|  |
| --- |
|  |
| Desinfección con cloro para  el tratamiento del agua a nivel domiciliario  Resumen técnico  Octubre de 2017 |



Resumen técnico: Desinfección con cloro para el tratamiento del agua a nivel domiciliario

1 Introducción 2

2 Eficacia del cloro 2

3 Productos de cloro 3

4 Cómo funciona el cloro 6

5 Concentraciones y dosis recomendadas de cloro 7

6 Cómo usar los productos de cloro que tienen instrucciones 8

7 Cómo usar los productos de cloro que no tienen instrucciones 8

7.1 Encontrar la concentración de cloro del producto 9

7.2 Determinar la dosis de cloro necesaria 9

8 Otros factores que afectan el uso del cloro 12

8.1 Turbidez 12

8.2 Microorganismos y materia orgánica 12

8.3 pH 13

8.4 Temperatura 13

9 Consideraciones de seguridad 13

9.1 Manipular el cloro de forma segura 13

9.2 Productos derivados de la desinfección con cloro 14

10 Resumen 14

11 Definiciones 15

12 Recursos adicionales 15

13 Bibliografía 16

Este documento forma parte de un conjunto de recursos para aprender y capacitar sobre el tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro (TANDAS). Para acceder a otros recursos de CAWST sobre TANDAS, visite la página [cawst.org/resources](https://resources.cawst.org/).

# Introducción

Uno de los métodos más comunes y conocidos de [tratamiento del agua a nivel domiciliario y almacenamiento seguro (TANDAS)](#hwts) es la desinfección con cloro. La desinfección con cloro tiene las ventajas de ser relativamente rápida, simple y de bajo costo. Además, el uso de una dosis adecuada de cloro puede dejar un [desinfectante residual](#residual) en el agua que reduzca el riesgo de recontaminación.

En este resumen técnico:

* Describiremos los distintos tipos de productos de cloro que sirven para la desinfección del agua a nivel domiciliario.
* Explicaremos de qué forma el cloro inactiva los microorganismos del agua.
* Describiremos cómo usar el cloro para el tratamiento del agua a nivel domiciliario, lo cual incluye cuestiones de seguridad y métodos para calcular dosis apropiadas.

La desinfección con cloro —como todo método de tratamiento del agua a nivel domiciliario— siempre debería combinarse con la manipulación y el almacenamiento seguros del agua. Además, antes de la cloración, el agua turbia debería tratarse mediante la sedimentación o la filtración para obtener mejores resultados. Para más información sobre las opciones de TANDAS, consulte el documento de CAWST *Resumen técnico: Introducción al tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro*.

|  |
| --- |
| Las palabras clave de este documento aparecen con letras en negrita. Si usted está leyendo este material en una computadora, puede acceder a la definición de las palabras clave haciendo clic en ellas mientras presiona la tecla CTRL. Si usted está leyendo este material en una copia impresa, consulte la sección 11, "Definiciones". |

# Eficacia del cloro

Se ha demostrado que, en condiciones de laboratorio, la desinfección con cloro inactiva más del 99,9% de las bacterias, virus y parásitos de giardia (Thurston-Enriquez *et al.*, 2005; Vaughn, Chen y Thomas, 1986; Zhao *et al.*, 2001).

|  |
| --- |
| Resistencia de los agentes patógenos  Algunos [patógenos](#pathogen) son resistentes al cloro. Por ejemplo:   * *Cryptosporidium parvum* (un parásito muy común que causa diarrea grave) produce huevos, que pueden sobrevivir a dosis altas de cloro (Peletz *et al.*, 2013). * *Ascaris lumbricoides* (un ascáride parasitario) produce huevos que también son resistentes al cloro (Krishnaswami, 1968; Oh, Kim, Ahn y Shin, 2016).   Si en la región donde está usted hay riesgo de encontrar estos dos agentes patógenos, no debería usar la cloración como el único método de tratamiento del agua a nivel domiciliario. Use la sedimentación o la filtración para eliminar los huevos antes de agregar cloro. Lo más común es encontrar estos dos agentes patógenos en fuentes superficiales de agua. |

El cloro no siempre es tan eficaz en ámbitos domésticos como en condiciones controladas de laboratorio. Algunos factores, como la [turbidez](#Turbidity), los grados de contaminación y las prácticas de manipulación del agua, pueden reducir la eficacia de la desinfección con cloro que se realiza en las casas (Levy *et al.*, 2014).

# Productos de cloro

Hay muchos productos de cloro diferentes que están disponibles en todo el mundo. Algunos se fabrican y venden específicamente para el tratamiento del agua a nivel domiciliario, mientras que otros están destinados a la desinfección y limpieza generales. La concentración de cloro de esos productos puede variar del 0,5% al 70%. La concentración y la fecha de vencimiento deberían aparecer en el envase del producto, pero no siempre es así. En las siguientes tablas, se muestran productos de cloro comunes, la concentración típica de cloro y su estabilidad.

Tabla: Concentración y estabilidad de los productos de cloro usados en general para el TANDAS

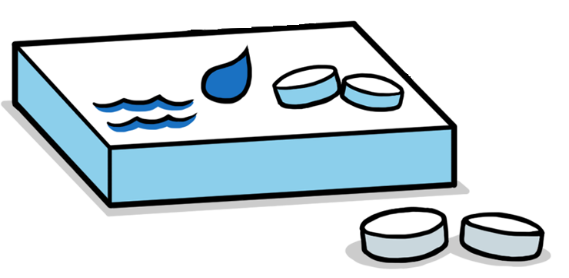
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Producto | Concentración de cloro disponible (% por peso) | Tipo de producto | Estabilidad\* |
| Hipoclorito para pruebas de precisión (HTH), también llamado "hipoclorito de calcio" | 65-70% | Generalmente en forma granular | Estable (pérdida aproximada del 2% de cloro activo por año). |
| Cal clorada, también llamada "lejía en polvo" | 25–30% | Generalmente en forma de polvo | Inestable; es difícil calcular la concentración de cloro, a menos que el producto se haya fabricado hace poco tiempo o haya estado bien almacenado. |
| Hipoclorito de sodio, también conocido como lejía de uso doméstico | 2,5–18% | Líquido | Inestable; almacenar lejos del calor y la luz, y usar solo hasta la fecha de vencimiento que figure en la etiqueta (en general, dentro de un año). |
| Dicloroisocianurato de sodio (NaDCC), usado en productos como Aquatabs | 2,5 mg a >5 g de cloro activo por pastilla  (por lo general, 60–70%) | Generalmente en pastillas.  A veces se consigue en forma granular. | Muy estable (vida útil aproximada: 5 años). Es inestable una vez que se disuelve en una solución (usar en el día). |

\*"Estable" significa que el producto no se degrada rápidamente ni pierde concentración con el tiempo. Puede durar por varios años.

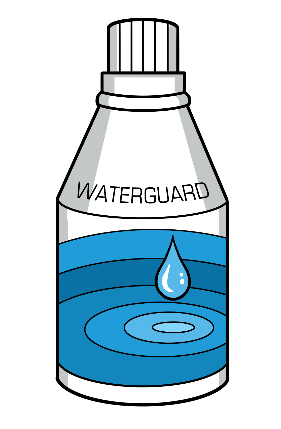
|  |
| --- |
| Estabilidad de los productos de cloro  Algunos productos de cloro están estabilizados, lo cual significa que se les agregaron sustancias químicas que ayudan a que duren más —en general, entre dos y cinco años— sin degradarse.  Muchos productos de cloro no están estabilizados. Se degradan más rápido y deben usarse al poco tiempo de haber sido fabricados. Estos productos suelen tener una vida útil inferior a 6 meses. Siempre se debería leer la etiqueta del producto para ver cómo almacenarlo y saber cuándo durará.  Algunas personas eligen fabricar por su cuenta la solución de hipoclorito de sodio usando electricidad y sales. Para hacerlo, usan dispositivos como el WATA (fabricado por Antenna Technologies). La solución de cloro que se obtiene con esos métodos suele ser muy inestable. Esos productos de cloro deben usarse el mismo día que fueron fabricados o deben estabilizarse.  La lejía no es estable. A medida que pasa el tiempo, se degrada poco a poco, lo cual reduce la cantidad de cloro disponible. En consecuencia, es posible que sea necesario agregar más lejía para lograr la concentración deseada (Organización Mundial de la Salud, 2017). La lejía se degrada más rápido si está expuesta al calor o a la luz. |

A continuación, se detallan algunos ejemplos de productos de cloro diseñados específicamente para el tratamiento del agua a nivel domiciliario.

* Safe Water System (SWS; Sistema de Agua Segura): este sistema, desarrollado por los Centros de los Estados Unidos para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), usa una combinación de desinfección con una solución de hipoclorito de sodio (comercializada, por lo general, con el nombre "WaterGuard") y almacenamiento seguro del agua. SWS está disponible en más de 35 países.
* Piyush: Environment and Public Health Organization (ENPHO) fabrica y vende este producto en Nepal, hecho a partir de lejía diluida (una solución de hipoclorito de sodio).
* Aquatabs: Medentech fabrica y vende este producto internacionalmente.



A continuación, se detallan algunos ejemplos de productos de cloro diseñados específicamente para el tratamiento del agua a nivel domiciliario. De izquierda a derecha: WaterGuard, Piyush, Aquatabs.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Utilizar productos de lejía de uso doméstico para el TANDAS  Si usted elige utilizar productos de lejía de uso doméstico para desinfectar el agua, asegúrese primero de que el producto elegido no contenga jabón ni perfume. Debe conocer la concentración de cloro del producto. La siguiente tabla muestra la variabilidad que hay en la concentración anunciada de cloro de algunos productos de lejía de uso doméstico.  Contenido anunciado de cloro en varios productos de lejía de uso doméstico   |  |  | | --- | --- | | Marca de lejía (país de origen) | Contenido de cloro (% ) | | Eau de Javel (Francia) | 2,6% | | JIK (Kenia), Robin (Nepal) | 3,5% | | Clorox (Bangladés) | 5,25% | | Lejía (Perú) | 6% | | Lavandina (Bolivia), Blanqueador cloro (México) | 8% |   (Adaptado de “Infection control in health care settings: Guidelines for MSF projects”, 2006)  La calidad de los productos de lejía de uso doméstico es variable. Lantagne (2009) analizó la concentración de cloro de 32 productos de lejía disponibles comercialmente en 12 países de ingresos bajos e intermedios. Halló que, en promedio, hay una diferencia del 35% entre la concentración anunciada y la concentración medida. Algunas posibles causas de este índice alto de variabilidad son:   * El uso de agua contaminada en el proceso de dilución cuando se prepara la solución de lejía. * El envasado el producto en botellas de plástico transparente o de baja densidad, lo cual hace que se degrade la lejía. * El control de calidad deficiente en el proceso de fabricación. * La degradación causada por la exposición al calor y al sol durante el transporte y el almacenamiento. |

# Cómo funciona el cloro

En esta sección, se describe lo que sucede cuando se le agrega cloro al agua. Tenga en cuenta que la desinfección con cloro se ve afectada por la turbidez, la materia orgánica, la temperatura y el pH (consulte la sección 8).

La cantidad de cloro que se agrega al agua se llama [cloro inicial](#initial) y suele expresarse con una concentración (mg/L). Este término se refiere a la concentración de cloro que hay en el agua inmediatamente después de que se agrega el producto de cloro.

Cuando se añade cloro al agua, ocurre lo siguiente:

El cloro y el agua forman ácido hipocloroso. El ácido reacciona con los microorganismos y los inactiva. A la parte del cloro que reacciona mediante la oxidación con la materia orgánica y los microorganismos se la llama [cloro consumido](#consumed). Una vez que se consume el cloro, ya no está disponible para otro proceso.

Parte del cloro reacciona con los nitratos, el amoníaco y otra materia orgánica, y forma compuestos de cloro nuevos. A esta parte se la llama [cloro combinado](#combined). Algunos compuestos de cloro combinado pueden actuar como desinfectantes débiles.

El exceso de cloro que no se consume ni se combina permanece en el agua. A esta parte se la llama [cloro residual libre](#residual) (CRL). El cloro residual libre ayuda a prevenir la recontaminación del agua tratada, ya que está disponible para matar agentes patógenos nuevos que ingresan en el agua.

Cloro inicial

Cloro consumido

Interviene en las reacciones oxidativas con los microorganismos y la materia orgánica.

Cloro combinado

Forma compuestos de cloro nuevos con los nitratos, el amoníaco y otra materia orgánica.

Cloro residual libre (CRL)

Exceso de cloro que queda disponible para reaccionar con los agentes patógenos o la materia orgánica.

Cloro total

Se puede usar un simple kit de análisis de piscinas para medir la cantidad de cloro del agua. Típicamente, estos productos miden el CRL o el [cloro total](#total). El cloro total es la suma del cloro combinado y residual libre de una muestra de agua. No indica si existe cloro residual libre en la muestra; es *posible* que todo el cloro total medido sea cloro combinado.

Cloro total = Cloro combinado + Cloro residual libre (CRL)



Cuando se añade cloro al agua, se necesita tiempo para que reaccione e inactive a los agentes patógenos. La mayoría de los fabricantes recomiendan esperar una cierta cantidad de tiempo para permitir que el cloro oxide a los agentes patógenos del agua. A este tiempo se lo llama [tiempo de contacto](#contact). En condiciones normales de temperatura (aproximadamente 25°C) y pH (inferior a 8), el tiempo de contacto es 30 minutos.

# Concentraciones y dosis recomendadas de cloro

Para determinar la dosis de cloro, primero es necesario saber la concentración deseada de CRL. Las concentraciones altas de CRL dan más protección contra la contaminación, pero también pueden hacer que el agua tenga un sabor u olor inaceptable para los usuarios. A continuación, se incluye un resumen de concentraciones recomendadas de CRL para el agua de consumo después de la desinfección con cloro:

* Para uso diario general y riesgo bajo de brotes de enfermedades, el CRL debería ser entre 0,2 y 0,5 mg/L después del tiempo de contacto (Branz *et al.*, 2017). En las Guías de la OMS, se recomienda ≥0,5 mg/L después de 30 minutos de tiempo de contacto y al menos 0,2 mg/L en el punto de entrega (Organización Mundial de la Salud, 2017).
* En emergencias en las que hay riesgo alto de enfermedades, el CRL debería ser entre 0,5 y 1 mg/L (Branz *et al.*, 2017).
* El CRL nunca debería exceder 5,0 mg/L, que es el valor de referencia de la OMS basado en efectos sobre la salud (Organización Mundial de la Salud, 2017).

En función de los valores mencionados con anterioridad, CAWST suele recomendar una concentración deseada de CRL de 0,5 mg/L. Así, se logra un equilibrio entre un valor residual eficaz para la protección y un sabor bastante aceptable.

La dosis de cloro inicial que se debe agregar para alcanzar la concentración deseada de CRL dependerá de la calidad del agua de consumo. La dosis inicial debería:

* Aportar cloro suficiente para que reaccione con los microorganismos y los compuestos del agua.
* Alcanzar la concentración deseada de CRL (en general, 0,5 mg/L) después del tiempo de contacto. Así se garantiza que parte del cloro quede disponible para reaccionar con los agentes patógenos que ingresan en el agua después del tratamiento.
* No exceder los valores recomendados en las *Guías de la OMS* o los estándares nacionales para el cloro y los productos residuales de la desinfección con cloro (Branz *et al.*, 2017; Organización Mundial de la Salud, 2017).

Dado que la cantidad de cloro que será consumida y combinada también varía entre distintas fuentes de agua, CAWST no tiene una dosis estándar recomendada de cloro inicial. Recomendamos algunas de las siguientes opciones, enumeradas en orden de preferencia:

1. Seguir las instrucciones de dosificación del fabricante, si las hubiera (consulte la sección 6).
2. Si el producto no tiene instrucciones de dosificación, experimentar y medir para hallar la dosis más adecuada (consulte la sección 0). Esta opción exige tener una forma de medir la concentración de CRL.
3. Si no se puede medir dicha concentración, usar una tabla de dosificación para calcular la dosis apropiada para el producto de cloro (consulte la sección 0).

|  |
| --- |
| Unidades de concentración de cloro  A veces, las concentraciones se expresan en miligramos de cloro por litro de agua (mg/L) y, en ocasiones, en partes por millón (ppm). Estas dos unidades son casi iguales para las soluciones de cloro. |

# Cómo usar los productos de cloro que tienen instrucciones

Para usar productos de cloro que se fabricaron específicamente para el tratamiento de agua a nivel domiciliario, se deben seguir las instrucciones del fabricante. Generalmente, se añade una dosis estándar al agua contaminada, se revuelve/agita el recipiente y se espera durante una cantidad de tiempo específico. Luego, el agua está lista para beber. Recuerde sedimentar o filtrar el agua opaca (turbia) antes de usar el cloro.

|  |
| --- |
| Siempre agregue el producto de cloro al agua. Nunca agregue agua a un producto de cloro concentrado, porque puede provocar una reacción química peligrosa. |

# Cómo usar los productos de cloro que no tienen instrucciones

Si no hay instrucciones disponibles, se pueden usar los siguientes procedimientos para determinar la dosis de cloro.

## Encontrar la concentración de cloro del producto

Debe conocer la concentración de cloro del producto para usar cualquiera de los métodos que se describen a continuación. Lea la etiqueta o contacte al fabricante para determinar el porcentaje de concentración de cloro del producto. Recuerde verificar la vida útil del producto y usarlo antes del vencimiento.

La lejía de uso doméstico, el HTH, la lejía en polvo y el NaDCC granular tienen concentraciones altas de cloro. Cuando se usan estos productos, se debe empezar por disolverlos o diluirlos para preparar una solución al 1%. Manipular una solución diluida es más seguro y hace que sea más simple medir las cantidades de dosificación.

|  |
| --- |
| Ejemplo: Preparar una solución de cloro al 1%  En este ejemplo, tenemos lejía en polvo con un 30% de cloro por peso. Queremos preparar 1 L de solución de cloro al 1%.   1. Calcular cuánto cloro activo por litro se desea obtener en la solución final. Suponiendo que 1 L de solución son 1000 g: 1% de 1 L = 1000 g x 0,01 = 10 g de cloro activo. 2. Calcular cuánto polvo de lejía se necesita agregar para obtener 10 g de cloro activo. El polvo de lejía tiene 30% de cloro activo. Por lo tanto:    * **?** g de polvo de lejía x 0,30 = 10 g de cloro activo.    * 10 g ÷ 0,30 = **?** g polvo de lejía = **33,3 g** polvo de lejía 3. Medir cuidadosamente 33,3 g de polvo de lejía y añadirla a 1 L de agua destilada. Mezclar suavemente. |

## Determinar la dosis de cloro necesaria

Para los siguientes procedimientos, usamos 0,5 mg/L como concentración deseada de CRL, a modo de sugerencia. Se puede elegir otra concentración deseada de CRL (consulte la sección 5).

La dosis de cloro es específica para la calidad de la fuente del agua. La cantidad que se necesita depende de la cantidad de contaminación, turbidez y materia orgánica del agua.

**7.2.1 Determinar la dosis de cloro mediante la experimentación y la medición (método Horrocks modificado)**

Esta es la forma más precisa y específica para la fuente de averiguar cuánto cloro añadir al agua a fin de lograr la concentración deseada de 0,5 mg/L de CRL. Para este procedimiento, usted debe tener un método para analizar el CRL. El CRL se puede medir fácilmente con kits de análisis para piscinas, tiras reactivas al cloro, comparadores de color o colorímetros. Consulte el *Manual de análisis de calidad del agua de consumo* de CAWST para más información sobre cómo medir la concentración de cloro.

|  |
| --- |
| Ejemplo: dosis de cloro mediante experimentación y medición   1. Llene cinco recipientes no metálicos con un volumen conocido (por ejemplo, 20 L) del agua que quiera tratar.   Añada una cantidad diferente del producto de cloro, lejía o solución madre de lejía en polvo preparada a cada recipiente. Puede utilizar un gotero, una pipeta, una jeringa u otro dispositivo de medición. Registre las cantidades agregadas. Por ejemplo:   * Balde 1: agregue 0,5 ml de solución madre de cloro al 1% * Balde 2: agregue 0,75 ml de solución madre de cloro al 1% * Balde 3: agregue 1 ml de solución madre de cloro al 1% * Balde 4: agregue 2 ml de solución madre de cloro al 1% * Balde 5: agregue 2,5 ml de solución madre de cloro al 1%   Espere 30 minutos (el tiempo de contacto).  Mira y registre el CRL de cada recipiente. Ejemplo de resultados posibles:   * Balde 1: 0 mg/L de cloro residual libre * Balde 2: 0,1 mg/L de cloro residual libre * Balde 3: 0,4 mg/L de cloro residual libre * Balde 4: 0,8 mg/L de cloro residual libre * Balde 5: 1,5 mg/L de cloro residual libre   La dosis correcta es la del recipiente que tenga la concentración de CRL más próxima a 0,5 mg/L. En este caso, el balde 3 tiene 0,4 mg/L de CRL. Entonces, la dosis correcta para esta agua es aproximadamente 1 ml de la solución madre al 1% cada 20 L de agua.  Si desea encontrar una dosis más precisa, repita los pasos anteriores usando un rango más pequeño de dosis.  Nota: si la dosis necesaria es muy pequeña (menos de 1 ml), medirla con precisión es difícil. Primero, diluya el producto de cloro en agua destilada (por ejemplo: mezclando una parte de lejía en una parte de agua). Así, se aumenta el volumen que se debe agregar al agua y se hace más fácil de medir. |

|  |
| --- |
| Determinar la dosis para varias familias  En una comunidad donde todas las familias obtienen el agua de la misma fuente, se pueden tomar muestras de varios hogares para determinar la dosis de cloro y el tiempo de contacto. Aconséjeles a todos que usen la misma dosis. Cuando se utilizan varias fuentes de agua, de todos modos debería ser posible determinar una dosis que sea adecuada para la mayoría de los usuarios. Para evitar confusiones, suele ser mejor recomendar una dosis única a toda la comunidad. |

**7.2.2 Determinar la dosis de cloro usando tablas de dosificación estándar**

Si no hay forma de medir la concentración de CRL, se puede usar una dosis calculada estándar.

Para usar este método, deberá conocer la concentración de cloro del producto. El producto debería ser líquido. Si usa un producto granulado o en polvo, recomendamos que primero prepare una solución de cloro al 1%. Vea el ejemplo dado en la sección 7.1.

|  |
| --- |
| Este método es aproximado. La concentración real de CRL después del tiempo de contacto dependerá de la cantidad de contaminación, turbidez y materia orgánica del agua. |

Las concentraciones de cloro inicial que se recomiendan a continuación sirven para cuando no se puede medir el CRL:

* 2,0 mg/L para agua que tiene turbidez baja (menos de 10 UNT o agua muy cristalina)
* 4,0–5,0 mg/L para agua que tiene turbidez alta (10–100 UNT o agua que es un poco opaca).

Estas concentraciones estándar de cloro inicial garantizan que el CRL nunca supere el valor de referencia de 5 mg/L de las *Guías de la OMS*. Usar el rango de dosis más alta de estas recomendaciones (4,0-5,0 mg/L) protege mejor la salud si no está seguro de la calidad del agua. Sin embargo, las dosis más altas pueden intensificar el sabor y el olor a cloro del agua, lo cual puede ser inaceptable para los usuarios (Branz *et al.*, 2017).

En la siguiente tabla, se muestra cuánta cantidad de producto agregar en 20 L de agua para obtener concentraciones iniciales de 2,0 o 5,0 mg/L, en función del porcentaje de concentración de cloro del producto.

Tabla: Dosis estándar de cloro

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| % de concentración de cloro del producto | **Dosis de producto (ml) cada 20 L de agua** | |
| ***Para una concentración inicial de 2,0 mg/L*** | ***Para una concentración inicial de 5,0 mg/L*** |
| 1% | 4,0 | 10 |
| 2% | 2,0 | 5,0 |
| 5% | 0,80 | 2,0 |
| 10% | 0,40 | 1,0 |
| 15% | 0,26 | 0,66 |

Los valores de la tabla están calculados en base a dosis recomendadas en Branz et al. (2017). Los productos que estén más concentrados deberían diluirse antes de dosificarse.

# Otros factores que afectan el uso del cloro

La turbidez, el pH y la temperatura del agua influyen en la eficacia y la velocidad de la desinfección con cloro. Todos estos factores pueden variar día a día y en diferentes estaciones. En esta sección, describiremos de qué manera esos factores pueden afectar la dosis de cloro o el tiempo de contacto.

## Turbidez

Los niveles altos de turbidez (opacidad) hacen que la cloración sea menos eficaz porque:

* El cloro no puede acceder a los agentes patógenos y reaccionar con facilidad.
* Es más probable que el agua turbia tenga compuestos con los que el cloro reaccionará, por lo cual formará productos derivados y reducirá la cantidad de cloro disponible para la desinfección.

La cloración no es un método recomendado para agua que tiene un nivel de turbidez cercano a 100 UNT. Se debería sedimentar o filtrar el agua turbia antes de añadir el cloro. Estos procesos eliminarán algunas de las partículas suspendidas y la materia orgánica para mejorar la reacción entre el cloro y los agentes patógenos (Branz *et al.*, 2017). En situaciones de emergencia, se puede duplicar la dosis habitual de cloro si no hay filtros ni otros métodos de pretratamiento disponibles y el agua es turbia. No se recomienda duplicar la dosis a largo plazo, pero puede ser eficaz como solución temporaria (Branz *et al.*, 2017; Sphere Project, 2011).

## Microorganismos y materia orgánica

La desinfección con cloro no es eficaz contra los cristosporidios y ascárides. Se deben utilizar otras tecnologías de tratamiento de agua a nivel domiciliario para eliminar estos agentes patógenos específicos.

Se debe añadir más cloro y se debe extender el tiempo de contacto más allá de 30 minutos si el agua tiene mucha materia orgánica o microorganismos.

## pH

Para la desinfección con cloro, el rango óptimo de pH es entre 5,5 y 7,5. La desinfección con cloro es más eficaz cuando el pH es menor que 8, porque el ácido hipocloroso (la sustancia química que reacciona con los agentes patógenos y los daña) se disocia y pierde eficacia cuando el pH es alto. En las *Guías de la OMS*, se detalla que, para una desinfección eficaz, la concentración de CRL debería ser al menos 0,5 mg/L después de 30 minutos de tiempo de contacto con un pH inferior a 8,0 (Organización Mundial de la Salud, 2017). Si el pH supera 7,5, se debería usar una concentración de CRL de 0,6-1,0 mg/L y extender el tiempo de contacto a 1 hora.

## Temperatura

Cuando el agua está fría, las reacciones ocurren con más lentitud porque las sustancias químicas y las partículas del agua no se mueven tan rápido. Esto implica que el cloro reacciona más lentamente con los agentes patógenos cuando el agua está fría y la desinfección lleva más tiempo. A 25˚C o más, 30 minutos de tiempo de contacto suele ser apropiado para la desinfección. Cada 10˚C menos, se debería duplicar el tiempo de contacto (Organización Mundial de la Salud, 2017). Eso implica que el tiempo de contacto debería ser 1 hora a 15˚C y 1,5 horas a 5˚C.

# Consideraciones de seguridad

## Manipular el cloro de forma segura

La lejía es un producto de limpieza común que se encuentra en muchos hogares. Sin embargo, el cloro que tiene la lejía es una sustancia química [corrosiva](#corrosive). Para proteger los ojos y la piel, deberían tomarse ciertas precauciones al manipular los productos de cloro.

**Precauciones**

* Usar guantes y protección ocular cuando se manipulan productos de cloro concentrado, ya sea que se trate de gránulos, polvo o soluciones líquidas.
* No verter agua en los productos de cloro; siempre se deben añadir los productos de cloro al agua.
* Preparar las soluciones en un área bien ventilada, preferentemente al aire libre.
* Usar equipos y recipientes de plástico para preparar y almacenar soluciones. No se deberían usar baldes de metal porque el cloro reacciona con este material.

**Almacenamiento**

Los productos de cloro pierden concentración rápidamente cuando se los expone al aire, la luz solar y el calor. Se deben almacenar:

* En recipientes de plástico cerrados
* En un lugar fresco y oscuro
* Fuera del alcance de los niños

## Productos derivados de la desinfección con cloro

El ácido hipocloroso, que se forma cuando se agrega cloro al agua, reacciona con la materia orgánica y el bromo que está presente por naturaleza en el agua y genera [productos derivados de la desinfección](#dbp), como los trihalometanos (THM).

Algunos THM son potenciales cancerígenos. Sin embargo, las investigaciones muestran que es posible que los niveles de THM generados con la cloración a nivel domiciliario sean inferiores a los valores de referencia de las *Guías de la OMS* (Lantagne, Cardinali y Blount, 2010; Lantagne, Quick, Blount y Cardinali, 2008). Por lo general, el riesgo alto a corto plazo de beber agua que contenga agentes patógenos supera ampliamente el riesgo bajo a largo plazo de contraer cáncer por exposición a los THM. En las *Guías de la OMS*, se menciona que: "En todos los casos, la eficiencia de la desinfección no debería ponerse en riesgo al intentar cumplir con los valores de referencia para los productos derivados de la desinfección, lo cual incluye los derivados de la cloración, o al intentar disminuir la concentración de esas sustancias" (Organización Mundial de la Salud, 2017, p. 188).

# Resumen

La cloración es un método eficaz para inactivar la mayoría de los agentes patógenos, excepto los que son resistentes, como los criptosporidios y ascárides.

Cuando se agrega cloro al agua, parte del cloro reacciona de inmediato con la materia orgánica y los microorganismos (cloro consumido). Otra parte reacciona y forma compuestos de cloro nuevos en el agua (cloro combinado). Al exceso de cloro que no se consume ni se combina y permanece en el agua de consumo después del tiempo de contacto se lo llama "cloro residual libre" (CRL). El cloro residual libre ayuda a prevenir la recontaminación del agua tratada, ya que está disponible para inactivar agentes patógenos nuevos que ingresan en el agua.

Para la mayoría de las fuentes de agua, en condiciones de temperatura y pH normales, la concentración de CRL debería ser aproximadamente 0,5 mg/L después de 30 minutos de tiempo de contacto. La dosis de cloro que es necesario agregar al agua para lograr esta cantidad deseada de CRL dependerá de la calidad del agua de la fuente.

Si el producto de cloro tiene instrucciones de dosificación en el envase, siga las instrucciones del fabricante. Si no hay instrucciones de dosificación, puede usar uno de los dos métodos detallados en la sección 7 para determinar cuánta cantidad de producto agregar.

El cloro se degrada con el paso del tiempo. Verifique la fecha de vencimiento y almacene los productos en un envase cerrado, en un lugar fresco y oscuro. Use guantes y protección ocular cuando manipule productos de cloro concentrado.

# Definiciones

Cloro combinado: cloro que ha reaccionado con los nitratos, el amoníaco y otra materia orgánica para formar compuestos de cloro nuevos.

Cloro consumido: parte del cloro que reacciona mediante la oxidación con la materia orgánica y los microorganismos.

Cloro inicial: la concentración de cloro que hay inmediatamente después de agregar un producto de cloro al agua.

Cloro residual libre (CRL): exceso de cloro que no se consume ni se combina y permanece en el agua de consumo después del tiempo de contacto. El cloro residual libre ayuda a prevenir la recontaminación del agua tratada, ya que está disponible para matar agentes patógenos nuevos que ingresan en el agua.

Cloro total: suma de la concentración de cloro combinado y cloro residual libre.

Corrosiva: sustancia que puede desgastar o carcomer las superficies, la vestimenta o la piel. Cuando se manipulan sustancias corrosivas, siempre se debe ser cuidadoso y usar guantes.

Desinfectante residual: cantidad de desinfectante químico (en general, proveniente de la cloración) que queda en el agua. Los desinfectantes residuales ayudan a proteger contra los agentes patógenos que pueden contaminar el agua después del tratamiento.

Patógeno: organismo que causa una enfermedad.

Productos derivados de la desinfección con cloro: sustancias que son producto de las reacciones químicas entre los agentes de tratamiento químico (como el cloro) y la materia orgánica e inorgánica del agua. Algunos productos derivados de la desinfección son potenciales cancerígenos.

Tiempo de contacto: la cantidad de tiempo que se debe esperar después de agregar cloro al agua de consumo, antes de medir el cloro residual libro o consumir el agua. El tiempo de contacto es necesario para que el cloro reaccione los agentes patógenos y los inactive.

Tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro (TANDAS): actividades en las cuales los miembros de la familia tratan y almacenan el agua en sus hogares. A veces, se lo llama "tratamiento del agua en el punto de consumo" (PDC).

Turbidez: la "opacidad" o "suciedad" del agua. La turbidez es causada por partículas sólidas en suspensión, como la arena, el limo y la arcilla, que flotan en el agua. Las partículas dispersan la luz, lo que hace que el agua tenga un aspecto turbio y sucio.

# Recursos adicionales

**Base de conocimientos de CAWST sobre TANDAS**. Disponible en: [www.hwts.info](http://www.hwts.info).

* Una base de conocimientos sobre soluciones para el tratamiento del agua en el punto de consumo, que abarca desde tecnologías hasta buenas prácticas de implementación. Incluye información técnica sobre los distintos productos de cloro que se suelen usar en el TANDAS.

**Materiales de educación y capacitación de CAWST**. Disponibles en: [https://resources.cawst.org](https://resources.cawst.org/).

* Resúmenes técnicos, planes de lección, presentaciones, afiches y otros recursos sobre el TANDAS, el análisis de la calidad del agua de consumo y otros temas.

**Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum* [Guías para la calidad del agua potable: cuarta edición, que incluye el primer apéndice]***.* Disponible (en inglés) en: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/43428>

* Información detallada sobre las guías de la calidad del agua de la OMS, incluidas las recomendaciones sobre la dosificación de cloro y la concentración de cloro residual libre.

# Bibliografía

Branz, A., Levine, M., Lehmann, L., Bastable, A., Ali, S. I., Kadir, K., … Lantagne, D. (2017). Chlorination of drinking water in emergencies: a review of knowledge to develop recommendations for implementation and research needed. *Waterlines*, *36*(1), 4–39. https://doi.org/10.3362/1756-3488.2017.002

Infection control in health care settings: Guidelines for MSF projects. (2006). Médicos Sin Fronteras (MSF). Disponible en: https://pmb.ocg.msf.org/opac\_css/doc\_num.php?explnum\_id=811

Krishnaswami, S. K. (1968). Effect of chlorine on Ascaris (Nematoda) eggs. *Health Laboratory Science*, *5*(4), 225–32.

Lantagne, D. S., Cardinali, F. y Blount, B. C. (2010). Disinfection By-Product Formation and Mitigation Strategies in Point-of-Use Chlorination with Sodium Dichloroisocyanurate in Tanzania. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *83*(1), 135–143. https://doi.org/10.4269/ajtmh.2010.09-0431

Lantagne, D. S., Quick, R., Blount, B. C. y Cardinali, F. (2008). Disinfection by-product formation and mitigation strategies in point-of-use chlorination of turbid and non-turbid waters in western Kenya. *Journal of Water and Health*, *6*(1), 67. https://doi.org/10.2166/wh.2007.013

Lantagne, Daniele S. (2009). Viability of Commercially Available Bleach for Water Treatment in Developing Countries. *American Journal of Public Health*, *99*(11), 1975–1978. https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.160077

Levy, K., Anderson, L., Robb, K. A., Cevallos, W., Trueba, G. y Eisenberg, J. N. S. (2014). Household effectiveness vs. laboratory efficacy of point-of-use chlorination. *Water Research*, *54*, 69–77. https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.01.037

Oh, K.-S., Kim, G.-T., Ahn, K.-S. y Shin, S.-S. (2016). Effects of Disinfectants on Larval Development of Ascaris suum Eggs. *The Korean Journal of Parasitology*, *54*(1), 103–107. https://doi.org/10.3347/kjp.2016.54.1.103

Peletz, R., Mahin, T., Elliott, M., Montgomery, M. y Clasen, T. (2013). Preventing cryptosporidiosis: the need for safe drinking water. *Bulletin of the World Health Organization*, *91*(4), 238–238. https://doi.org/10.2471/BLT.13.119990

Proyecto Esfera. (2011). *El Manual Esfera: carta humanitaria y normas mínimas para la respuesta humanitaria.* Rugby: Proyecto Esfera.

Thurston-Enriquez, J. A., Haas, C. N., Jacangelo, J. y Gerba, C. P. (2005). Inactivation of Enteric Adenovirus and Feline Calicivirus by Chlorine Dioxide. *Applied and Environmental Microbiology*, *71*(6), 3100–3105. https://doi.org/10.1128/AEM.71.6.3100-3105.2005

Vaughn, J. M., Chen, Y. S. y Thomas, M. Z. (1986). Inactivation of human and simian rotaviruses by chlorine. *Applied and Environmental Microbiology*, *51*(2), 391–394.

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum.* Disponible en: http://apps.who.int/iris/handle/10665/43428

Zhao, T., Doyle, M. P., Zhao, P., Blake, P. y Wu, F. M. (2001). Chlorine inactivation of Escherichia coli O157:H7 in water. *Journal of Food Protection*, *64*(10), 1607–1609.



**Calgary, Canadá** | [www.cawst.org](http://www.cawst.org/) | [support@cawst.org](mailto:support@cawst.org)

Última actualización: octubre del 2017

Este documento es de contenido abierto y está elaborado bajo la licencia [Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) (CC BY-SA 4.0). **Usted puede:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Compartir:** copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.  **Adaptar:** editar, transformar y ampliar el material para cualquier fin, incluso comercial. |  |
| Bajo las siguientes condiciones:  **Atribución:** Usted debe darle crédito a CAWST de manera adecuada, proporcionando un enlace a la licencia e indicando si se han realizado cambios. Lo puede hacer de cualquier forma que sea razonable, pero no de una manera que sugiera que CAWST avala a su organización o el uso que le ha dado al documento. Acceda a una guía detallada aquí: [resources.cawst.org/cc](https://resources.cawst.org/cc)  **Compartir Igual**: si usted edita, transforma o amplía esta obra, deberá distribuir el material nuevo usando [la misma licencia](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) que la obra original. |  |

CAWST actualizará este documento periódicamente. Por ese motivo, no se recomienda que lo almacene para descargarlo desde su sitio web.

CAWST y sus directores, empleados, contratistas y voluntarios no asumen ninguna responsabilidad ni dan ninguna garantía respecto de los resultados que puedan obtenerse a partir del uso de la información proporcionada.