

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FORMOSA



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

# Desinfección

---

Ingeniería Sanitaria

Mg Ing. Guillermo Mendez

Septiembre de 2018

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	MODOS DE DESINFECCIÓN.....	3
3.	CONDICIONES DE UN DESINFECTANTE IDEAL.....	4
4.	FACTORES DE LOS PROCESOS DE DESINFECCIÓN.....	5
5.	DESINFECCIÓN CON CLORO .....	5
5.1.	Compuestos empleados en la cloración.....	5
5.2.	Química de la cloración.....	6
5.3.	Curva de cloración.....	8
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	10

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El objetivo fundamental de desinfectar el agua destinada al consumo humano y uso doméstico es asegurar la inactivación o destrucción de los agentes patógenos para el hombre, transmitidos por ésta. La desinfección de los abastecimientos de agua es una medida esencial de salud pública que tiene más de 100 años de aplicación, y cuya importancia ha sido ampliamente demostrada tanto en teoría como en la práctica.

En las plantas potabilizadoras, los procesos de mezcla, coagulación, sedimentación y filtración remueven, con mayor o menor eficiencia, la mayoría de las bacterias y virus presentes en el agua. Sin embargo es posible que algunos microorganismos patógenos puedan sortear estos procesos, por tanto, el proceso de desinfección suele realizarse luego del filtrado.

La desinfección si bien causa la destrucción de otros microorganismos además de los patógenos, no necesariamente implica la destrucción total de todos los organismos vivos presentes en el agua, es decir la esterilización. La esterilización, entonces, es el proceso de destrucción total de toda materia viviente. Este proceso solamente se aplica en aquellos procedimientos médicos y de laboratorio que requieren de ausencia total de materia viva.

El proceso de desinfección no solo se aplica en la potabilización de agua, sino también en el tratamiento de efluentes cloacales a fin de que estos no contaminen con microorganismos patógenos las aguas del cuerpo receptor.

## 2. MODOS DE DESINFECCIÓN

---

La desinfección puede realizarse mediante agentes físicos o químicos.

En la desinfección con agentes físicos se busca que el agua se transforme, por un tiempo, en un ambiente no apto para el desarrollo de la vida y así eliminar los patógenos. Los agentes físicos más importantes son:

a) Calor: Es un sistema de desinfección doméstico no aplicable a plantas de purificación. Quince o veinte minutos a temperatura de ebullición son suficientes para destruir cualquier microorganismo patógeno.

b) Rayos ultravioletas: Se hace pasando una lámina de agua delgada bajo una fuente de rayos ultravioleta. La penetración de los rayos, así como la eficiencia de la desinfección,

depende de la turbiedad del líquido. No deja efecto residual, ni se puede determinar en el agua la cantidad aplicada en forma fácil.

En la desinfección química usualmente se aplican agentes oxidantes que traspasan las paredes de las células de las bacterias afectando sus enzimas y produciendo su muerte. Los agentes químicos más importantes son:

a) Cloro: La cloración es el proceso de desinfección es el desinfectante más utilizado a nivel mundial por los siguiente motivos: es eficiente, fácil de aplicar y deja efecto residual que se puede medir por sistemas muy simples. Se presenta en distintos estados que se detallan más adelante. Si bien en los niveles de concentración que se usa en la desinfección del agua, el cloro es inocuo, éste reacciona con ciertos compuestos orgánicos que suelen estar presentes en las aguas naturales, formando compuestos organoclorados (por ejemplo trihalometanos) que pueden ser, potencialmente, peligrosos para la salud.

b) Ozono: El ozono ( $O_3$ ) es un gas de olor característico que se puede sentir después de las tempestades. El equipo necesario para producirlo es bastante costoso y de difícil mantenimiento. Es muy eficiente ya que se diluye rápidamente en el agua y necesita muy poco tiempo de contacto para producir el proceso de desinfección. Una de las grandes ventajas del ozono es que no produce trihalometanos, por cuanto no deja efecto residual y por consiguiente no interfiere con el ecosistema de los ríos y embalses donde dichos líquidos cloacales son descargados.

### 3. CONDICIONES DE UN DESINFECTANTE IDEAL

---

Las condiciones que debe tener un desinfectante ideal para poder ser usado en las plantas de purificación son:

- a. Debe ser capaz de destruir los organismos causantes de enfermedades.
- b. Debe realizar esta labor a la temperatura del lugar y en un tiempo adecuado.
- c. No debe hacer el agua tóxica peligrosa para la salud o de sabor desagradable.
- d. Debe ser de fácil obtención, sencillo manejo y bajo costo.
- e. Su concentración en el agua debe poderse determinar prontamente.

f. Debe dejar un efecto residual, para que proteja el agua contra posteriores contaminaciones.

#### **4. FACTORES DE LOS PROCESOS DE DESINFECCIÓN.**

---

La efectividad de la desinfección se mide por el porcentaje de organismos muertos con el proceso y depende de los siguientes factores>

La resistencia de estos microorganismos varía, sin embargo, según sus características morfológicas.

a. Relación concentración-tiempo: La eficiencia de la desinfección depende de la relación entre el tiempo de contacto y la cantidad de desinfectante dosificado. Así, por ejemplo, una concentración alta necesitará menos tiempo para matar el 100% de los organismos que una concentración baja de desinfectante.

b. Temperatura: en términos generales, cuanto más caliente esté el agua tanto más eficiente y rápida será la desinfección.

c. Potencial hidrógeno o pH: Generalmente cada desinfectante presenta un rango de pH en el cual tiene su máxima efectividad, lo cual constituye su característica

d. Tipo de organismos: La resistencia de estos microorganismos varía, sin embargo, según sus características morfológicas. Así por ejemplo, las bacterias (coliformes, salmonellas, etc) son microorganismos más fáciles de eliminar. En tanto que las esporas bacterianas<sup>1</sup> y los quistes de protozorios son muy resistentes al proceso desinfección.

#### **5. DESINFECCIÓN CON CLORO**

---

##### **5.1. Compuestos empleados en la cloración**

---

---

<sup>1</sup> Algunas bacterias, denominadas vegetativas, tienen como mecanismos de supervivencia, ante condiciones muy desfavorables, producir una célula inactiva, denominada esporas, que es altamente resistente y preserva el material genético en tiempos de estrés extremo.

Los compuestos de cloro más comúnmente empleados en las plantas de tratamiento de aguas residuales son

a) el cloro gas ( $\text{Cl}_2$ ), envasado en cilindros a presión como gas licuado, en grandes cantidades es más económico que las demás versiones. El cloro gaseoso es sumamente tóxico cuando se inhala, pero es, fundamentalmente, un compuesto irritante que afecta las vías respiratorias y los ojos, por tanto requiere una manipulación cuidada con equipos especiales y personal capacitado.

b) el hipoclorito sódico ( $\text{NaOCl}$ ), es un líquido claro, amarillento, que se comercializa a distintas concentraciones según su uso: 2,5 a 5% para uso doméstico<sup>2</sup>, y 9 a 15% para uso industrial. Es un compuesto muy inestable por lo que no se lo debe almacenar por más de 30 días.

c) el hipoclorito de calcio [ $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ]: se comercializa en estado en forma de polvo, gránulos o en pastillas, todos fácilmente solubles en agua. Contiene 60-70% en peso de cloro disponible. Si bien, en abastecimientos pequeños, este compuesto puede ser más fácil de manejar que el cloro gaseoso, requiere de un almacenamiento especial para evitar que entre en contacto con materiales orgánicos.

Los hipocloritos de sodio y calcio se utilizan en solución y suelen usarse en plantas pequeñas, debido especialmente a las dificultades de transporte, manipuleo y almacenamiento.

### 5.2. Química de la cloración

---

El cloro, además de su poder germicida, es un elemento muy reactivo que, bajo condiciones específicas, reacciona con la mayoría de los compuestos inorgánicos y orgánicos presentes en el agua, a veces en forma extremadamente rápida. Así, por ejemplo, oxida el hierro, el manganeso y el sulfuro de hidrógeno, destruye algas y algunos compuestos orgánicos que dan olor y sabor al agua.

Esta interacción con distintos elementos presentes en el agua, puede afectar el proceso de desinfección de la siguiente manera:

- La materia orgánica reacciona con el  $\text{Cl}$ , de esta manera se reduce la concentración de cloro destinada a la desinfección y, por tanto, se debilita o suprime la acción desinfectante, obligando al empleo de dosis mayores.

---

<sup>2</sup> En estas concentraciones se comercializa con el nombre de lavandina o lejía.

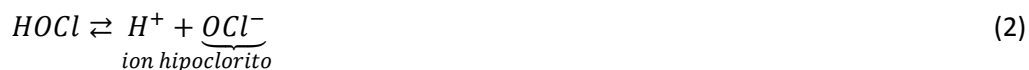
- El Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) reacciona con el Cl formando cloraminas, cuyo poder bactericida es mucho menor que el del Cl libre.
- Ph alto, disminuye la actividad del Cl. El poder desinfectante es mayor cuanto menor es el pH. Por este motivo la desinfección debe realizarse antes de la aplicación del alcalinizante en plantas potabilizadoras.
- Nitritos, que reaccionan con el Cl formando compuestos sin poder bactericida.
- Hierro y manganeso, que son oxidados por el Cl, dando compuestos sin poder bactericida.
- Temperatura, que guarda una relación inversa con el tiempo de contacto requerido para que el Cl actúe.
- Tiempo de contacto, que requiere un mínimo de 10' a 15', aunque son preferibles tiempos mayores (horas), sobre todo en invierno. Por otra parte, el tiempo de contacto está relacionado con la concentración de Cl, pudiendo admitirse que la eficiencia de la desinfección es proporcional al producto de ambos (a mayor tiempo menor concentración, respetando siempre la concentración mínima requerida por normas).

En instalaciones pequeñas la desinfección se efectúa mediante el agregado de hipoclorito de sodio, en instalaciones mayores, mediante el cloro gaseoso. En una forma u otra actúa como agente oxidante reaccionando con las impurezas del agua, de modo que la desinfección solo tiene lugar cuando la demanda de cloro ha sido satisfecha.

Al agregar cloro al agua tiene lugar las reacciones indicadas en la Ecuación 1.



Para el proceso de desinfección tiene mucha más importancia el comportamiento químico del ácido hipocloroso formado por la hidrólisis del cloro (Ec. 1), ya que éste retiene la propiedad oxidante del cloro y es también el principal responsable del efecto desinfectante de la solución acuosa de cloro. Este ácido se ioniza o disocia en iones hidrógeno e hipoclorito (Ecuación 2).



El ácido hipocloroso es un ácido débil que a pH relativamente bajos ( $pH < 6$ ) se disocia muy poco, mientras que a pH entre 6 y 8,5 lo hace casi inmediatamente, y a pH cercanos o superiores a 9,5, la reacción se desplaza totalmente hacia la derecha, existiendo, en solución, casi exclusivamente ion hipoclorito. Es decir que en el rango de pH en que normalmente se encuentran las aguas para consumo humano, el cloro puede existir como ácido hipocloroso e ion hipoclorito: HOCl y  $OCl^-$ .

Tanto el HOCl como  $OCl^-$  tienen poder bactericida, pero el primero es más activo que el segundo. Por tanto el poder desinfectante aumentará para pH menores a 6.

### 5.3. Curva de cloración

---

En la Figura 1 se observa una curva tipo que representan la relación entre el cloro agregado al agua y el cloro residual activo, entendiéndose por cloro residual el que queda remanente en el agua luego de haber actuado durante el tiempo de contacto.

Es activo cuando tiene poder germicida, independientemente de que se encuentre en estado libre ( $Cl_2$ ) o combinado (en algunos casos se comete el error de considerar activo sólo al cloro libre).

Esta curva representa el caso más general de agua con contenido de compuestos orgánicos y amoníaco. Los valores están dados en partes por millón, equivalentes a mg/l.

En la curva de cloración (Fig. 1) se distinguen cuatro zonas diferentes.

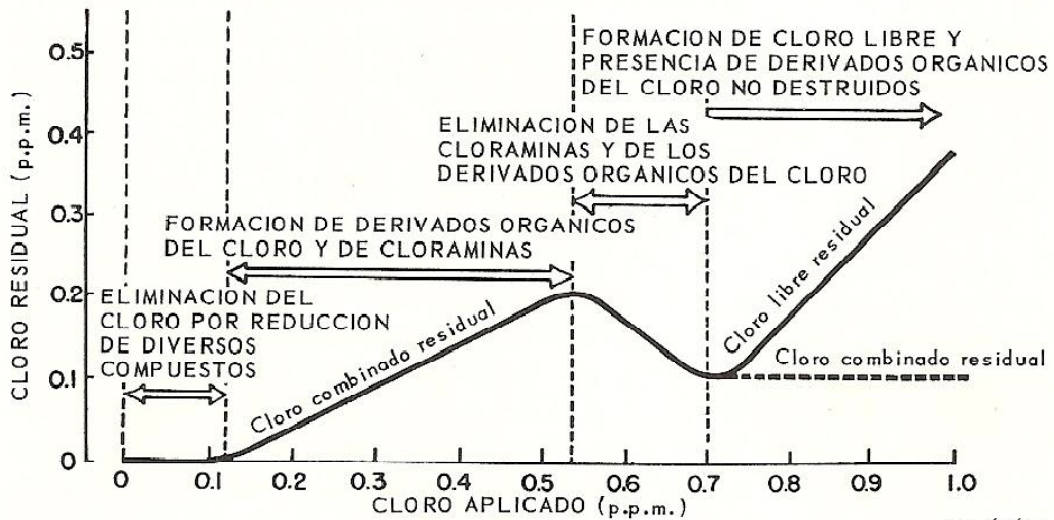
En la primera, hasta 0,12 ppm aproximadamente de cloro agregado, todo el cloro es consumido al reaccionar con las materias orgánicas; no hay cloro residual ni, por lo tanto, desinfección posible.

En la segunda, entre 0,12 y 0,53 ppm aproximadamente, el cloro agregado en dosis moderada reacciona con el amoníaco presente en el agua y forma cloraminas y otros derivados orgánicos del cloro, que constituyen el cloro residual activo combinado.



FIG. 11

## REACCIONES DEL CLORO EN EL AGUA



WHO 60628

Tomado del *Manual of instruction for water treatment plant operators*, pág. 94, con autorización del Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York.

Figura 1. Curva de cloración

En la tercera, entre 0,53 y 0,7 ppm aproximadamente, las dosis más altas de cloro intensifican la actividad química combinándose con cloraminas y derivados orgánicos del cloro, generando otros compuestos estables del cloro que no tienen poder bactericida y que por lo tanto no son activos. Es decir que el aumento de la dosis no sólo no produjo aumento del cloro residual activo, sino que además destruyó compuestos que eran activos, lo cual explica el descenso de la curva. Este proceso termina en el punto crítico, también llamado punto de ruptura.

En la cuarta, a partir del punto crítico, todo el cloro que se agregue se convertirá en cloro libre residual. Es decir que en esta zona coexistirán como cloro residual activo, una pequeña proporción de cloro combinado que no fue destruido y el cloro libre agregado (que tiene mucho mejores cualidades como desinfectante). Por tal motivo, se aconseja clorar por encima del punto crítico.

En cualquier caso, en todo punto de la red, debe existir siempre una concentración mínima de 0,2 mg/l de cloro residual activo, para prevenir contaminación.

El caso extremo de una curva con demanda nula de cloro (agua destilada y esterilizada), sería una recta inclinada a 45° partiendo del origen.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

---

Arboleda Valencia J. 2004. Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) / Organización Panamericana de la Salud (OPS). 1965. Manual de operación de plantas potabilizadoras de agua. OPS/CEPIS/PUB/02.76. Lima, Perú. 480 pp.

Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento. 2001. Guías para la presentación de proyectos de agua potable. Fundamentaciones y Criterios.

Gómez MJM. 2008. Apuntes de la cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Nordeste.