



**Presencia de *Pseudomonas Aeruginosa* en las redes de acueducto y como eliminarlas:  
Una revisión del estado del arte**

Nellys Patricia Teherán Rivero

Proyecto presentado para optar al título de Ingeniero Ambiental  
Modalidad semestre de industria

Asesora

Hillary Henao Toro, Ingeniera Ambiental

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Ambiental  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

---

Cita

(Teherán Rivero, 2024)

---

Referencia

(Teherán Rivero, 2024). *Presencia de Pseudomonas Aeruginosa en las redes de acueducto y como eliminarlas: Una revisión del estado del arte* [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)

---



Biblioteca Seccional Oriente (El Carmen de Viboral)

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

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://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.

## **Dedicatoria**

Dedicado este trabajo principalmente a Allah, por haberme creado en el vientre de mi madre y haberme permitido llegar hasta este momento tan importante en mi formación profesional. A mi familia en especial a Emilia Ortiz Rivero, aunque ya no estés aquí a mi lado, siempre estarás presente, a mis compañeros de clases, con quienes compartí mucho tiempo realizando trabajos, estudiando, preparando exposiciones, parciales, entre otras actividades académicas.

## **Agradecimientos**

Siempre agradecida con Allah, por haberme dado las fuerzas y el valor para culminar esta etapa de mi vida, a pesar de todas las pruebas que me puso, algunas muy duras, pero siempre encontrando la forma de seguir adelante. Agradezco infinitamente el apoyo por parte de la profesora Isabel Echeverry, a la psicóloga Catalina de bienestar universitario, al grupo GDCON.

## Tabla de contenido

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1 Planteamiento del problema .....	12
1.1 Antecedentes y justificación.....	12
2 Objetivos .....	14
2.1 Objetivo general .....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 Pseudomonas Aeruginosa y sus principales características .....	15
4 Metodología .....	16
5 Mejora de la Calidad del Agua Potable: Reducción de <i>Pseudomonas Aeruginosas</i> en Redes de Distribución.....	17
6 Discusión.....	19
7 Conclusiones .....	20
Referencias .....	21

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Comparación de los Métodos.....	20
--	----

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Resultados obtenidos en Scopus desde el año1963 .....	16
---	----

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>BSI</b>	Bloodstream infections (Infecciones por el torrente sanguíneo)
<b>HCU</b>	Heater Cooler Units (Unidades de enfriamiento del calentador)
<b>P</b>	Pseudomonas
<b>SHS</b>	Serine and Honey Strips (Tiras de Serina y Miel)
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia

## Resumen

La presencia de bacteria *Pseudomonas Aeruginosa* en el agua potable puede indicar una deficiencia en el mantenimiento de los procesos de tratamiento y control en los sistemas de distribución, lo cual podría ocurrir dado a la contaminación del agua en fuentes naturales, como ríos o lagos, o debido a problemas en la infraestructura de distribución de agua; por lo que realizaremos un análisis bibliográfico acerca de los métodos usados en la eliminación de patógenos en las redes de acueducto, para prevenir la presencia de éstos en los sistemas de agua potable y garantizar la seguridad en el suministro del líquido, en los que se llevan a cabo procesos de tratamiento del agua, como la desinfección con cloro o cloraminas, la filtración y la ozonización. Además, se implementan estrictos protocolos de monitoreo y control de calidad del agua para avalar que los niveles de patógenos sean seguros para el consumo humano.

Es importante destacar que la calidad del agua potable y los patógenos presentes pueden variar según la ubicación geográfica y la infraestructura de agua de una región en particular. Las autoridades de salud pública y las empresas de servicios de agua trabajan en conjunto para garantizar que el agua potable cumpla con los estándares de calidad y sea segura para su consumo.

*Palabras clave:* Patógenos, *Pseudomonas Aeruginosa*, sistemas de acueductos, erradicación, eliminación, salud.

### **Abstract**

The presence of *Pseudomonas aeruginosa* bacteria in drinking water may indicate a deficiency in the maintenance of treatment and control processes in the distribution systems, which could occur due to water contamination in natural sources, such as rivers or lakes, or due to problems in the water distribution infrastructure; Therefore, we will perform a bibliographic analysis of the methods used in the elimination of pathogens in the aqueduct networks, to prevent the presence of pathogens in drinking water systems and ensure the safety of the liquid supply, in which water treatment processes are carried out, such as disinfection with chlorine or chloramines, filtration and ozonation. In addition, strict water quality monitoring and control protocols are implemented to ensure that pathogen levels are safe for human consumption.

It is important to note that the quality of drinking water and the pathogens present may vary depending on the geographic location and water infrastructure of a particular region. Public health authorities and water utilities work together to ensure that drinking water meets quality standards and is safe for consumption.

*Keywords:* pathogens, *Pseudomonas Aeruginosa*, aqueduct systems, eradication, elimination, health

## Introducción

El agua es un recurso fundamental para la vida, sin embargo, en la actualidad existen muchas personas que no poseen acceso a agua potable segura para su consumo, por lo que muchos habitantes mueren por infecciones bacterianas transmitidas por el agua (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). La contaminación del agua es un problema de salud pública que afecta a los sistemas hídricos, la vida humana, la cadena alimentaria, la biodiversidad y los sectores agrícola e industrial (Payus et al., 2018). La sobreabundancia de microorganismos transmitidos por el agua que viven se reproduce y se dispersan en los cuerpos de agua está causando la mayoría de las enfermedades y problemas de salud transmitidos por este medio (Sami et al., 2023). Si bien la calidad del agua potable puede deteriorarse a través de contaminantes, como productos químicos tóxicos y microbios durante el transporte, almacenamiento y manipulación, las líneas y sistemas de distribución también pueden influir en la calidad del agua potable. (Dama et al., 2023). Los patógenos presentes en las redes de acueductos pueden representar un riesgo para la salud pública si no se controlan adecuadamente. Los patógenos son microorganismos, como bacterias, virus y protozoos, que pueden causar enfermedades en los seres humanos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Algunos de los patógenos que pueden estar presentes en las redes de acueductos incluyen: Bacterias como la *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella*, *Legionella*, *Campylobacter* y *Shigella*), Virus tales como Virus entéricos dentro de los cuales se destaca la norovirus y el rotavirus, Hepatitis A y Covid 19, también Protozoos como la *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* (Gilbride, 2020).

Como se puede observar existe un sinnúmero de patógenos en el agua, por lo que en el presente trabajo nos enfocaremos en la *Pseudomonas Aeruginosa*, estos organismos son bacterias ampliamente extendidas en el ambiente que causan infecciones humanas oportunistas, particularmente se encuentran en una variedad de fuentes de agua, como hospitales, sistemas municipales de agua potable, instalaciones sanitarias e instalaciones de alojamiento (Sousa et al., 2013). Además, pueden estar presentes en piscinas y jacuzzis, sistemas que facilitan su capacidad de crecimiento y formación de biopelículas, por lo que son una causa importante de infecciones en la piel como foliculitis y otitis externa (Schiavano et al., 2017). Una gran cantidad de vías metabólicas y genes reguladores hacen que esta bacteria sea altamente adaptable a diversas

condiciones de crecimiento. En el ámbito clínico, su versatilidad nutricional, su gran número de factores de virulencia y su alta resistencia a los antibióticos hacen que esta bacteria sea extremadamente difícil de erradicar de personas infectadas, especialmente en infecciones pulmonares de pacientes con fibrosis quística (Espinoza & Esparza, 2021).

*Pseudomonas Aeruginosa* tiene un alto nivel de resistencia intrínseca a la mayoría de los antimicrobianos, debido principalmente, a una membrana externa poco permeable, expresión de bombas de expulsión, mutaciones que modifican el sitio de acción de algunos antimicrobianos y a la inactivación enzimática a través de una cefalosporinasa cromosomal tipo AmpC inducible (Lepe & Martínez, 2022). La *Pseudomonas Aeruginosa* tiene una notable capacidad para desarrollar o adquirir nuevos mecanismos de resistencia a los antibióticos (Valentin et al., 2023). Esto puede estar relacionado con el gran tamaño y la versatilidad de su genoma, y con su distribución en hábitats acuáticos, que podría constituir un reservorio de bacterias portadoras de otros genes de resistencia (Vukić et al., 2021). Las infecciones causadas por cepas resistentes son motivo de preocupación en muchos hospitales de todo el mundo, ya que se asocian con una tasa de mortalidad tres veces mayor, una tasa nueve veces mayor de bacteriemia secundaria y un aumento del doble en la duración de la estancia hospitalaria y un aumento considerable de los costes sanitarios (Jalowiecki et al., 2022). La presencia de *Pseudomonas* en acueductos es de gran relevancia en la microbiología y la salud pública. Su detección plantea preocupaciones relacionadas con la calidad del agua y la salud humana, ya que algunas especies de estas bacterias pueden ser patógenas o estar asociadas con problemas de deterioro de infraestructuras (Lenaker et al., 2018). Los sistemas de almacenamiento y distribución de agua constituyen un ambiente idóneo para la proliferación bacteriana; el flujo de agua favorece el transporte tanto de nutrientes como de bacterias en las paredes de las tuberías (Zuñiga, 2019). Teniendo en cuenta lo anterior, se plantean las siguientes técnicas para la eliminación de las bacterias *Pseudomona Aeruginosa*, como: la trampa de miel, sistema de desinfección con luz ultravioleta y dióxido de titanio, entre otros métodos para inhibirla.

## 1 Planteamiento del problema

El agua es un recurso natural, muy necesario pero vulnerable, pues se encuentra expuesto a múltiples contaminantes, en donde predomina la contaminación generada por fuentes antropogénicas, es decir, la contaminación que proviene o resulta de las actividades de los seres humanos; esto se debe principalmente a prácticas equívocas en la disposición final los de residuos sólidos y líquidos, tanto domiciliarios como industriales, alterando de esta manera la calidad de los recursos hídricos (Polej, 2020). Teniendo en cuenta que la *Pseudomonas Aeruginosa*, es un patógeno ubicuo en el medio ambiente puede llegar a persistir de manera eficaz en el agua y en el suelo viviendo con un requerimiento nutricional mínimo y tolerando diversos medios físicos. Su temperatura Óptima de crecimiento es de 37°C en un rango de pH de 6 a 8, pero puede tolerar temperaturas de hasta 45°C, 50°C, y al crecer en altas temperaturas se diferencia del resto de las otras especies de Pseudomonas (Diaz & Ulloa, 2023).

En consecuencia, es importante realizar una revisión del estado del arte en cuanto a las tecnologías y métodos que se usan para hacer frente a este riesgo que representa la *Pseudomonas Aeruginosa*, para determinar si dichos tratamientos son adecuados para la remoción o inactivación de esta.

### 1.1 Antecedentes y justificación.

La contaminación microbiológica del sistema de tratamiento y de distribución constituye un problema actual de interés sanitario. Uno de los aspectos más importantes es la limpieza y desinfección de estos y la persistencia de determinados microorganismos tales como *Pseudomonas Aeruginosa*.

La Asociación para el Avance de Instrumentos Médicos (AAMI) ha publicado guías y recomendaciones prácticas de la calidad química y microbiológica del agua utilizada para preparar el líquido de diálisis, para el proceso de reutilización del hemodializador, así como del líquido de diálisis. (González, M. et al., 2014). De igual forma se ha evidenciado la presencia *Pseudomonas Aeruginosa* en agua embotellada, en Brasil donde se ha presentado la aparición de brotes gastrointestinales debido al consumo de estas aguas ha dirigido la atención de los investigadores a su estudio, especialmente en lo que respecta a su estándar microbiológico (Costa et al., 2023).La

contaminación de estas aguas con *P. Aeruginosa* durante el proceso de llenado puede deberse a la capacidad de esta bacteria para formar biopelículas en los envases retornables y equipos de la planta, y esta propiedad se considera uno de los principales factores de virulencia atribuidos a *P. Aeruginosa* (Pedrosa et al., 2014).

Dado el incremento de la presencia de *Pseudomonas Aeruginosa* en diversos sistemas de acueductos y fuentes de abastecimiento de agua y teniendo en cuenta los riesgos de salud humana que esto conlleva, es importante conocer que métodos de remoción u eliminación son más efectivos, económicos y amigables con el medio ambiente en dichos sistemas de agua de consumo humano.

El aporte de este trabajo de práctica a la ingeniería radica en la generación de un cuerpo de conocimiento enfocado hacia la problemática de la *Pseudomonas Aeruginosa* en sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y su remoción de las mismas. Esta información puede servir como base para el diseño y desarrollo de estrategias de tratamiento y extracción más efectivas. Al comprender los riesgos y las limitaciones de los procesos de remoción de la *Pseudomonas Aeruginosa* existentes, los ingenieros y profesionales en el campo podrán trabajar hacia soluciones más eficientes y sostenibles en la gestión del agua de consumo humano. Además, este estudio del estado del arte busca contribuir a tomar conciencia sobre la importancia de controlar y mitigar la presencia de esta bacteria en los sistemas de abastecimiento de agua, promoviendo la seguridad y la calidad del agua de consumo humano para las comunidades en todo el mundo.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Realizar una revisión bibliográfica sobre los métodos más usados en la eliminación de bacterias *Pseudomonas Aeruginosa* en los sistemas de redes de acueductos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Documentar el estado del arte sobre la presencia de *Pseudomonas Aeruginosa* en redes de acueductos, para realizar una revisión de la literatura científica y técnica relacionada con los métodos utilizados para su eliminación.
- Establecer los métodos más usados en la eliminación de *Pseudomonas Aeruginosa*, en los sistemas de acueductos por medio de una revisión bibliográfica.
- Analizar la efectividad de los métodos utilizados para la eliminación de *Pseudomonas Aeruginosa* en las redes de acueductos.

### **3 *Pseudomonas Aeruginosa* y sus principales características**

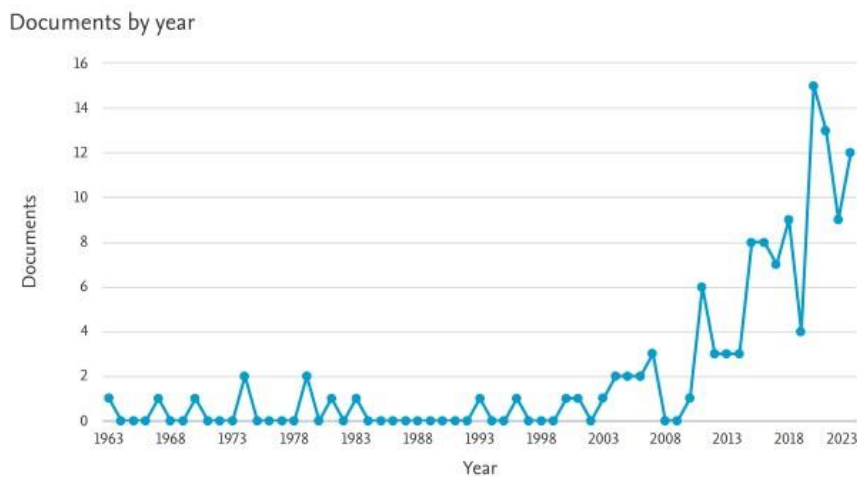
La *Pseudomonas Aeruginosa* es una bacteria móvil, no fermentadora, Gram negativa, con forma de bastón y pigmentada de color azul verdoso, perteneciente a la familia Pseudomonadaceae. (Paz et al., 2019); es una bacteria ambiental ubicua que causa infecciones humanas oportunistas. Una gran cantidad de vías metabólicas y genes reguladores hacen que esta bacteria sea altamente adaptable a diversas condiciones de crecimiento (Troncoso et al., 2017). Su versatilidad nutricional, su gran número de factores de virulencia y su alta resistencia a los antibióticos hacen que esta bacteria sea extremadamente difícil de erradicar de personas infectadas, especialmente en infecciones pulmonares de pacientes con fibrosis quísticas (La Rosa et al., 2018). La contaminación microbiológica del sistema de tratamiento y de distribución de agua constituye un problema actual de interés sanitario. Uno de los aspectos más importantes es la limpieza y desinfección de estos y la persistencia de determinados microorganismos tales como *Pseudomonas Aeruginosa* (Lepe & Martínez, 2022). Los problemas fundamentales asociados con la desinfección de *Pseudomonas Aeruginosa* en el agua se relacionan con las fallas en los diseños de ciertas partes del sistema, como en los tanques de almacenamiento y las tuberías del sistema de distribución que no permiten una adecuada exposición a los desinfectantes (Solis et al., 2019). Lo anterior se puede lograr si se toman medidas para mejorar ciertos elementos del sistema, tales como instaurar un flujo turbulento que evite la presencia de biopelícula. Asimismo, se puede lograr mediante el uso de calor o productos químicos desinfectantes en los sistemas de tratamiento y distribución de agua que sean avalados por el ministerio de salud, esto para evitar y prevenir la presencia de *Pseudomonas Aeruginosa* y otros microorganismos (González et al., 2014).

El tratamiento y la eliminación de *Pseudomonas* en redes de acueductos pueden ser un desafío, ya que estas bacterias son conocidas por su resistencia a diferentes condiciones ambientales y a algunos desinfectantes comunes utilizados en el tratamiento del agua. La desinfección tiene como propósito la inactivación de los microorganismos patógenos en el agua que incluyen formas relativamente sensibles, como las bacterias no esporuladas. El germicida de mayor empleo en la desinfección del agua es el cloro, en forma de hipoclorito o de cloro molecular (Ramírez et al., 2019).

#### 4 Metodología

El proceso de investigación se llevó a cabo mediante la búsqueda en diferentes bases de datos tales como: Scopus, Springer, Science direct, entre otras; utilizando palabras claves relacionadas con el tema de interés: *Pseudomonas Aeruginosa*, Afectación en la salud, eliminación, tratamiento. El proceso de revisión se hizo teniendo en cuenta aspectos relevantes como la manera entender la importancia de su eliminación y control en sistemas de acueductos, por lo que será el foco del presente trabajo; indagando acerca de los métodos más comunes y eficaz en su implementación. Las palabras claves que se utilizarán para la búsqueda de esta revisión bibliográfica serán “*Pseudomonas Aeruginosa*”, “Methods”, “Elimination” “Water” “Aqueduct systems”. Al realizar una consulta bibliográfica para presentar la propuesta, se encontraron 124 resultados de la base de datos Scopus.

**Figura 1** Resultados obtenidos en Scopus desde el año 1963



Nota. <https://www-scopus-com.udea.lookproxy.com/>

## **5 Mejora de la calidad del agua potable: Reducción de *Pseudomonas Aeruginosas* en redes de distribución**

### **5.1 Desinfección con luz ultravioleta y dióxido de titanio**

Un tratamiento eficaz es la fotocatalisis oxidativa, en donde se introduce el dióxido de titanio como elemento clave en los procesos de desinfección de agua, el método tradicional de luz ultravioleta, ha tenido algunas desventajas sobre todo en la forma de exposición y penetración, ahora la combinación tanto del dióxido de titanio con la luz UV, puede asegurar la formación de radicales libres que realizan oxidación, el método descansa en la activación como catalizador del dióxido de titanio, lo que consigue irradiando sobre el luz UV, donde la luz UV es capaz de degradar compuestos por efecto de la fotólisis, con ello se provoca una serie de reacciones químicas cuya consecuencia es la generación de enormes cantidades de radicales hidroxilos OH. Dependiendo del tiempo de recirculación puede eliminar hasta el 99.9% de las bacterias en un período de 2 horas. (De la Cruz & Murcia, 2018).

### **5.2 La trampa de miel**

Los estudios indicaron que un rango de concentración del 20 al 25% tiene una eficacia antimicrobiana del 100% con una incubación de 24 horas (Shenoy et al. 2012). En este caso, el efecto químico inhibitorio de la tira de SHS se confirmó mediante un método simple de incubación en placa. El tiempo de incubación varió de 15 a 90 min. El efecto de la miel fue marcadamente evidente ya que se percibió un crecimiento significativamente menor con el tiempo, asociado a la desaparición progresiva del crecimiento del lado serino de la tira.

Mediante el uso selectivo de la combinación única de quimioatrayente e inhibidor específico del organismo, la trampa de miel garantiza un ataque pasivo a las células de *Pseudomonas*, lo que facilita su eliminación eficiente del agua. La configuración experimental de la trampa de miel indicó que la tira tiene un valor de reducción porcentual del 96% y una reducción logarítmica equivalente a 1,6, lo que indica una potencia de tratamiento del agua de más o menos 90-92% (Ranade et al., 2021).

### **5.3 Desinfección a base de ozono de unidades de enfriamiento de calentadores**

Para evitar que el ozono entre en contacto con los componentes de la HCU, el agua se irradia con luz ultravioleta (254 nm); dos bypasses y sensores de ozono garantizan una eliminación completa del ozono residual. La eficacia del dispositivo se probó mediante una serie de experimentos con el germen sustituto, *Pseudomonas Aeruginosa*, dicho dispositivo permite seleccionar una amplia gama de concentraciones de ozono y tiempos de exposición, en series previas se demostró que se puede reducir el recuento bacteriano en la calidad del agua potable con un tiempo de tratamiento de una hora, y que la autolimpieza se puede realizar antes del uso clínico y en modo de espera (Bongert et al., 2020).

### **5.4 Inactivación de la biopelícula madura por monoclóramina**

Se ha reportado la acción de la monoclóramina sobre biopelículas maduras de *Pseudomonas Aeruginosa* desarrolladas in vitro sobre diferentes materiales de fontanería (polipropileno, polietileno, polietileno reticulado de rayos electrónicos, PVC, cobre, acero inoxidable y teflón). La eficacia de la viabilidad de la biopelícula se evaluó mediante microscopía de fluorescencia y microscopía confocal con LIVE/DEAD BacLight, las concentraciones de 1 ppm y 2 ppm erradicaron la biopelícula después de 3 horas, mientras que para un tiempo de contacto más bajo o una concentración más baja (0,5 ppm) obtuvo poco efecto. Los resultados mostraron que la monoclóramina fue muy efectiva contra las biopelículas maduras de *P. Aeruginosa*, puesto que, en un examen minucioso de la biopelícula tratada, se evidenció que 2 horas después de la liberación de microorganismos, las células de *P. Aeruginosa* murieron en las capas más profundas de dicha biopelícula (Coniglio et al., 2023).

## 6 Discusión

La eliminación de la *Pseudomona Aeruginosa* en las redes de acueducto se analiza mediante la desinfección con luz ultravioleta y dióxido de titanio durante un tiempo de recirculación de 2 horas, en donde se remueve el 99.9% de las bacterias en el agua, esto se debe a que la combinación de dichos métodos, es decir, el dióxido de titanio y la luz ultravioleta, generan procesos de oxidación mediante la formación de radicales libres, lo que ocurre cuando el dióxido de titanio actúa como catalizador, generando así que la luz UV sea capaz de degradar dichos compuestos por efecto de la fotólisis, lo que convierte este método en un método muy eficaz para la eliminación de *Pseudomona Aeruginosa* en el agua.

La trampa de miel remueve el 96% de las bacterias en el fluido en un tiempo de 2 horas; esta técnica se basa en tecnología verde, es rentable, biodegradable y tiende a destruir in situ las bacterias objetivo. Es importante tener en cuenta que la trampa de miel es un método relativamente simple y pasivo en comparación con otros sistemas de tratamiento de agua que pueden requerir productos químicos o tecnologías más intensivas en energía. Así mismo la desinfección a base de ozono de unidades de enfriamiento de calentadores, con esta técnica se remueve el 98% de las bacterias en el agua, en un tiempo de 90 minutos, por lo que dicho método es muy eficaz.

La monoclaramina han mostrado buen rendimiento para la eliminación de la bacteria, aunque requiere de mayor tiempo de contacto en comparación con los otros métodos planteados. algunas desventajas de los métodos excluyendo la trampa de miel, generan subproductos indeseados que pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Algunos tratamientos de eliminación de *P. Aeruginosa* en el agua puede generar subproductos, cuyos efectos ambientales pueden variar según las condiciones específicas de uso.

En general, la reproducción de materia prima para llevar a cabo los anteriores métodos requiere energía eléctrica para operar y dependiendo de la fuente de energía utilizada, esto puede contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales asociados con la producción de energía. La desinfección con los métodos enunciados puede ofrecer beneficios significativos en términos de eficacia de desinfección y reducción del uso de productos químicos.

**Tabla 1**

*Comparación de los Métodos*

Métodos de eliminación	Eficiencia de eliminación	Tiempo de Remoción	Fuente
Desinfección con luz ultravioleta y dióxido de titanio	99.9%	2 horas	(De la Cruz & Murcia, 2018)
La trampa de miel	96%	2 horas	(Ranade et al., 2021).
Desinfección a base de ozono de unidades de enfriamiento de calentadores	98%	90 minutos	(Bongert et al., 2020)
Inactivación de la biopelícula madura por Monocloramina	No determinado	3 horas	(Coniglio et al., 2023)

## 7 Conclusiones

De acuerdo con la revisión bibliográfica, se observa que tres de los cuatro métodos de estudios remueven más del 95.9% la bacteria *Pseudomona Aeruginosa*, por lo tanto, se puede determinar que dichos métodos son eficaces, por lo que se recomienda el uso para eliminación de bacterias *Pseudomonas Aeruginosa* en los sistemas de redes de acueductos.

Para seleccionar los métodos de eliminación en el presente trabajo se tuvo en cuenta, que estos fueran amigables con el medio ambiente, en cuanto a sus afectaciones en el ecosistema; ejemplo de ello es la trampa de miel, esta técnica se basa en tecnología verde, es rentable, biodegradable y se puede implementar fácilmente en cualquier lugar.

## Referencias

- Bongert, M., Wüst, J., Strauch, J., Buchwald, D. *Proof of Concept for Ozone-Based Disinfection of Heater Cooler Units.* 2020. <https://www-scopus-com.udea.lookproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85097315713&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=161942a110c7c8286aba88b3f5c7fda4&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28elimination+of+pseudomonas+aeruginosa+from+drinking+water%29&sl=81&sessionSearchId=161942a110c7c8286aba88b3f5c7fda4&relpos=4>
- Coniglio, M., Fuochi, V., Furneri, P. *Inactivation of Pseudomonas aeruginosa Mature Biofilm by Monochloramine.* (2023). <https://www-scopus-com.udea.lookproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85152254055&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=161942a110c7c8286aba88b3f5c7fda4&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28monochloramine%29&sl=81&sessionSearchId=161942a110c7c8286aba88b3f5c7fda4&relpos=5>
- Costa, P., Dos Santos, J., Forsythe, S. & Lima, M. *Diversidad y perfil epidemiológico de Pseudomonas aeruginosa del agua potable en Brasil genotipada mediante tipificación de secuencia multilocus, Letters in Applied Microbiology , Volumen 76.* (2023). <https://doi.org/10.1093/lambio/ovad109>
- Dama, T., Dunbar, S., sinclair, R. *Microbial contamination analysis of drinking water from bulk dispensers and fast-food restaurants in the Eastern Coachella Valley, California.* (2023). <https://doi.org/10.2166/ws.2023.200>
- De La Cruz, A., Murcia, D. *Elimination of E. coli and Pseudomonas aeruginosa from potable water using system of disinfection with light UV and oxide of titanium.* (2018). <https://matriculapre.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/482/393>
- Diaz, K., & Ulloa, M. *Calidad fisicoquímica, microbiológica y detección de Pseudomonas Aeruginosa en agua proveniente de grifos de áreas críticas del Hospital Nacional Guillermo entre los meses noviembre y diciembre en el año 2022.* (2023). <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/21181>
- Espinoza, D., Esparza, G., *Enzymatic resistance in Pseudomonas aeruginosa, clinical and laboratory aspects.* (2021). <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182021000100069>
- Gilbride, K. *Molecular methods for the detection of waterborne pathogens.* (2020). <https://www-scopus-com.udea.lookproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85146548741&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=6eee0227a7da1c6b4b5dc82611ac13b2&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28description+of+the+types+of+pathogens%2C+bacteria%2C+viruses+>
- González, M., García, M., Mariné, A. *Health importance of pseudomonas aeruginosa in hemodialysis water and its disinfection.* (2014). <https://www-scopus-com.udea.lookproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

84901979737&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=3a707b0c166cf6a487380b4ac134db61&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Health+importance+of+Pseudomonas+aeruginosa+in+hemodialysis+water+and+its+disinfection%29&sl=90&sessionSearchId=3a707b0c166cf6a487380b4ac134db61

Jałowiecki Ł., Hubeny J., Harnisz M., Plaza G. *Seasonal and Technological Shifts of the WHO Priority Multi-Resistant Pathogens in Municipal Wastewater Treatment Plant and Its Receiving Surface Water: A Case Study. International Journal of Environmental Research and Public Health.* (2022). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010336>

La Rosa, R., Johansen, H., & Molina, S. *Convergent metabolic specialization through distinct evolutionary paths in Pseudomonas aeruginosa.* (2018). <https://www.scopus-com.udea.lookproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85046479411&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=a2effcf8abf50e28144495394da9cead&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Its+nutritional+versatility+of+pseudomonas+aeruginosa%29&sl=68&sessionSearchId=a2effcf8abf50e28144495394da9cead&relpos=3>

Lenarker, P., Corsi, S., McLellan, S., Borchardt, M., Olds, H., Dila, D., Spencer, S., & Baldwin, A. *Environmental Science & Technology 2018 52 (21), 12162-12171 (Human-Associated Indicator Bacteria and Human-Specific Viruses in Surface Water: A Spatial Assessment with Implications on Fate and Transport).* DOI: 10.1021/acs.est.8b03481

Lepe, J., Martínez, L. *Resistance mechanisms in Gram-negative bacteria.* (2022). <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85126524075&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&s=DOI%2810.1016%2Fj.medin.2022.02.004%29&relpos=0>

OMS <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Paz, V., Mangwani, S., Martínez, A., Hernández, D., Solano, S., Vásquez, R. *Pseudomonas aeruginosa: Pathogenicity and antimicrobial resistance in urinary tract infection.* (2019). [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182019000200180](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182019000200180)

Payus, C., Haziqah, N., Basri, N., & Wan, V. L. *Faecal bacteria contaminations in untreated drinking water (Groundwater well and hill water) from rural community areas.* (2018). *Int. J. Adv. Sci. Technol. IJAST*, 158, 215-218.

Pedrosa, A., Lima, M., de Mello, V., Oliveira, C., López, S. & Castro, A. *Pesquisa de fatores de virulência em Pseudomonas aeruginosa isoladas de águas minerais naturais.* (2014). <https://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/1359>

Polej, M. *Construcción del objeto de investigación Pseudomonas Aeruginosa como contaminante del agua de mesa envasada en la ciudad de corrientes, Argentina* (2020). <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/48579>

Ramírez, E., Delgado, R., Moscosa, M., De La Cruz, A., Loreda A. *Vista de Detección e incidencia de Pseudomonas en muestras de agua potable | Acta de Ciencia en Salud (udg.mx).* (2019) <https://actadecienciaensalud.cutonala.udg.mx/index.php/ACS/article/view/177/104>

- Ranade, H., Paliwal, P., Pal, D. et al. *Trampa a base de miel para Pseudomonas: un prototipo sostenible para la desinfección del agua*. *Arch Microbiol* (2021). <https://doi.org/udea.lookproxy.com/10.1007/s00203-021-02568-0>
- Sami, A.J., Bilal, S., Ahsan, NuA. et al. *Rhodamine B functionalized silver nanoparticles paper discs as turn-on fluorescence sensor, coupled with a smartphone for the detection of microbial contamination in drinking water*. *Environ Monit Assess* 195, 1442. (2023). <https://doi.org/udea.lookproxy.com/10.1007/s10661-023-12077-w>
- Schiavano, G., Carloni, E., Andreoni, F., Magos, S., Chirona, M., Brandi, G., & Amagliani, J. *Prevalence and antibiotic resistance of Pseudomonas aeruginosa in water samples in central Italy and molecular characterization of oprD in imipenem resistant isolates*. (2017). <https://www-scopus-com.udea.lookproxy.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85037130025&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=4c92bec366979e0984ea48e648e1c46d&sot=b&sdt=b&s=TITLEABS-KEY%28Prevalence+of+Pseudomonas+aeruginosa+in+Municipal+Water+Systems%29&sl=78&sessionSearchId=4c92bec366979e0984ea48e648e1c46d>
- Solis, Y., Mendiola, A., Sanvicente, H., Galván, R., Román, J., & Mendoza, R. *Drinking water: An overview of the human right to safe drinking water in Mexico*. (2019). Scopus - Document details - Drinking water: An overview of the human right to safe drinking water in Mexico | Signed in (lookproxy.com)
- Sousa, C., Soares, P., & Santos, P., *Pseudomonas aeruginosa: phenotypic flexibility and antimicrobial resistance*. (2013). Microsoft Word - 219 (researchgate.net)
- Troncoso, C., Pavez, M., Santos, A., Salazar, R., & Barrientos, L. *Structural and Physiological Implications of Bacterial Cell in Antibiotic Resistance Mechanisms*. (2017). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000401214>
- Valentin, J., Altenried, S., Varadarajan, A., et al. *Identification of Potential Antimicrobial Targets of Pseudomonas aeruginosa Biofilms through a Novel Screening Approach*. DOI: <https://doi.org/udea.lookproxy.com/10.1128/spectrum.03099-22>
- Vukić D., Maestro N., Cenov A., Lušić D., Smolčić K., Tolić S., Maestro D., Kapetanović D., Pupavac S, Tomić D., et al. Occurrence of p. Aeruginosa in water intended for human consumption and in swimming pool water. (2021). <https://doi.org/10.3390/environments8120132>
- Zúniga, I., Samperio Morales, H. *Importance of water chlorination: pathogenic bacteria in supply sites*. (2019). [https://www.researchgate.net/publication/337290298\\_Importancia\\_de\\_la\\_cloracion\\_del\\_agua\\_sitios\\_de\\_abastecimiento\\_con\\_presencia\\_de\\_bacterias\\_patogenasEIM3-2019w.pdf](https://www.researchgate.net/publication/337290298_Importancia_de_la_cloracion_del_agua_sitios_de_abastecimiento_con_presencia_de_bacterias_patogenasEIM3-2019w.pdf) (researchgate.net)