendo tratamientos específicos o utilizando un recurso hídrico de mejor calidad.

Una vez planteados estos principios básicos, la O.M.S. propuso en 1994 valores guía para un importante número de subproductos de la desinfección (ver anexo).

Recomendaciones



Suministrar, de forma continua, un agua sana en cantidad suficiente

A tal fin, se pondrán en marcha las siguientes medidas:

▶ utilizar recursos de la mejor calidad posible:

Dar preferencia al uso de recursos hídricos subterráneos protegidos naturalmente, en lugar de aguas superficiales. Utilizar estas últimas únicamente si el agua subterránea no está disponible o es inadecuada.

Cuando es indispensable la desinfección, dar preferencia al uso de agua con buenas características físicas y químicas.

▶ prever todos los medios disponibles para proteger los recursos:

Dar prioridad a la protección del recurso sobre la puesta en marcha de tratamientos complejos.

Independientemente del origen del agua, instaurar medidas de protección del recurso, en forma de perímetros de protección para las tomas subterráneas (ver el documento relativo a la protección de las aguas destinadas al consumo humano publicado en la misma colección).

Garantizar la vigilancia de los perímetros de protección y hacer un seguimiento de la evolución de la calidad del recurso. Cuanto más constante sea la calidad del agua antes del tratamiento, tanto más fácil resultará la desinfección.

▶ Garantizar una desinfección eficaz y permanente del agua:

Asegurar que los pretratamientos utilizados sean apropiados para obtener resultados correctos con la desinfección final.

Preferir los tratamientos de desinfección que ofrezcan el más alto nivel de seguridad.

Asegurarse que los tratamientos utilizados, especialmente para desinfección, sean confiables. Siempre que sea posible, la cantidad de cloro que se agregue debe estar determinada por el caudal de agua que se va a tratar.

Asegurarse que siempre exista cloro residual libre en todos los puntos de la red.

Revisar y hacer un mantenimiento regular de todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua: tomas, tratamientos, almacenamientos, conducciones etc.



Velar por la información y la participación de la población

Velar por que la población deposite su confianza en la calidad del agua de distribución pública. Una sospecha en cuanto a la calidad puede desviar a la población hacia recursos substitutivos contaminados o no controlados.

Informar al consumidor de la calidad del agua distribuida.

Recordar los beneficios de la desinfección del agua para la salud pública.

Dirección útil

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Regional para las Américas de la
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

525 Twenty-third Street, N.W., Washington D.C.
20037, USA

FAX: (202) 974-3645



Bibliografía

Documentos básicos:

"Directives de qualité pour l'eau de boisson" (Directivas de calidad para el agua de bebida), Vol. 1. Recomendaciones, 1994. O.M.S. Ginebra.

"Directives de qualité pour l'eau de boisson" (Directivas de calidad para el agua de bebida), Vol 2. Criterios de sanidad y demás documentación de apoyo, O.M.S. Ginebra (próxima publicación).

"Directives de qualité pour l'eau de boisson" (Directivas de calidad para el agua de bebida), Vol. 3. Control de la calidad del agua de bebida destinada al abastecimiento de pequeñas colectividades, O.M.S. Ginebra (próxima publicación).

"Disinfection of rural and small-community water supplies" (Desinfección de suministros de agua en el medio rural y en pequeñas colectividades), 1989, Medmenham, Centro de Investigación de Agua, O.M.S. Copenhague.

Otros documentos técnicos:

"Drinking Water and Health" (Agua de bebida y salud), Academia Nacional de Ciencias, 1989, Washington DC, USA, Volumen 1.

"Microbiologie des eaux d'alimentation" (Microbiología de las aguas de alimentación), C. Haslay, H. Leclerc, 1993, Tech y Doc Lavoisier Ed, París.

"Mémento technique de l'eau" (Manual técnico del agua), 1989, Ed. Degremont Lavoisier, París.

agua

La desinfección del agua

Anexo Técnico

Sumario

Las diferentes formas comerciales del cloro

Ejemplos de la aplicación de la desinfección con cloro

Método de determinación del cloro residual

Niveles guía para los subproductos de la desinfección

Las diferentes formas comerciales del cloro

Los productos disponibles para realizar la desinfección del agua con cloro son:

- ▷ cloro gaseoso,
- ▷ el hipoclorito de sodio o lejía,

- ▷ el hipoclorito de calcio,
- ▷ la preparación sobre el terreno de cloro mediante electrólisis de una solución de cloruro de sodio (electrocloración).

La elección de uno u otro de estos productos irá en función de diversos parámetros:

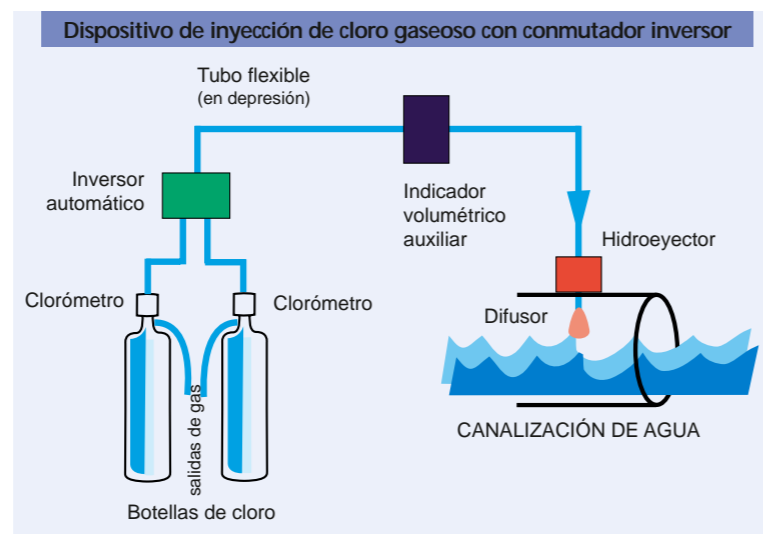
- ▷ cantidad necesaria de reactivo,
- ▷ posibilidad de abastecimiento,
- ▷ facilidad de operación,
- ▷ seguridad (riesgos relativos al almacenamiento y a las manipulaciones),
- ▷ costo.

Las diferentes formas comerciales del cloro

	Forma en que se presenta el producto	Contenido de cloro	Estabilidad en el tiempo	Seguridad
Cloro gaseoso	Gas licuado a presión	99%	Muy buena. Tener mucho cuidado con las fugas	Gas muy tóxico
Hipoclorito de sodio	Solución líquida amarilla	Máximo 15%	Pérdida mensual del 2 al 4 %. Pérdida aún mayor si la temperatura supera los 30° C.	Líquido corrosivo, contiene sosa.
Hipoclorito de calcio	Sólido blanco	Del 60 al 70 %	Pérdida anual del 2 al 2,5 %.	Corrosivo. Posible inflamación en caso de contacto con ciertos materiales.
Electrocloración chlorung	Solución NaCl	De 1 a 3 g/l tras electrodiálisis	Muy grande como NaCl	

El cloro gaseoso

El cloro gaseoso se almacena en forma de líquido en un recipiente de acero (botella o tanque). En la mayoría de los casos, el cloro se trasvasa en fase gaseosa por depresión. Dicha depresión se crea mediante un hidroeyector que permite la toma del gas con toda seguridad. Sin embargo, se deben prever válvulas antiretorno para evitar retornos de agua, sobre todo en caso de parada de la instalación.



Anexo técnico

Normas de seguridad

El cloro es un gas altamente tóxico y corrosivo cuyo empleo **impone el cumplimiento de consignas de seguridad muy estrictas.**

Por ello, el almacenamiento y las intervenciones referentes al cloro gaseoso, están sujetos, en muchos países, a una reglamentación especial.

▷ En caso de incendio, evacuar prioritariamente los tanques o botellas, ya que su resistencia al calor

está garantizada hasta 88° C (30 bares).

- ▷ El acero se quema con el cloro. Por lo tanto, hay que evitar calentar los contenedores con una llama (no utilizar soplete para desbloquear o deshelar una válvula).
- ▷ El cloro húmedo es muy corrosivo: una fuga de cloro provocará una corrosión externa, mientras que una entrada de agua en una tubería que transporte cloro provocará una corrosión interna.
- ▷ Es obligatorio emplear máscaras

de gas durante la manipulación de los contenedores y en todos los lugares en que se almacene cloro. Las máscaras con cartucho sólo son de duración limitada.

- ▷ Hay que disponer en todo momento de un sistema de detección de fugas y de un stock de productos que neutralicen el cloro.
- ▷ Los materiales en contacto con el cloro presentan diversas resistencias a la oxidación. La tabla adjunta indica la resistencia para algunos materiales corrientes:

Resistencia de algunos materiales a las diferentes formas de cloro

	Acero blando	Acero inoxidable	Cobre	PVC	Teflón PTFE
Cloro gaseoso seco	Buena resistencia hasta 120°C	Buena resistencia hasta 150°C	Buena resistencia hasta 200°C	Buena resistencia hasta 40°C	Buena resistencia hasta 200°C
Cloro gaseoso húmedo	Resistencia nula	Resistencia nula	Resistencia nula	Buena resistencia hasta 40°C	Buena resistencia hasta 200°C
Cloro líquido	Buena resistencia	Buena resistencia	Buena resistencia	Resistencia nula	Resistencia aceptable

Los hipocloritos

La lejía o hipoclorito de sodio puede inyectarse directamente o previa dilución, para que el volumen bombeado permita ajustes precisos. El hipoclorito de calcio se debe poner en solución antes de su inyección. Es poco soluble: su solubilidad máxima es de 25 g/l a 20°C. Además, es muy lenta. Por ello, es necesario prever un tiempo de agitación suficiente. Si el agua utilizada en la dilución es rica en calcio, se producirá precipitación de carbonato cálcico y los lodos formados pueden perturbar los dispositivos de bombeo. Será conveniente asegurarse permanentemente de una correcta inyección del producto.

La inyección se realiza bien a partir de bombas dosificadoras o desde sistemas que aporten un volumen constante: recipiente de Mariott, por ejemplo.

Se puede utilizar un sistema de retroalimentación en función del caudal de agua que se va a tratar, del contenido residual fijado de antemano, o de ambos parámetros. Hay numerosos dispositivos, poco costosos relativamente, que permiten dicha retroalimentación.

Normas de seguridad

El hipoclorito de sodio es un producto muy alcalino que contiene sosa. Puede producir quemaduras en la piel y los ojos. Hay que protegerse, pues, mediante el uso de guantes y gafas.

¡Atención! No verter nunca ácido en una solución de lejía o de hipoclorito de calcio. Una mezcla con el ácido provoca la liberación de cloro gaseoso, gas tóxico que puede llegar a ser mortal.

El hipoclorito de calcio es un polvo irritante. Es conveniente mantener el producto lejos de fuentes de calor, de ácidos o de materias orgánicas oxidables. Estas sustancias pueden llegar a provocar, en efecto, incendios espontáneos.

Es un producto corrosivo. Es indispensable usar guantes y gafas durante la manipulación de este reactivo.

Anexo técnico

¿Qué producto elegir?

Cuando se pueda disponer fácilmente de los tres productos, la elección se hará entre el cloro gaseoso (el más económico, aunque también el más peligroso) y la lejía (la más fácil de utilizar en pequeñas instalaciones).

Cuando el producto sea importado, la elección recaerá en el cloro gaseoso, cuando la reglamentación sobre el transporte así lo permita; o sobre el hipoclorito de calcio.

Debido a la pequeña concentración de producto activo, el transporte de lejía a largas distancias no resulta económicamente rentable.

Ejemplos de la puesta en marcha de una desinfección con cloro

La desinfección con cloro se realiza en tres etapas sucesivas que difieren según el producto utilizado.

- valoración de la dosis de cloro que se va a inyectar en la red,
- preparación de las soluciones para los productos no gaseosos,
- ajuste de los aparatos de inyección.

Dosis de cloro que se va a inyectar en la red

La dosis de cloro que se va a inyectar en la red corresponde a la cantidad de la demanda de cloro, íntimamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua, y a la tasa residual deseada en el extremo de la red.

Por ello, es conveniente que antes de iniciar la desinfección, se efectúen pruebas para determinar el consumo de cloro.

Cuando la desinfección no tiene carácter de urgencia (caso de una cloración preventiva), la dosis que hay que introducir se puede

ajustar agregando directamente cantidades cada vez mayores de cloro en la red, hasta obtener la concentración residual deseada en el extremo de la red. Pueden ser necesarios varios días para ajustar las dosis de cloro. En efecto, entre dos dosificaciones sucesivas se deben prever plazos apropiados, debido al tiempo que tarda el agua en llegar desde el punto de aplicación hasta el extremo de la red.

En situaciones de emergencia, se recurrirá a una primera aproximación efectuada en laboratorio. Este método consiste en introducir cantidades crecientes de cloro (por ejemplo, de 1 a 10 mg/l) en las muestras de agua que se van a tratar. Al cabo de media hora, las tasas de cloro que hay que inyectar las indicará la muestra que contiene la tasa de cloro residual que más se aproxime a la deseada. Por supuesto, será necesario un ajuste de las dosis en el transcurso de la desinfección real en la red de distribución.

Preparación de las soluciones para los productos no gaseosos

No todos los productos desinfectantes pueden utilizarse directamente tal como existen, bien porque se comercializan en forma de polvo, o debido a que su concentración de cloro no se adapta a ajustes precisos. Por ello, es conveniente disolverlos o diluirlos en función del caudal de la bomba dosificadora.

Ejemplo de preparación de solución clorada

Preparación de una solución con 20 g de cloro/litro:
a partir de una solución de hipoclorito de sodio (lejía):
La lejía se vende líquida, en una concentración de 152g/l (48^o clorométrico) o de 38 g/l. Un litro de lejía concentrada, de 152 g/l, permite obtener unos 7.5 litros de solución con 20 g/l. Un litro de lejía concentrada de 38 g/l, permite obtener unos 1.9 litros de solución con 20 g/l.

A partir de hipoclorito de calcio:
se vende en forma de polvo. El contenido de cloro de este producto es de aproximadamente el 60%. Un kilogramo de hipoclorito de calcio permite obtener unos 30 litros de solución conteniendo 20 g/l de cloro.

Se prestará especial atención a la completa disolución del producto en el agua. El empleo de un agitador eléctrico puede facilitar la tarea.

Ajuste de los aparatos de inyección

El ajuste depende:

- de la concentración de cloro residual deseado en el extremo de la red (ver párrafo anterior),
- del caudal de agua que se va a tratar. En caso de variaciones de caudal no controladas (casos de manantiales), se considerará el caudal máximo.

Clorador de cloro gaseoso:

El caudal de cloro a inyectar se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$D = C \times Q$$

siendo
D (g de cloro/h): caudal de cloro indicado en el indicador volumétrico del clorómetro

C (mg de cloro/litro de agua o g de cloro/m³ de agua): dosis de cloro a inyectar

Q (m³/h): caudal de agua que se va a tratar

ejemplo:

dosis de cloro a inyectar:

1 mg/l o 1 g/m³

caudal de agua a tratar: 100 m³/h

dosis de cloro indicada en el indicador volumétrico del clorómetro:

1 x 100 = 100 g de cloro/h

Bomba dosificadora para solución líquida:

la dosis de solución clorada a inyectar se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$D = (C \times Q) / S$$

siendo
D (l de solución / h): caudal de la bomba dosificadora

C (mg de cloro/litro de agua o g de cloro/m³ de agua): dosis de cloro a inyectar

Q (m³/h): caudal de agua a tratar

S (g de cloro/litro de solución): concentración de la solución expulsada por la bomba dosificadora

ejemplo:

dosis de cloro a inyectar:

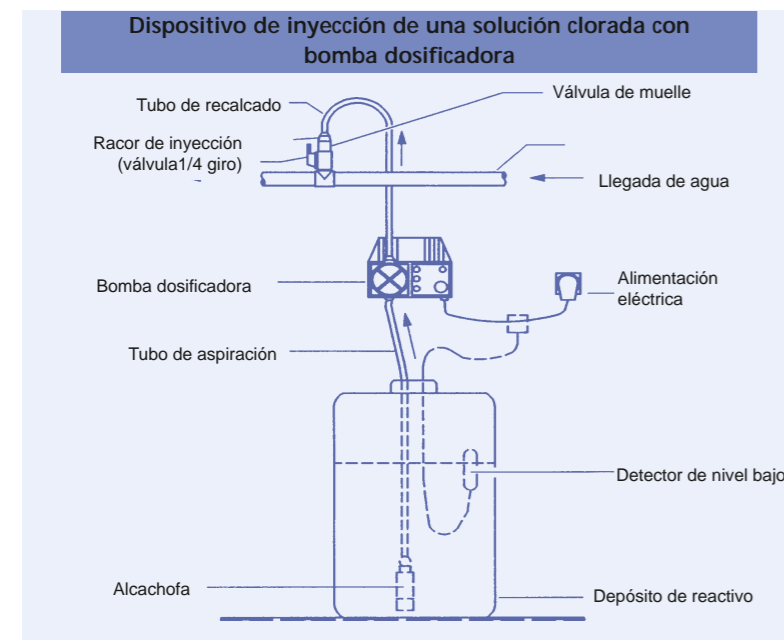
1 mg/l o g/m³

caudal de agua a tratar: 100 m³/h

concentración de la solución: 20 g/l

caudal de la solución expulsada por la bomba dosificadora:

(1 x 100) / 20 = 5 l/h



Anexo técnico

Método de dosificación del cloro residual

La medición regular del contenido de cloro residual permite controlar el funcionamiento de las instalaciones y la ausencia de contaminaciones en la red. Dicha medición revisite, por tanto, un carácter indispensable.

Hoy en día existen en el mercado kits analíticos de campo que permiten efectuar, de forma simple, la dosificación del cloro. Únicamente se debe utilizar el método de medición con el DPD⁹.

¡Atención! Respetar las fechas límites de utilización de los reactivos.

El cloro debe medirse en los siguientes lugares:

- tras la cloración, a **la salida de la planta de tratamiento** para verificar que las cantidades de desinfectante inyectadas son correctas.

Atención: si no hay depósito de almacenamiento en la planta, el tiempo de contacto entre el cloro y el agua en el momento de la medición puede haber sido muy corto para haber satisfecho la demanda de cloro. La medición puede, en dicho caso, indicar la presencia de

cloro "activo", mientras que unos minutos después, éste habrá sido consumido por la materia orgánica. Es por ello conveniente esperar un mínimo de media hora entre la introducción del cloro en el agua y la medición de la tasa residual de desinfectante.

- **en el grifo del usuario** más alejado de la planta de tratamiento. Dicha medición permite verificar que no se ha producido contaminación en la red.

Estas mediciones se deben realizar varias veces al día, todos los días del año.

(9) Dietil - fernilen-diamina.

Anexo técnico

En el volumen III de las Guías de la O.M.S. sobre Calidad del Agua Potable, se proporciona información práctica sobre este aspecto.

Niveles guía para los subproductos de desinfección

Las Guías sobre "Calidad del Agua Potable" publicadas en 1994 por la

O.M.S., fijan valores guía para diversos subproductos de la desinfección.

Para algunos compuestos, el nivel guía de la O.M.S. se ha calculado a partir de la siguiente probabilidad:

El riesgo de obtener solo un caso adicional de cáncer, en un grupo de población de 100.000 indivi-

duos que beben 2 litros de agua diarios por persona durante 70 años. Este riesgo es extremadamente pequeño.

Niveles guía de la O.M.S. relativos a los subproductos de desinfección		
Productos secundarios	Nivel guía (µg/l)	Observaciones
Bromato ⁽¹⁾	25 ^(P)	para un riesgo 7 x 10 ⁵
Clorito ⁽²⁾	200 ^(P)	
2.4.6 Triclorofenol ⁽³⁾	200	para un riesgo 10 ⁵
Formaldehído ⁽¹⁾	900	
Bromoformo ⁽³⁾	100	
Dibromoclorometano ⁽³⁾	100	
Bromodichlorometano ⁽³⁾	60	para un riesgo 10 ⁵
Cloroformo ⁽³⁾	200	para un riesgo 10 ⁵
Acido dicloroacético ⁽³⁾	50 ^(P)	
Acido tricloroacético ⁽³⁾	100 ^(P)	
Hidrato de cloral ⁽³⁾ (tricloroacetaldehído)	10 ^(P)	
Dicloroacetoniitrilo ⁽³⁾	90 ^(P)	
Dibromoacetoniitrilo ⁽³⁾	100 ^(P)	
Tricloroacetoniitrilo ⁽³⁾	1 ^(P)	
Cloruro de cianógeno ⁽³⁾	70	expresado en cianuro

(P): nivel guía provisional
 (1): producto secundario debido a la ozonización
 (2): producto secundario debido al bióxido de cloro
 (3): producto secundario debido al cloro
 Observación: estos niveles guía deben compararse a la media de los resultados analíticos de muestras tomadas en el grifo del consumidor.

© Organización Panamericana de la Salud, 1999

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

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Secretaría de la Organización Panamericana de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

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

La serie de fascículos "Autoridades locales, Medio Ambiente y Sanidad" ha sido originalmente publicada por la Oficina Regional para Europa de la OMS. La producción de la versión en español de esta serie, es un esfuerzo conjunto de dicha Oficina y de la Oficina Regional para las Américas, la cual ha traducido al español los textos y los ha adaptado a esta Región.

Agradecimientos:

La Oficina Regional para Europa de la OMS y la Oficina Regional para las Américas agradece a los Sres. Fawell, Potelon, Deltour, Gergonne, la Dra. Hend Galal Gorchev, Ing. Horst Otterstetter (OPS), Ing. Rosario Castro (OPS) y Sra. Janet Khoddami (OPS) por sus contribuciones en la redacción de este documento. Al Laboratorio de Higiene y de Investigación de Salud Pública de Nancy (Francia), a la D.D.A.S.S. Saboya (Francia), la Sociedad CIFEC y al Laboratorio de bacteriología del CHU de Grenoble (Francia) por las fotografías.

Fotografía de la página 14- Armando Waak/OPS

Diseño: Oficina de Información Pública, Organización Panamericana de la Salud

Anexo técnico

Notas

Lista de fascículos - Estado actual, marzo 1996

Aire

- ▶ Aire y salud
- ▶ La contaminación del aire en el interior de locales
- ▶ La contaminación atmosférica por la industria
- ▶ La contaminación atmosférica provocada por residuos y disolventes
- ▶ La contaminación del aire y la producción de energía
- ▶ El control de la calidad del aire
- ▶ El asma
- ▶ El aire y los problemas generales

Agua

- ▶ Agua y salud
- ▶ El seguimiento de la calidad del agua
- ▶ El plomo en el agua
- ▶ Los nitratos
- ▶ La eutrofización
- ▶ La protección de las tomas
- ▶ La desinfección del agua
- ▶ Tratamientos I
- ▶ Tratamientos II
- ▶ Mantenimiento y gestión de las redes de agua potable
- ▶ La seguridad de la distribución del agua
- ▶ Las aguas pluviales
- ▶ El saneamiento autónomo
- ▶ Estaciones depuradoras de las aguas residuales
- ▶ Mantenimiento y gestión de las redes de desagüe
- ▶ Las aguas para el tiempo libre

Residuos

- ▶ Residuos y salud
- ▶ Los vertidos
- ▶ La incineración de los residuos
- ▶ Los residuos de actividades sanitarias
- ▶ Tratamiento biológico
- ▶ Reciclaje de los residuos
- ▶ La reducción de la producción de residuos
- ▶ Los residuos tóxicos en las ciudades

Urbanismo

- ▶ Urbanismo y salud
- ▶ Suelos contaminados
- ▶ Ciudad verde, ciudad azul
- ▶ Urbanismo y aspecto socio-culturales
- ▶ Las redes urbanas
- ▶ Una visión de futuro
- ▶ Transportes y circulación
- ▶ Indicadores urbanos
- ▶ Las herramientas del urbanismo
- ▶ Administración y gestión
- ▶ Los equipamientos de proximidad
- ▶ La ciudad en bici o a pie

Ruido

- ▶ El ruido y la salud
- ▶ El ruido en la escuela
- ▶ Las discotecas
- ▶ El ruido y la circulación
- ▶ El ruido y los aeropuertos
- ▶ La insonorización de las viviendas
- ▶ Un entorno sonoro sano

Seguridad

- ▶ Estrategia local para la prevención de accidentes
- ▶ Prevención de accidentes infantiles
- ▶ Los accidentes de las personas mayores
- ▶ La seguridad de las viviendas
- ▶ La seguridad vial
- ▶ Prevención de incendios
- ▶ Prevención de inundaciones
- ▶ Las zonas de juego y ocio
- ▶ La seguridad en guarderías y colegios

Edificios

- ▶ Síndrome del edificio enfermo
- ▶ El plomo en el hábitat
- ▶ El hábitat y las energías
- ▶ Cocina y salud

Radiación

- ▶ Radón
- ▶ Los rayos ultravioleta
- ▶ Antes, durante y después de las situaciones de emergencia radiológica
- ▶ Los campos electromagnéticos
- ▶ Los residuos radioactivos

Toxicología

- ▶ El plomo y salud
- ▶ Las alergias
- ▶ Las intoxicaciones y la salud
- ▶ Los pesticidas y la salud
- ▶ El amianto y la salud

Higiene

- ▶ Los roedores
- ▶ Los mosquitos
- ▶ Los pájaros
- ▶ Los animales domésticos
- ▶ Las cucarachas
- ▶ La limpieza en la ciudad

Para mayor información, consulte la página en la Web:
<http://www.who.dk/tech/eh/ehs02e.htm>
<http://www.paho.org>

Promoción del desarrollo y/o conservación de ambientes saludables:

- Saneamiento básico,
- Residuos sólidos,
- Identificación y control
de riesgos ambientales,
- Promoción de la seguridad química,
- Salud de los trabajadores.

<http://www.paho.org>

Programas de Calidad Ambiental y Saneamiento Básico



División de Salud Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional para las Américas
Organización Mundial de la Salud