

Caracterización Física, Química y de riesgo toxicológico de algunos subproductos de la cloración

Anyely Paola Suárez Muñoz¹, Maria jose Rivera Quintero², Olga Lucia Borda Prada³

¹⁻² *Universidad La Gran Colombia, Bogotá D-C - Colombia.*

Mriveraq@ulagrancolombia.edu.co¹, asuarezm2@ulagrancolombia.edu.co²

olga.borda@ugc.edu.co³

2024

RESUMEN

En la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia se está desarrollando una investigación relacionada con el análisis de los niveles de trihalometanos (THMs) en muestras de agua potable provenientes de una planta regional ubicada en el Municipio de Cogua-Zipaquirá, en este sentido, se presenta aquí un documento en aporte al estado de arte de este trabajo, con el cual se describen algunos aspectos relacionados con los proceso de desinfección en Colombia basado en el uso de cloro principalmente. Ya que las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) son los principales conductos que recolectan el agua cruda, para la separación de partículas que se encuentran en esta, permitiendo así llegar a la desinfección de microorganismo.

Asimismo, se discuten las implicaciones relacionadas con el riesgo asociado al uso del cloro, ya que algunos estudios afirman que al mezclarse agua clorada con materia orgánica se presenta la formación de ciertos subproductos – como los trihalometanos (THMs)- que según investigaciones al respecto ponen en riesgo la adecuada gestión del recurso hídrico, debido al nivel toxicológico relacionado con al cáncer.

Palabras clave: desinfección, microorganismo, cloro, residuo, subproductos, materia orgánica, THMs, salud.

ABSTRACT

In the Faculty of Civil Engineering of the Universidad La Gran Colombia there is an investigation related to the analysis of the levels of trihalomethanes (THMs) in samples of drinking water from a regional plant located in the Municipality of Cogua-Zipaquirá, in this sense, it is presented Here is a document in the report on the state of the art of this work, which describes some aspects related to the disinfection process in Colombia based mainly on the use of chlorine. Since drinking water treatment plants (PTAP) they are the main conduits that collect raw water, for the separation of particles found in it, thus allowing the microorganism to be disinfected.

In the same way, the implications related to the risk associated with the use of chlorine are discussed, since some studies affirm that when mixing chlorinated water with organic matter, the formation of certain by-products occurs - such as trihalomethanes (THMs) - which according to research regarding risk, the adequate management of water resources, due to the toxicological level related to cancer.

Key words: disinfection, microorganism, chlorine, residue, by-products, organic matter, THMs, health.

INTRODUCCION

El agua es uno de los recursos naturales más indispensables para la vida, ya que contribuye al ser humano desde diversos usos, tales como: la agricultura (70%), la industria (20%), el uso doméstico (6%) entre otros. Asimismo, su gestión ha sido ampliamente definida por la Organización Mundial de la salud OMS (1995),

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS

estableciendo que este líquido debe estar libre de microorganismos causantes de enfermedades que afectan la salud (EPA, 2011).

El agua superficial está expuesta a una amplia variedad de factores patógenos que alteran su calidad con diferentes niveles de contaminantes (Apella, 2004, p.4). En los procesos de abastecimiento de agua en plantas de tratamiento, pueden surgir casos donde los microorganismos se multiplican y pueden ingresar por toda la estructura; como lo son las tuberías, tanques, uniones, entre otros.

Así, en los procesos rutinarios de una planta de tratamiento de agua potable se deben implementar métodos de desinfección basados en el uso de cloro, ozono, radiación ultravioleta, entre otros.

El más utilizado es el cloro, debido a su bajo costo y alta efectividad ya que deja un residuo libre, el cual permite que el agua se encuentre más tiempo desinfectada, sin embargo, en algunas investigaciones se ha afirmado que pueden formarse algunos subproductos derivados de estos procesos de desinfección, existiendo así 36 de ellos, los cuales son mayormente los THMs con un alto riesgo toxicológico.

A mediados de los años 70 varios químicos detectaron la presencia de cloroformo y otros THMs en el agua potable (Olmedo, 2008, p.36).

La unión europea ha generado investigaciones por la alta mortalidad de cáncer en sus habitantes dando como resultado a España y Portugal unos de los países con altas concentraciones de THMs en el agua de consumo. En algunos países de América latina se brinda desinfección total en los servicios de agua potable minimizando así los brotes de tipo epidémicos y enfermedades de riesgo biológicos asociados a la ingesta de agua. Sin embargo, en Uruguay la calidad de agua es precaria a niveles de exigencia en comparación con otros países latinos, presentando así enfermedades por el consumo de agua.

Ciertas investigaciones epidemiológicas en EE.UU afirman la existencia de cloroformo como uno de los compuestos principales de los THMs que se encuentran en el agua desinfectada con cloro, que llevan a la aparición de cáncer de colon, vejiga y recto. (Reiff, 1994, p.7).

Un estudio propuesto por la universidad nacional de Colombia para la determinación de THMs en agua de consumo humano por micro-extracción la cual consiste extraer la fase sólida en la cabeza combinada de gases con detector en la micro captura de electrones para determinar los niveles de THMs en las diferentes aguas de consumo humano en las redes de distribución de Pereira-Colombia (Vallejo, 2015, p.24)

En general, los marcos normativos colombianos, deben garantizar un agua segura para la salud humana (Solsona, 2002, p.15). En este contexto, la mayor parte de los países en el mundo, han adoptado en sus normas para la calidad de agua en el consumo, valores guía de la OMS como indicadores específicos para sus normas nacionales (Mora, 2005, p.8). En Colombia, la normativa actual para la calidad del agua potable establece el marco para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano (Ministerio de protección social, 2007, p. 5) en Decreto 1575, la resolución 2115 del año 2007 y en el decreto 0330.

HISTORIA DEL AGUA POTABLE EN COLOMBIA

El acceso de agua potable y saneamiento en Colombia han aumentado significativamente durante la última década, comenzando con las primeras redes de agua que toman forma en la ciudad de Bogotá el año de 1584 y la construcción de la primera fuente de agua para el consumo humano en la Bogotá colonial. Así mismo, en mayo de 1757 se inauguró el acueducto de Agua Nueva, el cual se constituyó

en uno de los primeros alcantarillados coloniales, sin embargo, Bogotá no tenía una amplia cobertura debido a la carencia de fuentes adecuadas de agua.

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS

En 1905 en Medellín y Cartagena, se entregaron las primeras redes hídricas, durante algunos años se evidencio una alta deficiencia de estas. Aun así en 1915 optaron por un primer tanque de agua situado en la ciudad de Medellín llamado Santa Elena, con una capacidad de $2400 m^3$, que permitieron identificar bacterias que podrían estar en el agua de consumo.

Se evidencio que el tanque Santa Elena fue un inicio positivo para el agua potable y por consiguiente en 1916 se abarco la construcción de redes hidráulicas más eficientes en Medellín.

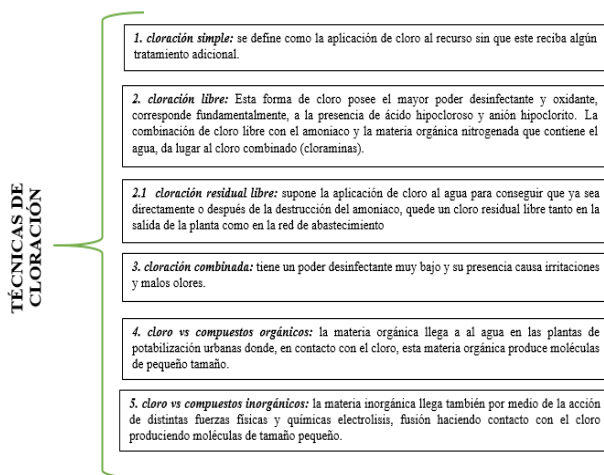
En 1920 Bogotá innova con el uso de desinfectantes que generarían la reducción de microorganismos en el agua; por ende tomaron el cloro como su principal fuente, generando así la nueva empresa de acueducto con asocian del tranvía de Bogotá. En 1955 el acueducto se desvinculó del tranvía generando así su propia empresa independiente adicionando el servicio de alcantarillado. (Acueducto, 2008). Dicho lo anterior Colombia estableció el decreto 2115 de 2007 el cual estipula parámetros para la desinfección en las plantas de tratamiento de agua potable por medio de la cloración gaseosa utilizada para remover o neutralizar agentes patógenos causantes de enfermedades bacterianas.

Desinfección por cloro

Como ya se ha mencionado, la cloración es el proceso ampliamente más utilizado, debido a su bajo costo y efectividad relacionado con el adecuado control de bacterias y organismos patógenos. Además este deja un residuo el cual permite que la planta de tratamiento permanezca más tiempo estéril durante el flujo de agua. Según la OMS, la concentración de cloro libre en el agua tratada debe estar entre 0,2 y 0,5 mg/l. Esta técnica depende de la planta a tratar, el tipo de cauce de donde proviene el agua y/o del conocimiento del ingeniero hidráulico. (Kogevinas, & Grimalt, 2011, p.22) .Las técnicas de cloración más relevantes son: la cloración simple, cloración libre, cloración combinada, cloro vs compuestos orgánicos e inorgánicos que se evidencian en el esquema 2.

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. (Malawi, 2007, p.8)

Esquema 1, descripción de las técnicas de cloración:



Fuente: propia

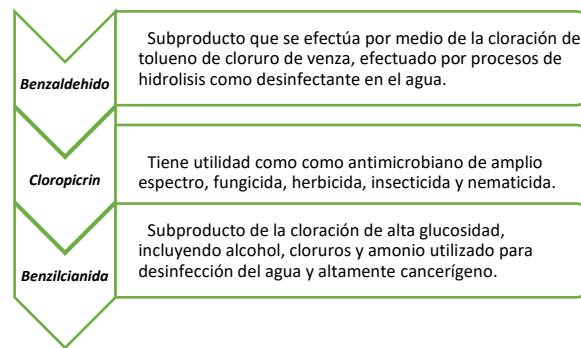
Subproductos de la desinfección por cloro

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS

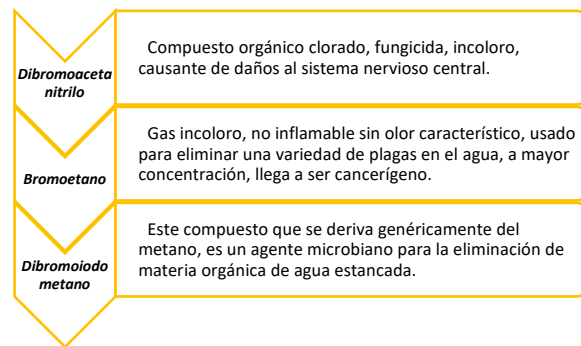
El cloro es el desinfectante más extendido, caracterizándose por su alta reactividad (Chulluncuy-Camacho, 2011, p.3.) por ello sus principales compuestos de cloro utilizados son: Cloro gas, Hipocloritos (sódico y cálcico), Dióxido de cloro, Cloraminas, entre otros.

Los subproductos son residuos del cloro, los cuales son incoloros e inoloros; de la familia cloro-yodo-bromo-meta aldehídos, de los cuales existen 36 subproductos que se forman en la desinfección del agua.

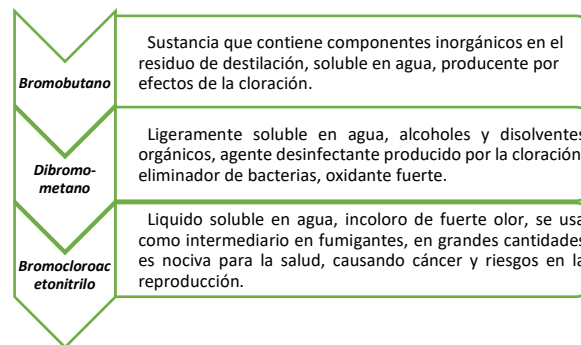
El cloro residual que queda en las plantas de tratamiento permanece acumulado por un tiempo determinado en donde se pueden acumular residuos de materia orgánica la cual al combinarse estos dos elementos se generan subproductos los cuales se resaltan más específicamente en el **esquema 2-13**.



Esquema 2

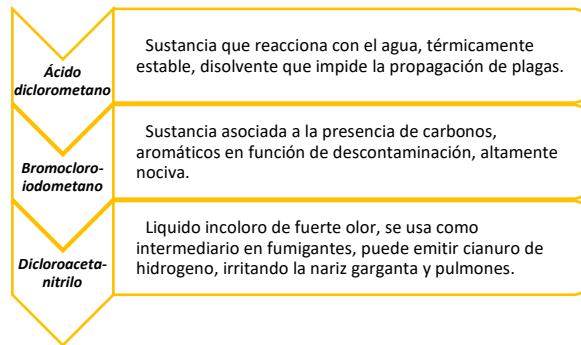


Esquema 3

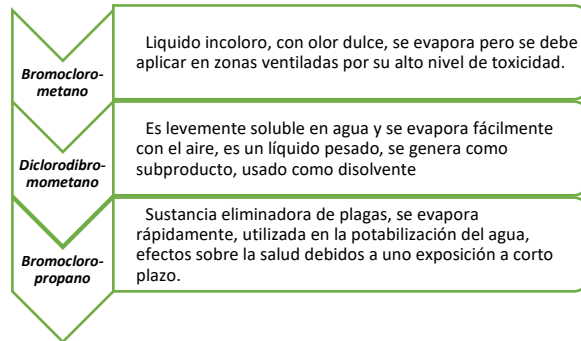


Esquema 4

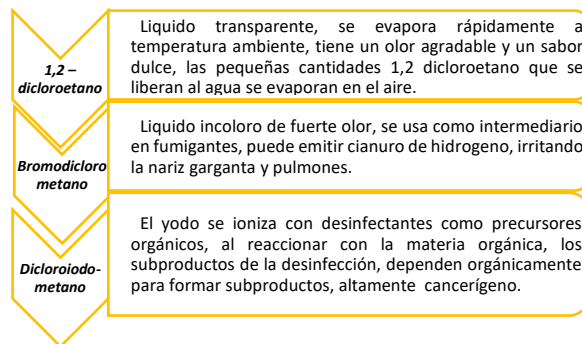
IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS



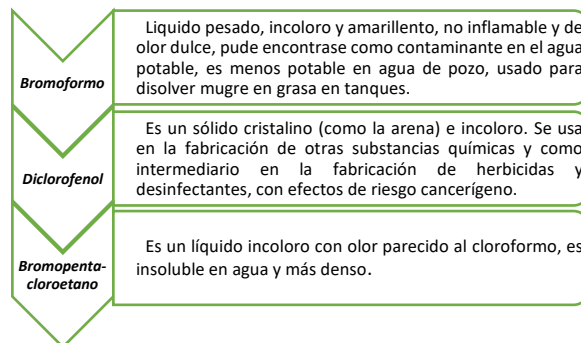
Esquema 5



Esquema 6

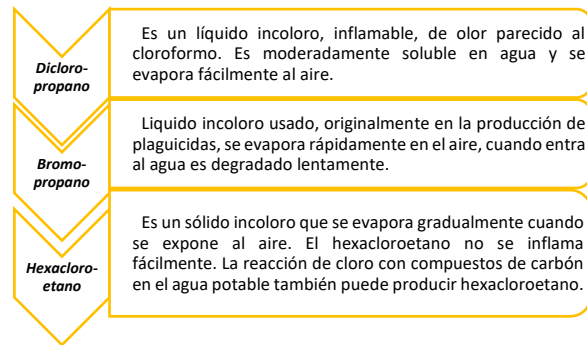


Esquema 7

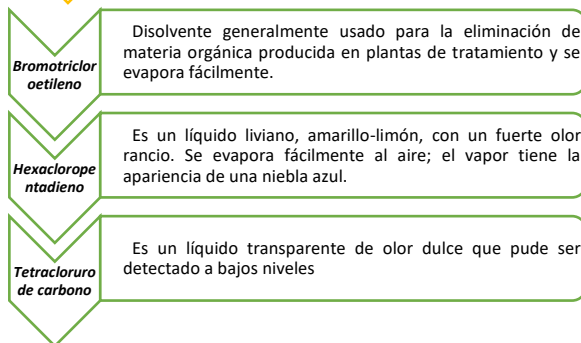


Esquema 8

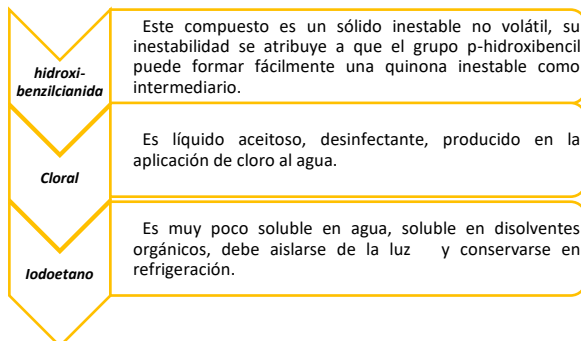
IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS



Esquema 9

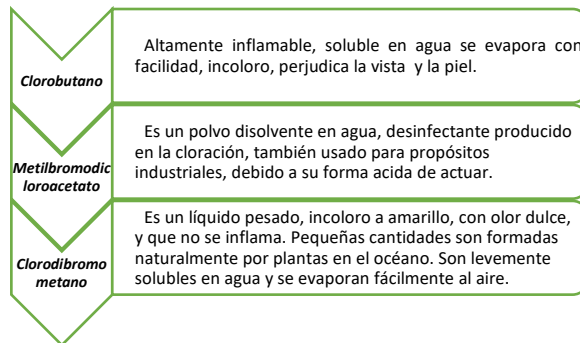


Esquema 10

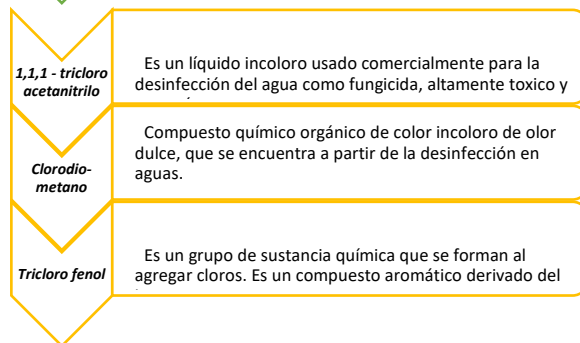


Esquema 11

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS



Esquema 12



Esquema 13

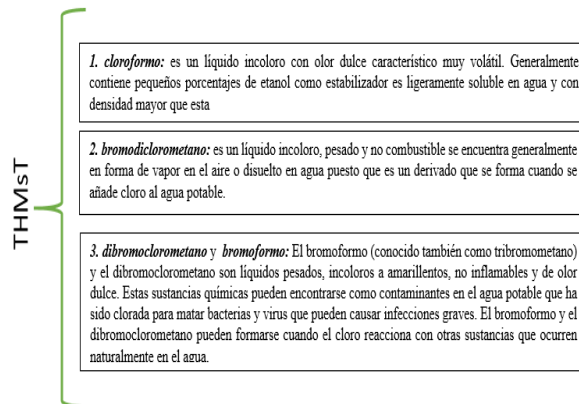
Subproductos mayoritarios de la cloración:

- **Trihalometanos (THMs)**

Un THMs es un subproducto que se forma a partir del cloro residual y la materia orgánica, se ha evidenciado en investigaciones que pueden ser altamente perjudiciales para la salud, puesto que esta agua es consumida por el ser humano sin conocer que esta puede ser cancerígena.

Los THMs son conformados por THMsT (trihalometanos totales), los cuales son el cloroformo, el bromodiclorometano, el dibromo-clorometano y el bromoformo como se muestra más específicamente en el esquema 3.

Esquema 2, Descripción de los trihalometanos totales



Fuente: propia

La OMS es la principal organización en mejorar la calidad de vida en los habitantes del mundo, es por ello que indica parámetros aceptables en las formas de desinfectar el agua para el consumo, los cuales el

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS

ministerio de protección social las clasifica a nivel toxicológico para mejorar dichas fuentes hídricas. (OMS, 2016, p.2)

El artículo 115 de la resolución de 1096 de 2000 afirma que “Es obligatorio, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento que se le aplique para su potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse, está la cloración, ozonización y desinfección con dióxido de cloro. (Resolución 2115,2007, p.6)

TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE

La desinfección del agua potable se genera por medio de una PTAP (planta de tratamiento de agua potable), en donde el agua es llevada desde su cauce por medio de tuberías hasta la planta de tratamiento, con el fin de purificarla de bacterias y suciedad que pueden ser nocivas para la salud humana.

los pasos principales para llegar a la purificación del agua potable, se lleva a cabo mediante la extracción del agua cruda (captación) bombeada hasta la PTAP, donde pasa por un proceso de coagulación (cámara de mezcla) el cual consiste en adicionar un coagulante que será mezclado por medio de una turbina, realizando un giro más rápido en el tanque ; luego, este se dirige a la fase de floculación el cual es un proceso similar a la coagulación, solo que este tiene un espacio más abierto donde al adicionar el floculante este es mezclado por medio de dos turbinas en forma más lenta , con la intención de pasar a la sedimentación, donde las partículas de agua previamente coaguladas y floculadas son separadas de los lodos que quedan en la parte inferior del tanque, dejando el agua más pura en la parte superior; llegando a la filtración(batería de filtros) , la cual separa las arenas y antracitas del agua; finalizando con el proceso de desinfección (depósito de agua filtrada) que consiste en la eliminación de microorganismos, olores, turbiedad, PH, filtrado de materia orgánica, entre otros.(Restrepo, 2009, p.3)

En la imagen 1 se puede observar una breve descripción del proceso ya mencionado anteriormente.

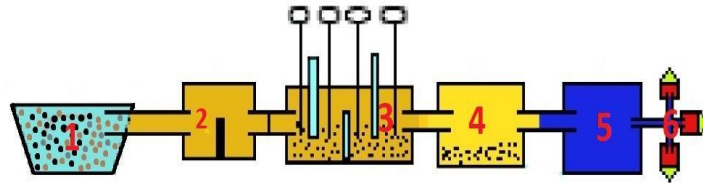


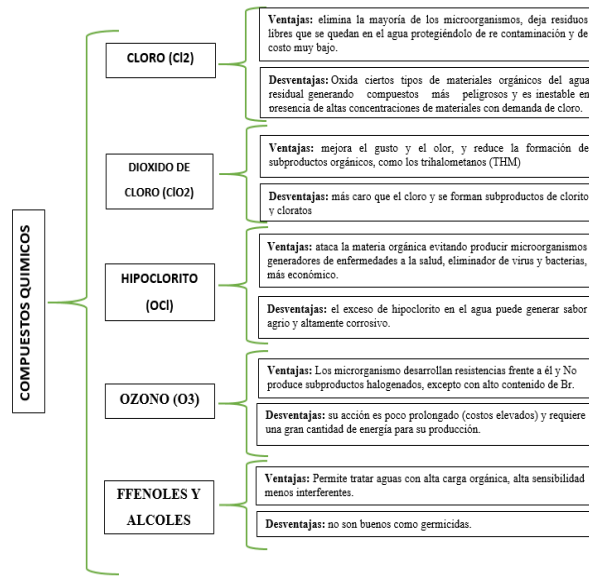
Imagen 1 fuente propia

1. Fuente de agua cruda
2. Coagulación
3. Floculación
4. Filtración
5. Desinfección
6. Red hídrica de distribución

El tratamiento mencionado incluye procesos de desinfección con el fin de realizar un control de microorganismos, materia orgánica e inorgánica, entre otros. Algunas generalidades sobre las formas de cloro utilizados en estos procesos se muestran en el esquema 3.

Esquema 3, se presentan algunos derivados químicos del cloro para la desinfección del agua

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS



Fuente: propia

RIESGO ASOCIADO A LOS SUBPRODUCTOS MAYORITARIOS DE LA CLORACIÓN

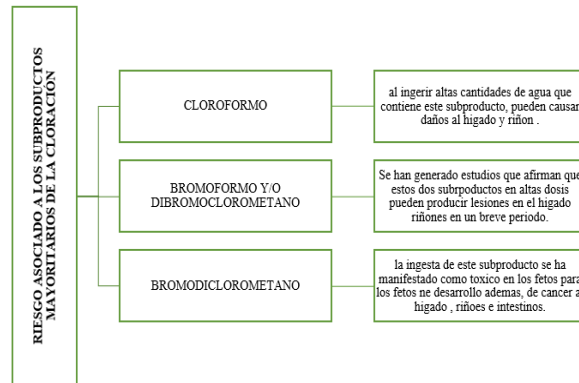
Los THMs pueden encontrarse por medio del agua potable el cual es accesible a cada usuario por medio del grifo, facilitando la introducción de estos al cuerpo humano, generando toxicidad en niños recién nacidos o agentes cancerígenos perjudiciales.

La OMS (2008) afirma que “Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos)” (p.105)

Los agentes patógenos implicados en la transmisión hídrica de enfermedades son las *bacterias* (*Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*), *virus* (*Enterovirus*, *rotavirus*, *adenovirus*), *protozoos* (*Guardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, *Entamoeba histolytica*) y *helmintos* (*Ascaris lumbricoides*), estos microorganismos generan enfermedades las cuales pueden ser leves o graves, muchas de estas atacan la parte abdominal del consumidor, (FAO-OMS, 2003), es por esto que la desinfección es muy importante para prevenir estas afectaciones, ya que estos contaminantes microbiológicos son los causantes principales de muchas muertes en el mundo.

Esquema 4, enfermedades producidas por los subproductos de la cloración.

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS



Fuente: agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece unos valores guía recomendados (VG) como concentraciones máximas individuales de cada uno de los THM en el agua de consumo humano. Cloroformo: 300 µg (microgramos)/l, Bromodiclolorometano (BDCM): 60 µg/l, Dibromoclorometano (DBCM): 100 µg/l Bromoformo: 100 µg/l. (agencia de salud pública de Barcelona, 2010, pg. 2)

En la tabla 2, se recogen varios tipos de subproductos, clasificación, según la EPA y los efectos perjudiciales para la salud:

INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA DE LOS SPD			
Clase de subproducto	Compuesto	Clasificación EPA	Efectos nocivos
Trihalometanos (THM)	Cloroformo	B2	Cáncer, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Dibromoclorometano	C	Sistema nervioso, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Bromodiclolorometano	B2	Cáncer, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Bromoformo	B2	Cáncer, sistema nervioso, hígado, efectos sobre el riñón

Tabla 2. Fuente: EPA, efectos nocivos de los subproductos

Fórmulas para el cálculo de los niveles de toxicidad para el agua de consumo:

El cálculo de los niveles toxicológicos del agua por la alta exposición de THMs, se tienen en consideración las recomendaciones por la IRIS (integrated Risk information System).

- Se plantean los índices de toxicidad y factores de pendiente para los THMs

$$DDPV = \frac{(concentracion\ del\ toxico) * (tasa\ de\ contacto) * (biodisponibilidad) * (duracion\ de\ exposicion)}{(masa\ corporal) * (periodo\ de\ vida)}$$

DDPV= Dosis diaria promedio vital

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS

- Cálculo del coeficiente de peligro (CP)

$$CP = \frac{DDPV}{DdRco}$$

DdRco= Es el índice de toxicidad más utilizado para la evaluación de riesgos por exposición.

- Cálculo de riesgo del cáncer

$$Crc = DDPV * SF$$

SF= factor de pendiente para exposición oral disuelto en agua

CONSIDERACIONES FINALES

Se ha sabido que en su mayoría el agua es la fuente vital para la vida, sin esta fuente hídrica el ser humano no podría sobrevivir; por ello, es importante que las fuentes de abastecimiento sean óptimas para el consumo, dicho esto; se han realizado estudios e investigaciones que lleven a mejorar los métodos de desinfección, tanto en Colombia como en otros países para reducir los altos índices de mortalidad por cáncer e infecciones digestivas.

Siendo el cloro el desinfectante con más bajo costo en el mercado, ha demostrado ser uno de los más efectivos en comparación con otros métodos de desinfección, ya que este reduce en su mayoría la aparición de bacterias, microorganismos y patógenos que pueden generar enfermedades intestinales al no ser tratadas, por ello; se realizan estudios de tipo epidemiológicos para mitigar este tipo de enfermedades.

Tomando en cuenta la clasificación que la EPA realiza sobre los efectos nocivos sobre la salud de los subproductos mayoritarios como son los THMs se evidencia que se encuentran en grupos de B2 y C, los cuales son de tipo probablemente potable.

En algunas ciudades de Colombia y el mundo se han incursionado otros métodos de desinfección como son el ozono, el dióxido de cloro y la mono-clora-mina; llegando a la conclusión que al no dejar un residuo libre en el agua, esta queda expuesta a contaminantes generando enfermedades. Por ende; la OMS estipula unas concentraciones entre el 0.2 y 0.5 mg/l; de modo que se busca perfeccionar los métodos de desinfección que pueden evitar la formación de algunos subproductos generados por la cloración.

Por ello la importancia de su análisis debe ser de alta prioridad, ya que los subproductos al ser altamente nocivos para la salud, deben estudiarse cuidadosamente para llegar a mitigar los niveles de THMs en el agua, por ende Colombia es uno de los países con mayor riesgo toxicológico por la falta de presupuesto para investigaciones y mejoramiento de la calidad de agua que estipula la OMS.

REFERENCIAS

1. Agencia de salud pública de Barcelona. (2010). *Los trihalometanos (THM) en el agua de consumo Documento informativo. 2020*, de Consorci de Sanitari de Barcelona. <https://bit.ly/32f6Adx>
2. Archivo de Bogotá. (2006). *Conozca la historia del agua de Bogotá. 2020*, de Secretaria general de la alcaldía de Bogotá: <https://bit.ly/33hz4T9>
3. ATSDR. (1999). *HEXACLOROCICLOPENTADIENO*2020. <https://bit.ly/35nnyYk>
4. ATSDR. (2016). ToxFAQs™ - *Bromoformo y dibromoclorometano* (Bromoformo and Dibromoclorometano). 2020. <https://bit.ly/2FptF4g>
5. ATSDR. (2016). Resúmenes de Salud Pública: *Clorofenoles* (Chlorophenols). 2020. <https://bit.ly/2DNS8Qc>
6. ATSDR. (2016). Resúmenes de Salud Pública - *1,2-Dicloroetano*. 2020, <https://bit.ly/3hgeLKK>
7. ATSDR. (Febrero 2016). Bromopropano. <https://bit.ly/3ihcmkn>
8. CANCAER QUEST. (2016). *Dicloroacetato* (DCA). 2020, <https://bit.ly/2RhD549>
9. Cruz, M. et al. (2012). Análisis de la directiva europea 98/83/CE: paradigma de la justificación y establecimiento de los valores paramétricos. El caso concreto de los plaguicidas. *Revista Española de Salud Pública*, 86(1). <https://bit.ly/2Flqri8>
10. Centro de Información Química para Emergencias. EcuRed (2001). Tetracloruro de carbono. <https://bit.ly/3iaNLO1>
11. Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería industrial*, 29, 153-170. <https://bit.ly/2ZmF1Nr>
12. Dinulos JGH. (2018). Escabiosis. 2020, de *Manual MSD*. <https://msdmnls.co/3hhVNmZ>
13. Departamento de salud y servicios. (Junio 1998). 16/06/2020. Cloroacetónitrilo, <https://bit.ly/2Zo3m5m>
14. Departamento de salud y servicios. (Junio 1998). *DICLOROFENOL*.2020 <https://bit.ly/2ZnKZxH>
15. EPA (2006). Dibromocloropropano (DBCP).16/06/2020. <https://bit.ly/3hjKoD8>
16. EPM. (2006). Historia aguas EPM. 2020, de Empresa públicas de Medellín <https://bit.ly/35le3JV>
17. Klages, F. (2005). *Tratado de química orgánica*. Reverte. <https://bit.ly/3k3lqtz>
18. Rodríguez, F. J. (2003). *Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización*. Díaz de Santos. <https://bit.ly/3ieDtwS>
19. Resolución 2115/07, 22 Junio, 2007. Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (Colombia). Obtenido <https://bit.ly/2ZICjaS>
20. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo - INSST (2018). Clorobutano. <https://bit.ly/2ZoW4OW>
21. Kogevinas, M., & Grimalt, J. O. (2001). Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga. *Gaceta Sanitaria*, 15(1), 48-53.

IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS POR CLORACIÓN Y SUBPRODUCTOS

22. OLMEDO SÁNCHEZ. (2008). *Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud*. 24/05/2020 <https://bit.ly/3ieDKiY>
23. Nunja García, J. V. et al. (s.f.). *Subproductos de la desinfección en el agua potable y sus riesgos en la salud humana*.
24. OMS. (2019). *Oncocercosis*. 2020. <https://bit.ly/32diVP5>
25. Organización Mundial de la Salud - OMS (2009). *Medición del cloro residual en el agua. Cloro residual*, Guía técnica No. 11. <https://bit.ly/32eKK9X>
26. RESTEK. (2019). *Ficha de datos de seguridad, de Elaborado de conformidad con el Reglamento (UE) 2015/830* <https://bit.ly/3iezwrq>
27. Serveis de Vigilància Ambiental. (2009). Los trihalometanos (THM) en el agua de consumo <https://bit.ly/32f6Adx>
28. Silva, B. H. & Bezerra, M. (2015). Trihalomethanes in fresh water and cancer hazard: simulation using interaction potential and bäcklund transformations. *Química Nova*, 38(3). <https://bit.ly/3hfrD3U>
29. Unidad de Informática del Instituto de Química - UNIQUM. (2016). Yodometano. <https://bit.ly/33kMhuy>
30. UNIQUM. (2016). *Yodometano*. de unidad de informática del instituto de química <https://bit.ly/33kMhuy>

