

E18 - El tratamiento del agua por cloración

4 de diciembre de 2013



1) ¿En qué consiste ?

La cloración es un **medio sencillo y eficaz para desinfectar el agua** y hacerla potable. Consiste en introducir productos clorados (pastillas de cloro, lejía, etc.) en el agua para matar los microorganismos en ella contenidos. Normalmente, tras un tiempo de actuación de unos 30 minutos, el agua pasa a ser potable. Gracias al efecto remanente del cloro, continúa siéndolo durante horas o días (en función de las condiciones de almacenamiento).

2) ¿Quién utiliza principalmente este medio y desde cuándo ?

Este procedimiento se utiliza desde hace varias décadas. En las grandes redes de distribución de agua potable se añade cloro al agua para que no se contamine durante el transporte desde la planta de tratamiento hasta el usuario. Por otro lado, la cloración se utiliza a escala individual, familiar o colectiva en muchos países desarrollados donde el agua disponible es susceptible de estar contaminada. También la utilizan los organismos de solidaridad internacional en situaciones de emergencia.

3) ¿Por qué ?

El tratamiento del agua por cloración **permite eliminar de forma sencilla y poco costosa la mayor parte de los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes** responsables de enfermedades como la disentería, las fiebres tifoideas y el cólera. No obstante, es incapaz de destruir ciertos microorganismos parásitos patógenos. **La cloración**, por tanto, desinfecta el agua, pero no la purifica por completo.

4) ¿Quiénes son los principales interesados ? Lugares o contextos en los que este medio parece el más adecuado

La cloración es adecuada siempre que las fuentes de agua carezcan de la calidad suficiente y se disponga de productos clorados adaptados.

5) ¿En qué consiste este procedimiento ? ¿Cómo se pone en

práctica ?

Al igual que sus derivados clorados, **el cloro es un potente oxidante** que al mezclarse con el agua quema en media hora las partículas orgánicas en ella contenidas, especialmente los virus patógenos y los microbios.

Aunque se necesita una cantidad importante de cloro para neutralizar esta materia orgánica, solo hace falta una parte, el denominado **cloro residual libre**, para tratar posibles contaminaciones posteriores del agua en la red o las viviendas. **Según la OMS, la concentración de cloro libre en el agua tratada debe estar entre 0,2 y 0,5 mg/l.**

Hay que utilizar bastante cloro para que permanezca tras el tratamiento del agua, excepto si su consumo es inmediato.

Existen diversos procesos de cloración, que se utilizan según la calidad del agua a tratar.

La cloración solo es eficaz en agua clara. Si no es transparente y contiene impurezas visibles a simple vista, la cloración será mucho menos eficaz. En tal caso habrá que realizar un tratamiento preliminar.

Si el agua está clara, se puede proceder directamente a la cloración. La cantidad de producto clorado necesario varía según la calidad del agua no tratada (tanto menor cuanto más clara sea el agua y más inferior a 8, un valor bastante ácido, sea su pH), el grado de concentración del producto utilizado, el volumen de agua y cuánto tiempo se desee mantener la calidad del agua tras el tratamiento.

En la mayoría de casos, y siempre que el agua esté clara, se considera que hay que utilizar 5 mg de cloro activo por litro de agua y esperar unos 30 minutos. Pero si el agua está turbia, conviene filtrarla y decantarla.

En la actualidad existen productos que llevan a cabo ambas funciones : la decantación y la cloración.

De cualquier modo, **el primer paso antes de cualquier etapa del tratamiento es lavarse las manos** con jabón o, a falta de él, con cenizas.



a) El tratamiento preliminar (a aplicar si el agua está turbia o contiene impurezas visibles a simple vista)

Hay dos tratamientos preliminares que se recomiendan encarecidamente, considerándose incluso indispensables : la filtración y la decantación. Si la filtración no es suficiente por sí misma, habrá que llevar a cabo una decantación.

La filtración

El agua puede filtrarse con ayuda de un filtro de arena (consultar ficha n.º E21, « El tratamiento del agua por filtración lenta en arena para uso familiar »), o, si se carece de él, con un tejido adecuado.

La decantación

La decantación permite eliminar muchos materiales en suspensión. Consiste en dejar reposar el agua durante varias horas, tiempo en el que las impurezas se acumulan en el fondo del recipiente. A continuación se recupera el agua clara, vertiéndola con suavidad en el recipiente destinado a la cloración o filtrándola.

El agua decantada no es salubre, ya que solo se eliminan las partículas de gran tamaño, mientras que los gérmenes y microorganismos nocivos continúan estando presentes.

La decantación puede favorecerse añadiendo ciertos productos químicos como cloruro férrico o sulfato de aluminio, que provocan la formación de aglomerados de impurezas, los cuales se depositan con mayor rapidez en el fondo. Es la denominada **floculación**. El alumbre (sulfato doble de aluminio y potasio) y las semillas de *Moringa oleifera* (árbol que crece en las regiones tropicales) cumplen esta función (consultar ficha n.º ..., « Floculación-decantación mediante el uso de semillas de *Moringa oleifera* »).

b) La cloración (a aplicar sobre un agua clara)

Existen diferentes productos clorados que pueden utilizarse para tratar el agua. La estrategia a seguir varía ligeramente de uno a otro. He aquí algunos de los productos usados :

Pastillas o gránulos de hipoclorito de calcio

Este tipo de **producto suele ser uno de los que mejor se adaptan al medio rural**. Se conserva muchos años. Hay varios tipos.

La cantidad a añadir por litro y el modo de empleo figuran en el envase.

Por lo general, el procedimiento es el siguiente : si el agua está clara, se colocan las pastillas en ella y se las deja reposar 30 minutos con el recipiente cerrado, tras los cuales el líquido puede consumirse. Si está turbia, se filtra y decanta, añadiéndosele a continuación una dosis doble de cloro ; tras 30 minutos en el

recipiente cerrado, el agua puede consumirse.

Una solución líquida, de tipo Waterguard (Sûr'eau)

Waterguard es una solución de cloro líquido vendida en diferentes formatos por una empresa estadounidense. Si el agua está clara, se vierte el contenido de un tapón de producto por bidón de 20 litros, dejándose reposar 30 minutos en el recipiente cerrado. Si está turbia, el procedimiento es el mismo que en el caso de las pastillas : se filtra y decanta el agua, se dobla la dosis de Waterguard y se deja reposar 30 minutos en el recipiente cerrado.

A pesar de ser eficaz, muy práctico y utilizado por ciertas ONG, este producto es objeto de críticas debido a su coste y a su relación calidad/precio (ver artículo del periódico Libération indicado al final de la ficha).

Lejía (hipoclorito de sodio)

Originalmente, la lejía no fue concebida para tratar el agua, y por ello su utilización en este sentido presenta pequeños riesgos. Sin embargo, es un producto sencillo y eficaz que los aldeanos conocen bien por otros usos (colada, desinfección, etc.).

Si no se puede acceder a ningún otro medio (pastillas, soluciones líquidas prefabricadas u otro método de purificación como la desinfección solar SODIS, la ebullición, etc.), puede emplearse **tomando ciertas precauciones**.

El procedimiento es el mismo que el anterior : Si el agua está clara, se le añaden de 5 a 10 miligramos de cloro activo y se deja reposar 30 minutos en el recipiente cerrado, tras los cuales podrá consumirse. Si está turbia, se filtra y se decanta, añadiéndosele a continuación entre 10 y 20 miligramos de cloro activo por litro ; tras 30 minutos en el recipiente cerrado, el agua puede consumirse.

El periodo de actuación del hipoclorito de sodio es de al menos media hora, pero si la temperatura está comprendida entre los 10 y los 18 °C, debe incrementarse a al menos una hora, y aún más si la temperatura es inferior a los 10 °C.

Para conocer el volumen de lejía que hay que añadir para alcanzar la concentración deseada hay que conocer su grado clorométrico, que debe figurar en la botella (no obstante, en ciertos países hay que prestar atención a la fiabilidad de la información y a las falsificaciones).

Un grado clorométrico corresponde a 3,17 gramos de cloro activo por litro de lejía. Así, si la lejía disponible está a x °C y se desea obtener una concentración c de cloro activo en el agua a tratar (entre 5 y 20 mg/l, según el caso), el volumen de lejía que hay que añadir puede calcularse con facilidad a través de



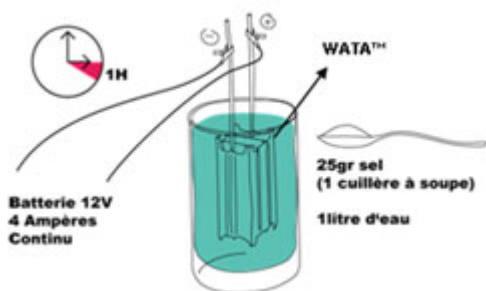
la siguiente fórmula :

$$V_{\text{lejía}} = c * V_{\text{agua a tratar}} / (x * 3,17)$$

Si la concentración se ha expresado en mg/l, el resultado obtenido viene en ml.

A modo indicativo o de recordatorio, el volumen de una gota es de unos 0,2 ml, y 1 ml equivale a 0,001 l.

c) Cómo producir hipoclorito de sodio localmente



Fuente : Antenna Technologies

Existe un procedimiento reciente (2009), sencillo y poco costoso que permite elaborar por uno mismo una solución de hipoclorito localmente, sea para uso familiar, en un centro comunitario o en un ambulatorio. La fundación suiza Antenna Technologies ha puesto a punto el WATA, un pequeño aparato que funciona según el principio de la electrolisis y que, a partir de agua clara, sal y electricidad (una batería de automóvil o solar son suficientes), transforma la sal disuelta del cloruro sódico en hipoclorito.

El modelo pequeño de este dispositivo puede producir un litro de hipoclorito cada hora, es decir, permite tratar 4.000 litros de agua al día, una cantidad que puede abastecer a entre 150 y 200 personas, a un precio **de unos 45 euros por aparato**.

En la actualidad, este procedimiento se utiliza en una cincuentena de países. Su ventaja es que, al contrario que la mayoría de productos clorados, permite la producción local, lo que abarata su coste, y funciona durante largos periodos de tiempo (unas 20.000 horas en principio).

d) Cómo realizar una decantación y un tratamiento químico de manera simultánea

Existen productos que permiten realizar simultáneamente una decantación por floculación (como el alumbre y las semillas de Moringa oleifera) y tratar el agua. Hay dos principales, cuyo uso está muy generalizado : PUR (Purifier of Water) y Watermaker. Su eficacia es casi idéntica. Permiten potabilizar el agua lodosa, pero son caros. Estos dos métodos (PUR y Watermaker) son algo más complicados de utilizar que los mencionados anteriormente.

Cómo utilizar PUR (de la compañía Purifier of Water)

Las bolsitas de PUR son fabricadas por la empresa Procter & Gamble, y su precio es de unos 10 centavos de dólar por unidad. Contienen 4 g y permiten tratar 10 l de agua. Se vierte el contenido de una bolsita en un cubo de 10 l. Se mezcla durante 5 minutos para favorecer la acción de floculación del producto químico, y a continuación se deja reposar durante otros 5 minutos. Si el agua no está lo suficientemente clara, se repite esta etapa. Después se filtra el contenido del sobre con ayuda de un tejido adecuado sin agujeros (preferiblemente algodón). Tras 20 minutos de espera, el agua puede beberse. Si está amarilla, no hay que beberla.

Cómo utilizar Watermaker (de la compañía Watermakers)

Las bolsitas de Watermaker están disponibles en varios formatos (5 g para 20 l o 2,5 g para 10 l).

Se vierte el contenido de la bolsita en un cubo de agua con el volumen adecuado. Se mezcla durante 5 minutos para favorecer la acción de floculación del producto, y a continuación se deja reposar durante 15 minutos. Se filtra el agua con un tejido adecuado.

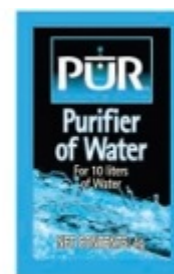
El agua puede beberse inmediatamente. Si está amarilla, no debe consumirse.



5 g pour 20 litres



2,5 g pour 10 litres



4 g pour 10 litres

Existe un nuevo producto cuya utilización es muy fácil y sencilla : el AQUAPURE.



Se comercializa en forma de pastillas bicapa de doble cara que llevan a cabo de manera sucesiva una doble acción de clarificación y desinfección del agua. La primera está formada por sulfato de hierro, un coagulante ; la segunda, por dicloroisocianurato de sodio, destinado a la cloración y la desinfección del agua.

La pastilla Aquasure reúne estos dos productos en un mismo soporte, separándolos mediante un producto que impide que la segunda capa comience a actuar cuando la primera se disuelve para provocar la

floculación (para que la cloración sea eficaz, es necesario que el agua ya esté clara) y la lleva hasta la superficie mientras se disuelve para permitir que entre en acción la cloración.

La tasa de cloro remanente final tras el tratamiento estaría entre 0,5 y 1 mg/l, cantidad que se corresponde con las normas que rigen esta materia.

Una pastilla permite tratar 200 litros de agua, pero no puede eliminar la materia orgánica a concentraciones muy bajas, como los pesticidas. En la actualidad, el producto se vende en kits que contienen 6 kg de pastillas (unas

150), lo cual se considera que corresponde a las necesidades en caso de emergencia de una población de 1.000 personas durante 5 días (tomando como base 5 l de agua por persona y día), además del material : un depósito flexible de 1 m³, una bomba (4 a 5 m³/h), un dispositivo agitador, un colector de 4 grifos, varios metros de tuberías, un turbidímetro y un pequeño aparato para la medición del cloro.

El kit básico de 6 kg cuesta 3.500 Euros, impuestos incluidos (precio de salida de una fábrica cercana a St. Etienne, en Francia). Un kit de 12 kg de pastillas cuesta 4.300 euros, y el de 18 kg, 5.000 euros. La caducidad del producto es de 2 años, lo que facilita su almacenamiento.

Este producto, muy adecuado para situaciones de emergencia, sobre todo durante los primeros días, mientras se espera la reparación o la llegada de material de tratamiento pesado, está siendo investigado y transformado para adaptarlo a las necesidades familiares.

6) Dificultades especiales, soluciones y medidas de precaución para ellas

Los productos clorados pueden ser dañinos en caso de contacto con los ojos. Deben almacenarse **fuera del alcance de los niños** y los animales, en un entorno seco y protegido del sol.

El cloro puede conferir al agua un **sabor** ligeramente desagradable. Esto se puede solucionar parcialmente agitando con vigor el agua tratada en una botella, con el fin de disolver un poco de aire en ella y darle un sabor más natural. También se puede poner en una nevera durante unas horas.

Los recipientes utilizados en cada etapa del tratamiento deben estar limpios.

Sin embargo, **lo ideal no es clorar** o desinfectar el agua, **sino tomar todas las medidas de prevención necesarias para evitar la contaminación del agua**. La gente no debe considerar la cloración como una especie de medicamento ni que el agua clorada carece del riesgo de volver a contaminarse.

Es importante sensibilizar previamente a la población sobre los problemas de higiene y de salud, para que comprenda bien las razones y los métodos de intervención y cambie su comportamiento si es necesario. Sea cual sea el método utilizado, la cloración no debe preceder a estas campañas de educación sanitaria, sino ser una continuación de ellas.

7) Observación : ¿La cloración debe tener un carácter individual o colectivo ?

La elección depende sobre todo de la situación y el contexto de la región o aldea.

En una aldea, el tratamiento suele realizarse de manera colectiva, lo cual resulta también más conveniente (por ejemplo, directamente en los pozos, utilizando diversos sistemas, como el de los recipientes cloradores difusores de cloro situados en el fondo, aunque prestando atención a que esto no se traduzca en un relajamiento de la población en materia de higiene y salud, o la distribución/venta en lugares adecuados de productos clorados comprados al por mayor por la comunidad).

Pero en zonas rurales con viviendas dispersas, los sistemas individuales o familiares parecen mejor adaptados y capaces de modificar los comportamientos de forma duradera.

8) Ventajas e inconvenientes principales

a) Ventajas

- El tratamiento es rápido y poco costoso, y su puesta en práctica, relativamente sencilla. Hay una interesante variedad de posibilidades.
- Puede utilizarse a escala individual, familiar o colectiva.
- Normalmente, el agua tratada por cloración está protegida frente a microorganismos y gérmenes durante unos días.

b) Desventajas

- La fiabilidad de estos tratamientos es buena, pero puede fallar.
- Los productos no están disponibles en todas partes, y en ocasiones las indicaciones sobre concentraciones no son seguras.
- Tratar cantidades grandes de agua resulta difícil.
- La dosis de cloro no es siempre fácil de determinar.
- La cloración del agua puede crear subproductos (compuestos organoclorados) considerados nocivos desde el punto de vista sanitario.

9) Alternativas a la cloración

Algunos países, como Canadá, desean reducir las cantidades de estos subproductos. Es posible hacerlo combinando la cloración con otros métodos, entre los que destacan :

- La ozonización, producida por una corriente eléctrica de alta intensidad que atraviesa el agua y muy eficaz contra los microbios, pero sin un efecto protector remanente como el del cloro utilizado en las canalizaciones. Por ello hay que añadir una pequeña cantidad de este.
- El tratamiento por rayos ultravioletas (ver ficha E20), aunque es más costoso, su implantación resulta más difícil y carece de efecto protector remanente.
- El uso de cloraminas, que originan menos subproductos ; no son eficaces contra todos los microbios, aunque pueden serlo para la desinfección secundaria de la red.

10) Dónde encontrar más información - Bibliografía

a) Páginas Web

- **PS-Eau.** « **Chloration en milieu rural** dans les pays en voie de développement » [« Cloración en el medio rural en países en vías de desarrollo »]. Interesante documento de 96 páginas que recoge las conclusiones de diversas reuniones sobre el tema, tanto técnicas como de educación sanitaria de las poblaciones, en las que participaron numerosos expertos.

Disponible (online) en <http://www.pseau.org/outils/ouvrage...>

- Artículo del periódico Libération : « Malawi : l'autre marketing de l'eau ». Muy crítico con el producto Waterguard.

Disponible en : <http://aventure.blogs.liberation.fr...>

- « **Antenna Technologies** » (fundación suiza). Documento que explica cómo funciona el WATA, un aparato muy sencillo para la producción de cloro a escala local :

Disponible online en : <http://www.antenna.ch/recherche/eau...>

b) Vídeos

Un vídeo de la Fundación « **Antenna Technologies** » muestra el principio de funcionamiento y los usos del WATA, generador local de cloro. Disponible (online) en : <http://www.antenna.ch/recherche/eau...>

Otro vídeo, titulado « **Chloration de l'eau de boisson avec Wata** », muestra su aplicación en el agua para beber. Disponible en :

<http://www.youtube.com/watch?v=dk4N...>

- Emplacement : Accueil > es > Wikiwater > Ficha técnica > Facilitar el acceso al agua > Tratar >
- Adresse de cet article : <https://wikiwater.fr/e18-el-tratamiento-del-agua-por>