



**Métodos más usados en la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos: una
revisión del estado del arte.**

Angella Melissa Luna Perez

Proyecto de práctica para optar al título de Ingeniera Sanitaria

Asesor interno

Valentina Ossa Zuluaga

Ingeniera Ambiental

Asesor externo

Gustavo Antonio Peñuela Mesa

Coordinador Grupo GDCON

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería, escuela Ambiental

Ingeniería Sanitaria

Medellín

2024

Cita

(Luna Perez, 2024)

Referencia

(Luna Perez, 2024). *Métodos más usados en la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos: Una revisión del estado del arte* [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
1 Planteamiento del problema	9
1.1 Antecedentes	9
2 Justificación.....	11
3 Objetivos	12
3.1 Objetivo general	12
3.2 Objetivos específicos.....	12
4 Marco teórico	13
5 Metodología	16
6 Resultados	18
7 Discusión.....	21
8 Conclusiones	22
Referencias	23

Lista de figuras

Figura 1. Resultados por año de Scopus	17
---	----

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CFS	Coagulación-floculación-sedimentación
ETAP	Estaciones de tratamiento de agua potable-Plantas de tratamiento de agua potable
GAC	Carbón activado granular
MF	Microfiltración
MP	Microplásticos
NF	Nanofiltración
PA	Poliamida
PE	Polietileno
PET	Tereftalato de polietileno
PP	Polipropileno
PVC	Cloruro de polivinilo
RO	Osmosis inversa
SFC	Filtración rápida de arena
UF	Ultrafiltración
UV	Ultravioleta

Resumen

Este trabajo de revisión bibliográfica exploró los métodos más comúnmente empleados en la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos, proporcionando un análisis exhaustivo del estado actual del conocimiento en este campo. Los métodos que se evaluaron incluyen coagulación, floculación y sedimentación, filtración de medios, desinfección y filtración por membrana. A través de la revisión de diversas fuentes bibliográficas, el estudio ofrece una visión de la eficacia de cada uno de estos métodos, destacando sus ventajas y limitaciones en el contexto específico de la eliminación de microplásticos en sistemas de suministro de agua. Este análisis contribuye a comprender mejor las opciones disponibles para combatir la contaminación por microplásticos en los sistemas de acueductos.

Palabras clave: Microplásticos, MP, contaminación plástica, métodos, agua.

Abstract

This literature review explored the most commonly used methods in the removal of microplastics in aqueduct systems, providing a comprehensive analysis of the current state of knowledge in this field. Methods that were evaluated include coagulation, flocculation and sedimentation, media filtration, disinfection, and membrane filtration. Through the review of various bibliographic sources, the study offers a vision of the effectiveness of each of these methods, highlighting their advantages and limitations in the specific context of the removal of microplastics in water supply systems. This analysis contributes to a better understanding of the options available to combat microplastic pollution in aqueduct systems.

Keywords: Microplastics, MP, plastic pollution, methods, water.

Introducción

En los últimos años, la producción de productos plásticos ha aumentado significativamente y la producción anual de productos plásticos ha superado los 368 millones de toneladas. Aunque estos productos plásticos facilitan enormemente la vida humana, también causan daños irreversibles al medio ambiente ecológico (Zhong et al., 2024). Los plásticos se utilizan en todo el mundo. Al no ser biodegradables, están muy extendidos y pueden estar presentes en el medio ambiente durante un período prolongado, provocando problemas de contaminación. Se sabe que contaminan el océano, la tierra y el aire. También se pueden encontrar en el agua potable y en diversas fuentes de alimentos (Han et al., 2024).

Los microplásticos (<5 mm) se originan de diversas fuentes, se generan a través de la fragmentación de desechos plásticos más grandes debido a la erosión y la degradación (conocidos como microplásticos primarios) o están presentes como microperlas (denominados microplásticos secundarios) (Yan et al., 2024). Los microplásticos (MP) se incluyen en el grupo de contaminantes, ya que su existencia y efectos han sido ignorados hasta los últimos años y actualmente generan una gran preocupación (Sol et al., 2023). Los microplásticos pueden ingresar a los sistemas de agua dulce a través de diversas vías, como la escorrentía terrestre, la descarga de aguas residuales o la deposición atmosférica. Se han descubierto microplásticos en aguas subterráneas y fuentes de agua potable en todo el mundo. Los microplásticos en el agua dulce y potable se han convertido en una preocupación creciente en los últimos años debido a sus posibles impactos en la salud humana y ambiental (Chowdhury et al., 2023).

Se han revisado las tecnologías más comunes para la eliminación de partículas y/o materia orgánica e incluyen coagulación-floculación y sedimentación, filtración por membrana (ultrafiltración, microfiltración y ósmosis inversa) y filtración de medios (arena y carbón activado granular). Estos estudios demuestran que las ETAP convencionales y avanzadas pueden eliminar la mayoría de los microplásticos del agua, pero todavía se necesitan más estudios para mejorar aún más la eficiencia de los procesos actuales de tratamiento de agua potable o desarrollar tecnologías nuevas y mejoradas (Silva et al., 2023).

El principal objetivo de este informe de investigación es realizar una investigación documental sobre los métodos más usados en la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos.

1 Planteamiento del problema

El agua potable está estrechamente relacionada con la salud humana, por lo que se sospecha que los microplásticos del agua potable representan un riesgo potencial para los humanos. A pesar de la información limitada sobre el riesgo de los microplásticos para la salud humana, deben considerarse contaminantes emergentes en el agua potable, al menos en algunos aspectos. No se han realizado restricciones estándar legislativas gubernamentales sobre la presencia de microplásticos ni técnicas directas de eliminación de microplásticos en el agua potable. Recientemente, se han probado varias técnicas y métodos, como la coagulación y la separación por membranas, para eliminar los microplásticos del agua potable. Sin embargo, debido a las limitaciones de las tecnologías, aún existen grandes desafíos en este aspecto (Shen et al., 2020). Los MP que no se pueden eliminar del agua potable pueden causar problemas de salud a los humanos. Teniendo en cuenta las consecuencias de los MP en el agua y los riesgos asociados a la salud humana, la eliminación de los MP en el agua potable se vuelve indispensable (Chabi et al., 2024). En consecuencia, es importante realizar una revisión del estado del arte en cuanto a los métodos más usados en la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos y comparar su efectividad.

1.1 Antecedentes

Desde la década de 1970, se han detectado microplásticos (MP) en diversos compartimentos medioambientales, desde el Ártico hasta la Antártida: mar y agua dulce, sedimentos y suelo, así como el aire; se descubrió que estaban presentes en todas partes. Definido por primera vez en 2008 como "partículas de plástico de menos de 5 mm", todavía no existe una definición única o legal para el término microplásticos (Oßmann, 2021). En los últimos años los MP en aguas dulces han recibido una atención cada vez mayor, en parte porque las aguas dulces pueden transportar MP al medio marino y porque los MP pueden afectar sus ecosistemas. A este respecto, los lagos interiores tienen una importancia considerable, ya que proporcionan hábitats para especies locales y a menudo actúan como depósitos de agua potable (Molazadeh et al., 2023). Los microplásticos (MP) se incluyen en el grupo de contaminantes emergentes, ya que su existencia y efectos han sido ignorados hasta los últimos años y actualmente generan una gran preocupación

(Sol et al., 2023). El primer informe de los medios de comunicación sobre los parlamentarios en agua potable en 2017 despertó un importante interés científico y preocupación sobre la contaminación mundial del agua del grifo por parte de los parlamentarios (Haleem et al., 2024). La presencia de microplásticos en agua potable es un problema que ha ido tomando importancia en la actualidad. En países europeos como República Checa se ha cuantificado y comparado las micropartículas de plástico presentes en agua cruda y tratada procedente de diversas fuentes (Fuentes & Torres, 2019). Aunque cada vez hay más estudios que se centran en los microplásticos en el agua potable, falta una conexión correspondiente entre ellos. Comprender el origen de los microplásticos, los mecanismos de eliminación de los microplásticos y los riesgos potenciales de los microplásticos en el agua potable para la salud humana puede ayudar a desarrollar nuevas estrategias para monitorear y mitigar la persistencia de los microplásticos en los sistemas de agua potable (Shen et al., 2020).

2 justificación

La contaminación por MP se ha convertido en un problema ambiental urgente y global porque los MP impactan negativamente en los sistemas ecológicos y perjudican la salud humana (J. Sun, Sui, et al., 2024). Los microplásticos (MP) están ampliamente distribuidos y tienen riesgos potenciales para la salud. Como el agua potable es la ruta más directa de exposición humana a los MP, existe una necesidad urgente de dilucidar la fuente y el destino de los MP en los sistemas de distribución de agua potable. Específicamente, los procesos convencionales de tratamiento de agua potable son insuficientes para eliminar los MP del afluente (Yang et al., 2024). Dado que las plantas de tratamiento de agua potable (ETAP) se consideran una fuente confiable de suministro de agua para las personas, es imperativo examinar si el agua tratada está contaminada con MP. Estudios recientes han detectado MP en las ETAP y en el agua del grifo, lo que genera preocupación sobre la eficacia de las ETAP para eliminar MP en un grado deseable. Por lo tanto, es necesario investigar la reducción de MP en las ETAP (Tabatabaei et al., 2023).

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Identificar los métodos más usados en la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos a través de una revisión bibliográfica.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión de la literatura científica y técnica relacionada con los métodos utilizados para la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos.
- Determinar los métodos más comunes utilizados en la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos por medio de una revisión bibliográfica.
- Comparar la efectividad de los métodos más utilizados para la eliminación de microplásticos.

4 Marco teórico

El estado del arte es una investigación con desarrollo propio que se inscribe en el campo de la investigación documental. Sin embargo, considera que su finalidad esencial es “dar cuenta de construcciones de sentido sobre datos que apoyan un diagnóstico y un pronóstico en relación con el material documental sometido a análisis”. Es decir, busca ir más allá de los parámetros de lo conocido de manera que se pueda construir un orden coherente que explique y totalice los significados sobre un fenómeno en particular (Estado et al., 2015).

El proceso para llevar a cabo un Estado del Arte desde la heurística y la hermenéutica implica seguir una serie de pasos, a saber:

La Heurística que es la búsqueda y compilación de las fuentes de información, las cuales pueden ser de diversas características y naturaleza, como, por ejemplo, bibliografías, anuarios, monografías, artículos, trabajos especiales, documentos oficiales o privados, testamentos, actas, cartas, diarios, trabajos de investigación, tesis, monografías, filmaciones, audiovisuales, grabaciones, multimedios. Es en esta fase cuando se leen las fuentes encontradas, se seleccionan los puntos fundamentales y se indican el o los instrumentos diseñados por el investigador para sistematizar la información. A través de la recopilación de la información es posible contextualizar las temáticas, clasificar los tipos de texto, los autores, las metodologías, los marcos de referencia, los conceptos y las conclusiones, ya que permiten elaborar y organizar el material consultado, además de establecer convergencias y divergencias. La Hermenéutica que consiste en la lectura, análisis, interpretación, correlación y clasificación de la información, según el grado de interés y necesidad frente a la nueva investigación. Como en todo trabajo hermenéutico, es necesario realizar el ejercicio de pasar de la fragmentación realizada en las fichas, a la síntesis del texto y de la pluralidad del pensamiento, a la reflexión crítica. Igualmente, con base en la transcripción de la información, es necesario establecer la forma como se llevará a cabo su sistematización (Arte, n.d.). En este caso se va a tomar la Heurística como proceso para elaborar el estado del arte de esta revisión bibliográfica.

Los microplásticos (MP) normalmente se definen como plásticos pequeños con un diámetro inferior a 5 mm de longitud. Debido al uso extensivo y la mala gestión de los plásticos, su presencia en ambientes acuáticos es motivo de gran preocupación (J. Sun, Xiong, et al., 2024). Los principales componentes de estos microplásticos son poliamida (PA), tereftalato de polietileno

(PET), polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC) etc. Entre todos los tipos de microplásticos, la poliamida es uno de los materiales con mayores emisiones (Zhong et al., 2024). Estos se dividen principalmente en dos categorías según sus fuentes originales: microplásticos primarios, que son artículos fabricados para las aplicaciones de vectores de fármacos, productos de cuidado personal, abrasivos cosméticos y agentes de limpieza; y microplásticos secundarios, que se generan mediante fragmentación por erosión y abrasión. La presencia de microplásticos en ambientes acuáticos, atmosféricos y suelos, incluso en áreas remotas del planeta, ha sido bien documentado. Como clase de contaminantes emergentes y casi permanentes, los microplásticos pueden representar una de las mayores preocupaciones científicas (Y. Sun et al., 2023).

Hasta la fecha no existe algún método estandarizado para poder analizar los microplásticos presentes en el agua potable, pero se opta por hacer comparaciones entre las diferentes metodologías y técnicas que se han empleado debido a que el muestreo, algunos factores y el análisis son particulares de cada investigación ya que los datos influyen en la representatividad de los resultados. Estos análisis dependen del autor, de la literatura y sobre todo el enfoque de la muestra, hasta el momento solo existen estudios basados en el océano, los estudios en agua dulce, lagunas, ríos y agua potable son deficientes por lo tanto se carece de información detallada y los procedimientos que se pueden seguir. Los análisis de microplásticos en el agua potable son relativamente nuevos, actualmente se utilizan metodologías analíticas, de detección, técnicas de cuantificación e identificación se encuentran en una etapa de desarrollo (López et al., 2022).

Se han desarrollado varias tecnologías para eliminar MP del agua, incluida la filtración, flotación, absorción, ingestión de microbios y oxidación química. El método de filtración es efectivo para capturar MP grandes, pero pueden ser menos eficientes para partículas más pequeñas debido a las limitaciones del tamaño de los poros y la posible obstrucción. El enfoque de flotación, por otro lado, está limitado por la flotabilidad de los MP y es menos efectivo para partículas de alta densidad. El método de adsorción muestra una eficiencia de eliminación significativa de MP pequeños, pero la capacidad total de adsorción suele ser limitada y la reutilización de los adsorbentes es deficiente. Además, las tecnologías de adsorción y oxidación pueden implicar el uso de productos químicos peligrosos o generar contaminantes secundarios, lo que genera preocupaciones ambientales. La coagulación es un proceso de tratamiento de agua que emplea

coagulantes para agregar partículas suspendidas en flóculos más grandes, que luego pueden eliminarse mediante sedimentación o filtración. Se han utilizado coagulantes tradicionales, como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico y el cloruro de polialuminio (PAC), para eliminar MP mediante neutralización de carga y floculación de barrido. Si bien son efectivos, estos coagulantes pueden causar contaminación secundaria debido a iones metálicos residuales, que pueden tener efectos tóxicos en la vida acuática (Gao et al., 2023).

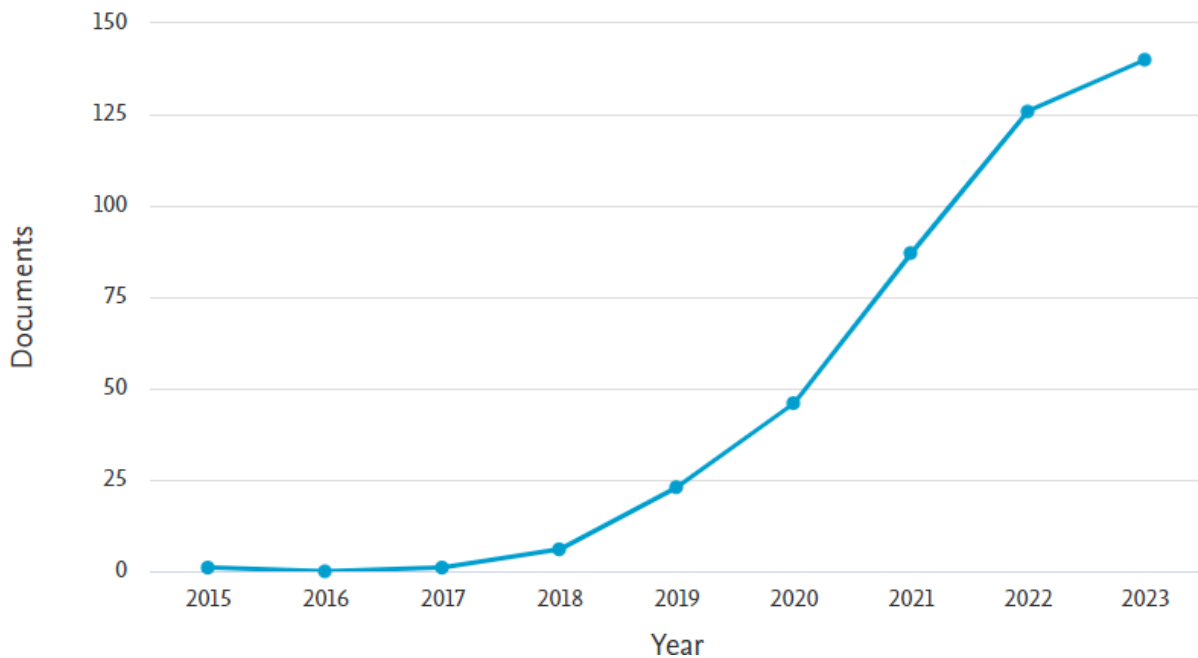
5**Metodología**

Se llevó a cabo un estado del arte desde la Heurística con los siguientes pasos:

5.1 Preparatoria o iniciación: Se seleccionó el tema que en este caso es “métodos más usados en la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos: una revisión del estado del arte”. Se identifica las áreas, temas teóricos, el lenguaje a usar en el tema seleccionado.

Mediante un análisis bibliométrico a través de palabras claves en la base de datos Scopus, también una búsqueda en springer, science direct, entre otras. En el proceso de revisión se tendrán en cuenta todas las implicaciones la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueducto, métodos más comunes. No se impondrán restricciones geográficas o de lenguaje, y se hará uso de traductores de texto para acceder a la información en idiomas diferentes al español. Las palabras claves que se utilizarán para la búsqueda de esta revisión bibliográfica serán “microplastic”, “methods”, “water” en la base de datos Scopus. No obstante, se llevó a cabo una revisión bibliográfica para presentarel informe final, donde se obtuvieron 430 resultados de la base de datos scopus, en la cual esta arrojaba resultados de diferentes revistas utilizadas como scielo, springer, science direct, entre otras.

En la **Figura 1** se muestran los resultados que se obtuvieron en Scopus por año.

Figura 1. Resultados por año de Scopus

Nota. Fuente: adaptado de Scopus, 2023.

5.2 Exploración: Se realizó una lectura analítica y comprensiva del problema en este caso la eliminación de los microplásticos en sistemas de acueductos, para precisar la necesidad de la información.

5.3 Descriptiva: Se establecieron los referentes, disciplinares y teóricos, en este caso se seleccionan los artículos que tengan relación con el tema (métodos más usados en la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos) se hicieron delimitaciones temporales, como son artículos de 10 años antes.

5.4 Formulación: Con la información encontrada se buscó la generación de ideas bases o indicadores que se requirieron para realizar la investigación del tema (métodos más usados en la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos).

5.5 Recolección: Se recopiló la información que se conciba pertinente del tema, se hizo el registro e identificación de las fuentes de información, así como el acopio de datos puntuales que se necesitaron para la elaboración del estado del arte.

5.6 Selección: Finalmente se determinó si algo faltaba o se dió por terminada la búsqueda.

6**Resultados**

Después de realizar la revisión bibliográfica se obtuvo que los métodos más usados para la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos se encuentran:

6.1 Coagulación, floculación y sedimentación

La coagulación-floculación-sedimentación (CFS) representa un proceso importante para la eliminación de partículas en el tratamiento convencional de agua potable. Estudios anteriores que han comparado las concentraciones de microplásticos afluentes y efluentes en procesos unitarios en plantas de estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) a gran escala sugieren que los CFS pueden eliminar hasta el 71 % de los MP que podrían cuantificarse fácilmente. Las discrepancias entre estos estudios con respecto al impacto de las características específicas de los microplásticos en la eliminación posterior pueden atribuirse a diferencias en las condiciones operativas a gran escala, la calidad del agua, el muestreo y los límites de detección de microplásticos. Como tal, se requieren estudios en laboratorio que empleen microplásticos representativos en condiciones controladas para cuantificar adecuadamente la eliminación durante el SFC (Awan et al., 2024).

Al investigar el comportamiento de microplásticos modelo (con materiales, tamaños, formas, concentraciones y propiedades superficiales controlados) en varias matrices de agua bajo condiciones controladas de tratamiento CFS, los investigadores pudieron explorar los impactos de una serie de factores en la eliminación de microplásticos, incluido el coagulante. tipo y dosis; tamaño, forma y propiedades superficiales de los microplásticos; y química del agua (Xue et al., 2021).

6.2 Filtración de medios

Los filtros rápidos y los filtros lentos de arena son dos tipos de filtros que se utilizan comúnmente en el tratamiento de agua como barrera para la eliminación de contaminantes. Se ha demostrado que los filtros rápidos integrados con carbón activado tienen una capacidad de adsorción mejorada; mejorando la eficiencia de eliminación junto con otras tecnologías, como la coagulación y la floculación (Chabi et al., 2024). la filtración con arena logra una eliminación del 78 %, principalmente para partículas $>500 \mu\text{m}$ independientemente de su morfología (fibra o fragmento). Concentraciones y eliminaciones de partículas (Cherniak et al., 2022). La filtración

rápida de arena está diseñado para eliminar contaminantes mediante un proceso físico y normalmente funciona con filtros de medios durante un corto período de tiempo. Para filtraciones de medios se utilizan arena de cuarzo y carbón activado granular (Chabi et al., 2024). El tratamiento de agua convencional (coagulación/floculación, sedimentación y filtración de arena) con un proceso avanzado de tratamiento de agua encontró que puede eliminar entre un 58,9% y un 70,5% de microplásticos, mientras que el proceso de filtración GAC puede mejorar la eficiencia en un 17,2. -22,2% (Sarkar et al., 2021).

6.3 Filtración por membrana

Los MP en el efluente de las ETAP convencionales se pueden eliminar de manera más efectiva mediante tecnologías de membrana al incorporar tecnologías de membrana impulsadas por presión (microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO)), una de las más avanzadas. Los procesos de membrana impulsados por presión se dividen en cuatro clases, a saber, MF (tamaño de poro: 100 nm-10 μ m), UF (tamaño de poro: 1-100 nm), NF (tamaño de poro: 5-10 nm) y RO (tamaño de poro: 5-10 nm). tamaño: <1 nm), respectivamente, según el tamaño de poro decreciente (Acarer, 2023). La tecnología de separación por membranas funciona como una barrera física contra los microplásticos. A diferencia de otros dispositivos, que generalmente no están diseñados para eliminar microplásticos, el tamaño de las partículas de los microplásticos está en el mismo rango que el de las membranas, lo que les permite eliminar eficazmente los microplásticos del agua. Los microplásticos y otras impurezas separadas se retienen de forma segura en un pequeño volumen, listo para su posterior tratamiento (Shen et al., 2020). Dado que el tamaño de los poros de las membranas impulsadas por presión es más pequeño que el tamaño de los poros de las MP, las tecnologías de membrana eliminan las MP con mayor eficiencia que las tecnologías de tratamiento convencionales (Acarer, 2023).

6.3.1 Ensuciamiento de la membrana

Durante el funcionamiento de cualquier ETAP, las membranas deben limpiarse periódicamente para evitar obstrucciones e incrustaciones. El retrolavado con agua y aire a alta presión somete a la membrana a un gran diferencial de presión y, a largo plazo, se informa que eso afecta su elasticidad y resistencia a la tracción (Ding et al., 2021). La tecnología de separación por membranas puede cumplir mejor con los estándares de calidad del agua potable, lo que la convierte

en una parte importante del tratamiento del agua potable, mientras que la contaminación de las membranas causada por los microplásticos se convertirá en un problema importante (Shen et al., 2020).

6.4 Desinfección

El cloro, el dióxido de cloro, el ozono y la radiación UV se utilizan comúnmente en la etapa final de desinfección de las ETAP. El cloro es el desinfectante más utilizado en las ETAP para la desinfección del agua debido a su bajo costo, buena efectividad de la desinfección y capacidad de formar un residuo. El efecto de la desinfección en la eliminación de MP en las ETAP aún no se comprende completamente. En tanques de desinfección en plantas de tratamiento; La concentración de cloro y el tiempo de contacto del cloro con los MP, la abundancia y las propiedades de los MP, la calidad del agua y los factores ambientales (pH, temperatura, etc.) pueden afectar la interacción de los MP con el cloro y la eficiencia de eliminación de los MP. Por lo tanto, se pueden observar diferentes eficiencias de eliminación en la etapa de desinfección en diferentes plantas de tratamiento. Además de los estudios que sugieren que la desinfección con UV hace que los plásticos en las aguas se descompongan y aumente la concentración de MP, también hay estudios que sugieren que la desinfección con UV contribuye a la eliminación de MP. Entre las razones de esta diferencia entre los estudios puede estar que hay más sedimentación de MP en el tanque donde se lleva a cabo la desinfección UV y que la sedimentación contribuye al aumento de la eficiencia de eliminación de MP. Sin embargo, el efecto de la desinfección en la eliminación de MP es un tema controvertido. Por lo tanto, se debe investigar más a fondo la contribución de las condiciones de desinfección (tipo y concentración de desinfectante, tiempo de contacto, pH, temperatura, etc.), la abundancia y las propiedades de los MP en el agua para la eliminación de MP en las ETAP (Acarer, 2023). A pesar de la información limitada sobre la presencia y el comportamiento de los microplásticos en el agua potable, se prevé que el impacto de los microplásticos en el proceso de desinfección del agua potable sea perjudicial en comparación con las similitudes, y se requiere más investigación (Shen et al., 2020).

Discusión

En la búsqueda de soluciones para abordar la creciente problemática de la presencia de microplásticos en los sistemas de acueductos, y después de encontrar métodos preeminentes de eliminación mediante una revisión bibliográfica. Entre estos métodos destacan la coagulación, floculación y sedimentación, cuya eficacia radica en su capacidad para separar microplásticos del agua a través de procesos físico-químicos. La filtración de medio y la filtración por membrana se perfilan como herramientas clave, aprovechando sus capacidades para retener partículas de tamaño microscópico. Además, se aborda la desinfección como una fase crucial no solo en la eliminación de microplásticos, sino también en la inactivación de microorganismos asociados. Este enfoque no solo implica describir los métodos, sino analizar su eficiencia en la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos y sus implicaciones en la mejora de la calidad del suministro hídrico. La revisión de la literatura se presenta como una herramienta esencial para orientar futuras investigaciones y mejoras en los procesos de tratamiento de agua, impulsando avances significativos en la lucha contra la contaminación por microplásticos.

8**Conclusión**

Este estudio proporciona una visión integral de los métodos preeminentes utilizados en la eliminación de microplásticos en sistemas de acueductos, a través de una revisión bibliográfica. La coagulación, floculación, sedimentación, filtración de medio, filtración por membrana y desinfección han emergido como elementos clave en esta lucha contra la contaminación. La eliminación de microplásticos en el agua potable es un proceso altamente dependiente de diversos factores. La diversidad de fuentes de contaminación, la variabilidad en la composición y tamaño de los microplásticos, así como la infraestructura de tratamiento de agua en diferentes regiones, dificultan la implementación de estrategias universales. La eficacia de los métodos existentes también está condicionada por la capacidad de las instalaciones de tratamiento y la necesidad de concientización pública para abordar el problema en su conjunto. La importancia de la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos no solo radica en la preservación de la calidad del agua para consumo humano, sino también en la protección de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad. La presencia de microplásticos plantea riesgos ambientales y para la salud pública, resaltando la necesidad urgente de estrategias efectivas. Al comprender y evaluar los métodos existentes, este trabajo contribuye al avance en la gestión sostenible del agua, destacando la importancia crítica de preservar la integridad de los recursos hídricos ante la creciente amenaza de la contaminación por microplásticos.

Referencia

- Acarer, S. (2023). Abundance and characteristics of microplastics in drinking water treatment plants, distribution systems, water from refill kiosks, tap waters and bottled waters. *Science of the Total Environment*, 884(May), 163866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163866>
- Arte, E. D. E. L. (n.d.). *Guía para construir estados del arte*.
- Awan, M. M. A., Malkoske, T., Almuhtaram, H., & Andrews, R. C. (2024). Microplastic removal in batch and dynamic coagulation-flocculation-sedimentation systems is controlled by floc size. *Science of the Total Environment*, 909(November 2023), 168631. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168631>
- Chabi, K., Li, J., Ye, C., Kiki, C., Xiao, X., Li, X., Guo, L., Gad, M., Feng, M., & Yu, X. (2024). Rapid sand filtration for <10 µm-sized microplastic removal in tap water treatment: Efficiency and adsorption mechanisms. *Science of the Total Environment*, 912(September 2023). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169074>
- Cherniak, S. L., Almuhtaram, H., McKie, M. J., Hermabessiere, L., Yuan, C., Rochman, C. M., & Andrews, R. C. (2022). Conventional and biological treatment for the removal of microplastics from drinking water. *Chemosphere*, 288(P2), 132587. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132587>
- Chowdhury, S. R., Razzak, S. A., Hassan, I., Hossain, S. M. Z., & Hossain, M. M. (2023). Microplastics in Freshwater and Drinking Water : Sources , Impacts , Detection , and Removal Strategies. In *Water, Air, & Soil Pollution*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06677-y>
- Ding, H., Zhang, J., He, H., Zhu, Y., Dionysiou, D. D., Liu, Z., & Zhao, C. (2021). Do membrane filtration systems in drinking water treatment plants release nano/microplastics? *Science of the Total Environment*, 755, 142658. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142658>
- Estado, E. L., Arte, D. E. L., & Metodología, U. N. A. (2015). *El estado del arte: una metodología de investigación*. 6(2), 423–442.
- Fuentes, K., & Torres, C. (2019). *Eliminación de microplásticos en agua potable mediante musgo*. 0–2.
- Gao, W., Mo, A., Jiang, J., Liang, Y., Cao, X., & He, D. (2023). Science of the Total Environment Removal of microplastics from water by coagulation of cationic-modified starch: An environmentally friendly solution. *Science of the Total Environment*, 904(July), 166787.

- <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166787>
- Haleem, N., Kumar, P., Zhang, C., Jamal, Y., Hua, G., Yao, B., & Yang, X. (2024). Microplastics and associated chemicals in drinking water: A review of their occurrence and human health implications. *Science of The Total Environment*, 912(September 2023), 169594. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169594>
- Han, S., Choi, J., & Ryu, K. (2024). *Recent progress and future directions of the research on nanoplastic-induced neurotoxicity*. 19(2), 331–335.
- López, C., Fernanda, M., Jara, A., & Fabián, L. (2022). “Evaluación de la contaminación de los microplásticos en las juntas de agua de los cantones: Girón, Santa Isabel, Camilo Ponce Enríquez, Nabón, Oña, Pucará y San Fernando.”
- Molazadeh, M. (Shabnam), Liu, F., Lykkemark, J., Iordachescu, L., Nielsen, A. H., & Vollertsen, J. (2023). What is hiding below the surface – MPs including TWP in an urban lake. *Environment International*, 182(July). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108282>
- Oßmann, B. E. (2021). Microplastics in drinking water? Present state of knowledge and open questions. *Current Opinion in Food Science*, 41, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.011>
- Sarkar, D. J., Das Sarkar, S., Das, B. K., Prahara, J. K., Mahajan, D. K., Purokait, B., Mohanty, T. R., Mohanty, D., Gogoi, P., Kumar V, S., Behera, B. K., Manna, R. K., & Samanta, S. (2021). Microplastics removal efficiency of drinking water treatment plant with pulse clarifier. *Journal of Hazardous Materials*, 413(February), 125347. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125347>
- Shen, M., Song, B., Zhu, Y., Zeng, G., Zhang, Y., Yang, Y., Wen, X., Chen, M., & Yi, H. (2020). Removal of microplastics via drinking water treatment: Current knowledge and future directions. *Chemosphere*, 251, 126612. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126612>
- Silva, M. T., Pereira, M. F. R., Miranda, M. N., & Fernandes, A. R. T. (2023). *Behavior and removal of microplastics during desalination in a lab-scale direct contact membrane distillation system*. 565(July). <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.116846>
- Sol, D., Solís-Balbín, C., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2023). A standard analytical approach and establishing criteria for microplastic concentrations in wastewater, drinking water and tap water. *Science of the Total Environment*, 899(March), 165356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165356>

- Sun, J., Sui, M., Wang, T., Teng, X., Sun, J., & Chen, M. (2024). Detection and quantification of various microplastics in human endometrium based on laser direct infrared spectroscopy. *Science of the Total Environment*, 906(September 2023), 167760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167760>
- Sun, J., Xiong, Y., Jia, H., Han, L., & Yin, K. (2024). Superb microplastics separation performance of graphene oxide tuned by laser bombardment. *Journal of Hazardous Materials*, 461(September 2023), 132599. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132599>
- Sun, Y., Ji, J., Tao, J., Yang, Y., Wu, D., Han, L., Li, S., & Wang, J. (2023). *Trends in Analytical Chemistry Current advances in interactions between microplastics and dissolved organic matters in aquatic and terrestrial ecosystems*. 158. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116882>
- Tabatabaei, F., Mafigholami, R., Moghimi, H., & Khoramipoor, S. (2023). Investigating biodegradation of polyethylene and polypropylene microplastics in Tehran DWTPs. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 88(11), 2996–3008. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.360>
- Xue, J., Peldszus, S., Van Dyke, M. I., & Huck, P. M. (2021). Removal of polystyrene microplastic spheres by alum-based coagulation-flocculation-sedimentation (CFS) treatment of surface waters. *Chemical Engineering Journal*, 422(April), 130023. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130023>
- Yan, Z., Qian, H., Yao, J., Guo, M., Zhao, X., & Gao, N. (2024). Mechanistic insight into the role of typical microplastics in chlorination disinfection: Precursors and adsorbents of both MP-DOM and DBPs. *Journal of Hazardous Materials*, 462(July 2023), 132716. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132716>
- Yang, X., Zhou, Y., Xia, R., Liao, J., Liu, J., & Yu, P. (2024). Microplastics and chemical leachates from plastic pipes are associated with increased virulence and antimicrobial resistance potential of drinking water microbial communities. *Journal of Hazardous Materials*, 463(November 2023), 132900. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132900>
- Zhong, Y., Zhuo, L., & Lu, W. (2024). Analysis of photocatalytic degradation of polyamide microplastics in metal salt solution by high resolution mass spectrometry. *Journal of Environmental Sciences*, 139, 473–482. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.06.018>