

Determinación de subproductos de la cloración en el agua potable

Borda Prada Olga Lucia, Guerrero Rodríguez Ariel^{1,2}

^{1,2}Universidad La Gran Colombia, Bogotá D-C - Colombia. olga.borda@ugc.edu.co, ariel.guerrero@ugc.edu.co

Resumen– Se presentan a continuación los resultados de una investigación relacionada con la gestión del recurso hídrico. En este sentido, se realiza la evaluación de la calidad de los procesos de desinfección, asociados al uso del cloro en muestras de agua potable provenientes de la red de distribución de una planta regional ubicada en el municipio de Zipaquirá, Departamento de Cundinamarca, Colombia.

El control de agentes patógenos de origen microbiano en el agua puede realizarse mediante el uso de tecnologías como el ozono, la radiación ultravioleta y los derivados del cloro, principalmente, sin embargo, estos últimos, según ciertas investigaciones representan mayor poder oxidante y desinfectante por lo que se constituyen en los de mayor uso en plantas de tratamiento.

Las técnicas de cloración en general favorecen la formación de ciertas concentraciones de cloro residual libre, con el fin de prolongar la capacidad de protección. Este cloro presenta alta reactividad con la materia orgánica que se encuentra de manera natural en el agua y como consecuencia pueden formarse alrededor de 36 subproductos “indeseados” en el agua, de este grupo de subproductos los trihalometanos (THMs) han mostrado mayor representatividad en algunos estudios.

En este contexto, se realizó un seguimiento por un periodo de 8 meses a tres sectores de la red de distribución mencionada, con lo cual se evaluaron los niveles de THMs y su correlación con las variables pH, temperatura, Cloro residual y carbono total (COT).

Keywords-- List at most 5 key index terms here.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos ecosistémicos fundamentales para la vida, en este sentido, su gestión determina la sostenibilidad y el aprovechamiento eficiente. Así, los marcos normativos locales y nacionales deben contemplar los lineamientos suficientes para garantizar la inocuidad del agua potable y por tanto la sostenibilidad de las comunidades.

La desinfección del agua potable para el control del riesgo microbiano se basa en el uso del ozono, cloro, radiación ultravioleta, entre otros. Sin embargo, las técnicas de cloración representan mayor poder desinfectante y oxidante sobre este precioso líquido [1], por lo que se constituyen en las de mayor aplicación.

Desde la década de los 70 se inicia con ciertas investigaciones sobre la reactividad del cloro residual y la carga orgánica, así

como, con la determinación de trazas de cloroformo, entre otros THMs [2]. Asimismo, ciertos estudios afirman que los THMs llevan favorecen la producción de cáncer de colon, vejiga y recto [3]. Así, Otros estudios muestran la importancia de avanzar en técnicas de caracterización de estos compuestos, debido a la creciente preocupación del riesgo toxicológico que pueden generar [4].

En el contexto internacional, la Organización Mundial de la Salud, establece unos valores recomendados de THMs en el agua de consumo, A continuación, se explicitan en la tabla 1.

SUBPRODUCTO	VALORES DE REFERENCIA ppm (mg/L)
Cloroformo	0,3
Bromoformo	0,1
Dibromoclorometano	0,1
Bromodichlorometano	0,06

Tabla 1. Niveles permisibles de THMs en el agua potable. [5].

Por otro lado, la normativa Colombiana establece 0,2 ppm de THMs, valor total [6].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación de desarrolla en ciertas etapas, inicialmente se identifican los puntos de muestreo en la red de abastecimiento regional (ver figura 1), esto, con el fin de asegurar los niveles de contacto adecuados de cloro residual, seguidamente y con base en la normativa vigente [7] se implementa un plan operativo de muestreo para la determinación de parámetros in situ y en laboratorio especializado, finalmente, se adecua una técnica analítica para la evaluación de THMs por espectrofotometría Uv-VIS y apoyados en un software de correlación de datos se identifica el riesgo asociado a los niveles de estos subproductos. A continuación, se describen las etapas mencionadas.



Figura 1. Localización general del área. Google earth

Procedimientos de muestreo para la toma de parámetros de calidad

Los muestreos se realizan por un periodo de 8 meses con una frecuencia de dos veces por mes, con el fin de determinar los niveles de THMs Vs el contenido de cloro residual, carbono total, pH y temperatura, esto, con el fin de establecer la variabilidad del contenido de estos subproductos.

- *Muestreo para el análisis de parámetros In Situ*

La toma de muestras se realiza en recipientes con tapa rosca en vidrio de borosilicato, en la figura 2 se muestran aspectos generales sobre el muestreo In Situ.



Figura 2. Muestreo para la determinación de parámetros In Situ

- *Muestreo para el análisis de parámetros en laboratorio especializado*

La determinación del contenido de carbono total y THMs se realiza en un laboratorio especializado, en la tabla 2 se muestran las condiciones generales.

PARÁMETRO	RECIPIENTE	VOLUMEN DE MUESTRA (mL)	TRANSPORTE (°C)	PRESERVACIÓN	VENCIMIENTO (días)
TRIHALOMETANOS (THMs)	Vidrio con tapa rosca revestida con papel aluminio	1000	4 y 6	Sulfito de sodio 0,5-1g	15
CARBONO ORGANICO TOTAL				ácido sulfúrico 1mL/100mL de muestra - PH 2	7

Tabla 2. Condiciones de muestreo. [7]

El transporte de muestras se realizó en nevera portátil, realizando seguimiento a un rango de temperatura entre 2-4°C. Ver figura 3.

Adecuación de una técnica analítica para la determinación de THMs por espectrofotometría UV - VIS

Según ciertos referentes [8], se realizó la adecuación de un método espectrofotométrico basado en la reacción de Fujiwara para la determinación de THMs en las muestras. Así, se generó una reacción entre los THMs y la piridina en medio alcalino, bajo ciertas condiciones, con lo cual se forma compuesto intermediario de color rosa, cuya estabilidad puede ser controlada determinado pH y temperatura y cuantificado por medida espectrofotométrica a 530nm. Se usó un espectrofotómetro Shimadzu 1800. En la figura 4 se ilustra el proceso.



Figura 3. Transporte de muestras

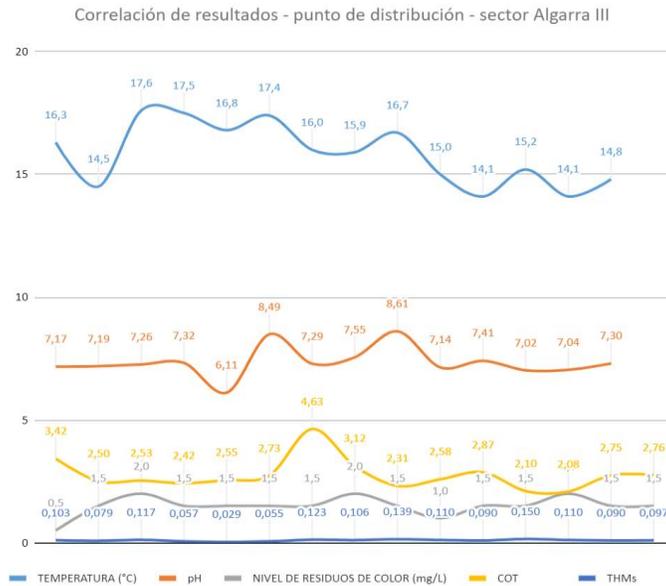


Figura 4. Técnica para la determinación de THMs.

III. RESULTADOS

Se realizó la determinación de los THMs en distintas temporadas del año en tres puntos de muestreo al interior de

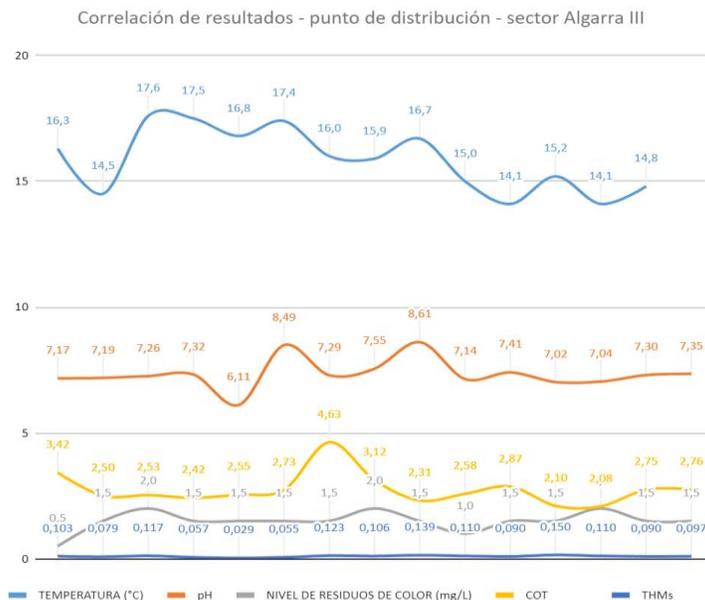
la red de distribución. En la Gráfica 1 se presenta la correlación de resultados en el sector 1, ubicado a 5,4Km de la planta de tratamiento de agua regional.



Gráfica 1. Resultados - Sector 1

La concentración promedio de THMs fue de 0,108 ppm, inicialmente, no representa un riesgo para el agua de consumo, teniendo en cuenta que la resolución 2115 (norma colombiana) establece un valor máximo de 0,2 ppm, sin embargo, puede observarse que estos niveles presentan cierto comportamiento proporcional con respecto a los niveles de pH y cloro residual. En general, el promedio de cloro residual promedio fue de 1,9 ppm el cual se encuentra dentro del rango establecido por esta misma normativa (0,3 - 2 ppm). En cuanto al carbono orgánico total, se estableció un valor promedio de 2,97 ppm, aunque no excede lo estipulado como valor máximo aceptado (5,0 ppm) en algunas réplicas influyó en el aumento de los niveles de THMs.

En la gráfica 2, se representan los resultados obtenidos en los 7 meses de muestreo en el punto de la red de distribución, ubicado en el sector Algarra III. El valor máximo establecido de THMs fue de 0,150 ppm y promedio total de 0,097 ppm, estos niveles presentaron un aumento con respecto al aumento de pH principalmente. El valor promedio de este último correspondió a 7,35, el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos para resolución 2115 (6,5 - 9). Puede observarse que los valores carbono orgánico total (COT) no excedan los valores permisibles, pero del mismo modo, que el sector 2 influyen de manera positiva sobre el contenido de THMs



Gráfica 2. Resultados - Sector 3

El sector 3, ubicado a 10,4Km de la planta de tratamiento, mostró un valor de THMs total de 0,103, lo cual permite concluir que la población no está expuesta de manera significativa a la toxicidad de estos subproductos. Asimismo, los valores pH, cloro residual y COT se encuentran dentro de los límites permitidos. Se observa una variabilidad positiva de THMs con respecto al pH y al nivel de cloro residual.

IV CONCLUSIONES

Los niveles de THMs resultan ser mayores en el sector 1 (más cerca de la planta de tratamiento), los cuales fueron calculados en un valor de 0,108 ppm. El nivel de cloro residual también resulta ser mayor, con respecto a las otras zonas de muestreo. Se observa una variabilidad proporcional de THMs con respecto al pH y cloro residual.

Los sectores 2 y 3 mostraron mayores niveles de COT, (2,87 y 2,97 respectivamente), los cuales en algunas réplicas influyeron sobre un aumento en los niveles de THMs.

El punto de muestreo ubicado en el sector 3, el cual es el más lejano a la planta de tratamiento (10,4 Km), mostró un nivel de cloro residual de 1,7 ppm, lo cual indica adecuada protección residual sobre el agua potable, sin exceder los límites permitidos por la resolución 2115.

El índice de correlación más significativo se obtuvo con los niveles de THMs Vs Temperatura, seguido de THMs Vs COT, asimismo, se determinó una baja correlación con respecto al cloro residual.

En general, para cada réplica y valor promedio, para cada uno de los puntos de distribución muestreados, los niveles de THMs, COT, pH y cloro residual, se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa Colombiana resolución 2115 (2007).

Teniendo en cuenta las investigaciones sobre los riesgos asociados a los niveles de THMs por su posible efecto cancerígeno sobre la población, su análisis debe constituirse en una práctica más frecuente en los sistemas de abastecimiento, con el fin de realizar ajustes y seguimiento a los procesos de desinfección basados en el uso del cloro.

V. REFERENCIAS

- [1] Chulluncuy-Camacho, N. C., (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería industrial, (029), 153-170. Sitio web: http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232/208
- [2] Olmedo Sánchez, M., (2008). Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud. 24/05/2020, de NA Sitio web: [http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018bc59c356_Fig.Sanid.Ambient.8.335-342\(2008\).pdf](http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018bc59c356_Fig.Sanid.Ambient.8.335-342(2008).pdf)
- [3] Arbuckle TE, Hrudey SE, Krasner SW, Nuckols JR, Richardson SD, Singer P, Mendola P, Dodds L, Weisel C, Ashley DL, Froese KL, Pegram RA, Schultz IR, Reif J, Bachand AM, Benoit FM, Lynberg M, Poole C, Waller K. (2002) Assessing exposure in epidemiologic studies to disinfection by-products in drinking water: report from an international workshop. Environ Health Perspect. 2002 ;110 :53-60.
- [4] Govorova, Z., Gorenko, G., Rudich, U., & Govorov, V. (2018). Evaluation of barrier functions of traditional water

- supply facilities in relation to toxic trihalomethanes. MATEC Web of Conferences, 251, 03032, 2018 (Consulta, 15 de mayo de 2020), Disponible en: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825103032>
- [5] Organización Mundial de la Salud. (2012). Organización Mundial para la Salud.
- [6] Resolución 2115 (2007). Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano en Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/3VwmM2L>
- [7] Decreto 1575 (2011). Instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para el análisis de laboratorio. Recuperado de: <https://bit.ly/3gzEW4Y>
- [8] Huang, Jerry YC, and Gary C. Smith. "Spectrophotometric determination of total trihalomethanes in finished waters." Journal-American Water Works Association 76.4 (1984): 168-171.