

Cloración

<http://www.drinking-water.org/html/es/Treatment/Chemical-Disinfection-Oxidants-technologies.html>

El [cloro](#) es una opción de tratamiento de bajo costo que se utiliza para mejorar el sabor y la claridad del agua a la vez que se eliminan muchos [microorganismos](#) como [bacterias](#) y [virus](#). Sin embargo, el proceso tiene sus limitaciones. [Giardia](#) y [Cryptosporidium](#) son usualmente resistentes al cloro a menos que éste se use en dosis más elevadas que aquéllas preferidas usualmente para el tratamiento. La presencia de estos [parásitos](#) puede requerir el tratamiento previo del [agua fuente](#).

El cloro elimina además sustancias como el manganeso, hierro y ácido sulfhídrico, el cual puede alterar el sabor del agua.

[La cloración puede](#) escalarse para adaptarse a la capacidad del sistema. El uso del cloro es también relativamente sencillo, y los sistemas de tratamiento no requieren experiencia técnica extensa.

La cloración se puede lograr con diferentes productos. El cloro se almacena como líquido en recipientes presurizados y se inyecta como gas directamente en el agua fuente. Este proceso debe ser regulado e implementado cuidadosamente, debido a que el gas de cloro es un tóxico peligroso, incluso letal.

Otra opción de cloración, de mayor costo, es el tratamiento con solución de hipoclorito de sodio. Esta solución es corrosiva pero mucho menos peligrosa y más fácil de manejar el gas de cloro. El líquido se diluye simplemente y después se mezcla con el agua fuente para realizar la [desinfección](#).

La cloración se puede lograr también con un desinfectante sólido, hipoclorito cálcico. Este material es corrosivo y puede reaccionar explosivamente cuando entra en contacto con materiales orgánicos. Sin embargo, todos estos polvos, gránulos y tabletas se pueden almacenar a granel y usarse con eficacia hasta un máximo de un año. En todas sus formas, el hipoclorito de calcio se disuelve fácilmente en agua.

Todos estos métodos de cloración requieren de algún tiempo para funcionar — la desinfección no ocurre instantáneamente. Las dosis necesarias cambian también con las variaciones en la calidad del agua de manera que el monitoreo del agua fuente, particularmente de las [aguas superficiales](#), es una parte importante del proceso de tratamiento.

El tratamiento con cloro tiene algunos efectos residuales. Entre los más notorios se encuentra el sabor desagradable en el agua tratada. Pero otros efectos posteriores pueden ser más significativos. Quedan cantidades residuales de cloro en los suministros de agua tratada. Este contenido químico continúa protegiendo al agua tratada contra la reinfección, y puede ser beneficioso para el agua sujeta a largos períodos de almacenamiento para la lenta distribución en áreas extensas.

Infortunadamente, demasiado cloro residual puede producir también subproductos químicos, algunos de los cuales pueden ser carcinógenos. Sin embargo, estos riesgos

para la salud usualmente se consideran menores, comparados con los efectos de los [patógenos](#) en el agua sin tratamiento.

Es relativamente sencillo y de bajo costo fabricar cloro, y transportarlo como hipoclorito de sodio o de calcio. Además, se requiere de muy poco entrenamiento para usarlo. Estas características lo han vuelto popular como tratamiento en el punto de uso incluso en zonas empobrecidas a pesar de sus limitaciones para eliminar parásitos. En combinación con prácticas seguras de almacenamiento y de manejo del agua y los alimentos, el uso de la cloración ha producido descensos significativos en [enfermedades diarreicas](#) en muchos lugares.

NH₂Cl / Cloraminas

[Las cloraminas](#) son una opción de tratamiento de bajo costo, pero no son típicamente adecuadas como sistema “primario” de desinfección. Este proceso trata eficazmente muchas [bacterias](#) pero es menos eficaz contra otros [contaminantes](#). Debido a sus limitaciones, las cloraminas se emplean a menudo como un paso de desinfección secundaria para usarse con [agua fuente](#) que ya haya sido tratada previamente con otro método.

Las cloraminas son valiosas como tratamiento secundario porque proporcionan protección residual duradera. Estos aditivos son más estables y duran más que aquellos producidos por [cloración](#), y por lo tanto proporcionan excelente protección extendida contra la reinfección bacteriana. Ésta es una consideración importante para las aguas que se almacenarán por períodos prolongados o que se distribuirán a grandes distancias.

Las cloraminas se forman cuando el [cloro](#) y el amoníaco se mezclan en el agua. El proceso requiere de personal de operación tecnificado y cantidades significativas de [infraestructura](#). Las dos sustancias aditivas deberán combinarse en las proporciones apropiadas o el proceso no será muy eficaz.

Sin embargo, el tratamiento con cloraminas es típicamente una opción eficaz para eliminar bacterias y produce menor regusto residual que la cloración.

ClO₂

El dióxido de [cloro](#) es eficaz contra [Giardia](#), [bacterias](#), [virus](#) y en alguna medida, contra [Cryptosporidium](#). A menudo se lo combina con otros métodos de tratamiento, tales como [cloración](#) u [ozonización](#), porque a diferencia de estos otros tratamientos [no se sospecha que el dióxido de cloro](#) produzca carcinógenos.

Sin embargo, el proceso de crear dióxido de cloro es complicado. Éste requiere de técnicos especializados y monitoreo cuidadoso. Estos requisitos técnicos limitan su utilidad práctica para muchos sistemas pequeños.

Al igual que el cloro y las [cloraminas](#), el dióxido de cloro se utiliza en [sistemas de distribución](#), pero se degrada en un tiempo menor que el cloro.

O₃/Ozonización

El [ozono](#) (O₃) es un poderoso [agente oxidante](#) y un eficaz desinfectante primario.

Esta molécula rica en oxígeno se bombea en sistemas de agua para eliminar [contaminantes](#) biológicos como [bacterias](#), [virus](#), [Giardia](#), [Cryptosporidium](#) y químicos orgánicos. Además, es eficaz para la oxidación y eliminación del hierro, azufre, manganeso y otras sustancias inorgánicas.

El gas de ozono es inestable y se revierte rápidamente a una molécula normal de oxígeno (O₂) con dos átomos en vez de tres. Debido a esta condición, no se puede almacenar o transportar con facilidad. Por el contrario, las instalaciones de tratamiento crean ozono en el sitio forzando aire seco a través de una serie de electrodos.

Después de crear el ozono, éste se pone en contacto forzoso con el [agua fuente](#) y se mezcla durante un tiempo apropiado de contacto. Debido a que el ozono es oxígeno puro no produce sabores ni olores residuales en el agua.

Infortunadamente, no produce protección residual duradera. Si es necesario almacenar el agua por períodos prolongados, o si debe distribuirse a grandes distancias, quizá sea necesario agregar a la [ozonización](#) un tratamiento residual duradero como el [cloro](#) o [las cloraminas](#).

Se sabe que la ozonización produce subproductos no deseados, como el bromato, los cuales pueden ser perjudiciales para la salud humana.

Los sistemas de ozono se utilizan en varias regiones del mundo; pero requieren de bastante [infraestructura](#), y su implementación puede tener un costo elevado. Además, la operación y mantenimiento de estos sistemas requiere de personal tecnificado que quizá no esté disponible en todas las regiones.

Radiación ultravioleta

Para muchos sistemas de agua, el tratamiento puede ser tan sencillo como alumbrar con una lámpara el problema.

La [luz ultravioleta \(UV\)](#), una parte invisible del [espectro electromagnético](#), se usa para limpiar el agua potable de peligrosos [microorganismos](#). Las lámparas de mercurio pueden reproducir los rayos solares e imitar sus procesos naturales de purificación.

El proceso UV es una opción atractiva en muchos casos porque no utiliza sustancias químicas y porque requiere de poca inversión en [infraestructura](#) sencilla y de bajo costo.

En sistemas de menor escala la luz UV se usa típicamente el suministro de energía eléctrica es fiable, y no se usa con frecuencia para el tratamiento de fuentes de [agua superficial](#). El agua turbia, rica en partículas puede crear problemas para los rayos UV, la cual no pueda quizá alcanzar la penetración necesaria para llevar a cabo la [desinfección](#). Este problema a veces se resuelve precediendo la [irradiación](#) UV con [filtración](#), [sedimentación](#) u otros procesos diseñados para eliminar partículas transportadas en agua antes de aplicar la luz UV.

Se recomienda a quienes estén considerando el uso de la desinfección por radiación UV tengan en cuenta el tiempo limitado de protección. La exposición a la radiación UV es un proceso único que elimina microorganismos—pero no impide que vuelvan. Algunas veces, la radiación UV se complementa con aditivos químicos como el [cloro](#) o [las cloraminas](#) para proteger el agua recién desinfectada para evitar que se vuelva a contaminar.

De manera alternativa, la radiación UV puede sencillamente utilizarse en situaciones donde el agua tratada puede consumirse rápidamente en vez de guardarla para uso futuro. En este respecto, los sistemas UV han adquirido popularidad como accesorios domésticos en regiones con suministro fiable de alimentación eléctrica.