



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y

ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eficacia de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua: Una
revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Pérez Piña, Petter (ORCID: 0000-0002-3193-4477)

ASESOR:

Dr. Munive Cerrón, Rubén Víctor (ORCID: 0000-0001-8951-2499)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de tesis con todo mi amor, cariño y esfuerzo a quien me acompañó en el transcurso y proceso de mi vida universitaria, Patricia Guzmán Chacón, de la misma manera a mi pequeña hija, Itzel Emilia, aquellas dos mujeres por quien día a día sacan a relucir lo mejor de mí.

Asimismo, a mis padres y hermanos, que con desde siempre estuvieron presentes para apoyarme en cada dificultad, aprendiendo a ser perseverante.

Y por último, me dedico el presente trabajo, por el esfuerzo, dedicación y pasión con el realizo mi desarrollo académico.

AGRADECIMIENTO

Gracias a todas la personas involucradas en mi crecimiento profesional dentro y fuera del recinto universitario quienes me brindaron desinteresadamente su conocimiento. A mi familia, Patricia Guzmán Chacón e Itzel Emilia Perez Guzman, quienes hacen que mis días terminen con un sonrisa.

A mis padres y hermanos por cada palabra brindada en esta complicada vida universitaria que me tocó vivir.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	11
3.3. Escenario de estudio.....	12
3.4. Participantes	12
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.6. Procedimiento	13
3.7. Rigor Científico.....	14
3.8. Método de análisis de la información	14
3.9. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
V. CONCLUSIONES	33
VI. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1: Lista de las principales investigaciones.....	18
Tabla 2: Artículos relacionados al tema	24
Tabla 3: Cuadro resumen de búsqueda	25
Tabla 4:Definición y operacionalización de variables; Error! Marcador no definido.49	
Tabla 5: Instrumento de recolección de datos.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resultado de búsqueda	23
Figura 2: Evolución de las investigaciones.....	26
Figura 3: Eficiencia de plata en sus diferentes formas	28
Figura 4: Eficiencia en tipo de agua tratada	32

RESUMEN

En el presente estudio se realizó una revisión sistemática acerca de la eficiencia antimicrobiana de la plata, cuya importancia reside en la necesidad de estudiar acerca del tratamiento antimicrobiano que recibe el agua, por ello se planteó como objetivo identificar la eficiencia antimicrobiana que ejerce las propiedades físico-químicas de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua. La investigación es de tipo cualitativa, tiene un diseño no experimental, realizado con 1865 artículos científicos encontrados en las bases de datos de Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Pubmed, los cuales explican la eficiencia de la plata mediante diferentes tratamientos antimicrobianos realizados a los distintos tipos de aguas, seleccionando 12 artículos que más se asemejan al tema de eficacia de la plata. Obteniendo como resultado que la eficiencia de la plata sobrepasa el 95% llegando hasta el 99.99% en la remoción de microorganismos, concluyendo que la efectividad de la plata depende de los factores presentes, concluyendo que cuando se trata se *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis*, las nanopartículas e iones de plata alteran la permeabilidad de la pared celular microbiana contribuyendo de esta manera significativamente a mejorar la eficiencia de la capacidad antibacteriana de la plata.

Palabras clave: Plata, agua, microorganismos, antimicrobiano

ABSTRACT

In the present study, a systematic review was carried out about the antimicrobial efficiency of silver, the importance of which lies in the need to study about the antimicrobial treatment that water receives, therefore the objective was to identify the antimicrobial efficiency exerted by the physical properties -chemicals of silver in the antimicrobial treatment of water. The research is qualitative, has a non-experimental design, carried out with 1865 scientific articles found in the databases of Scopus, Web of Science, ScienceDirect and Pubmed, which explain the efficiency of silver through different antimicrobial treatments carried out to the different types of waters, selecting 12 items that most closely resemble the theme of silver efficacy. Obtaining as a result that the efficiency of silver exceeds 95% reaching up to 99.99% in the removal of microorganisms, concluding that the effectiveness of silver depends on the factors present, concluding that when it comes to E.coli, Pseudomonas aeruginosa and Enterococcus faecalis, silver nanoparticles and ions alter the permeability of the microbial cell wall, thus contributing significantly to improve the efficiency of the antibacterial capacity of silver.

Keywords: Silver, water, antimicrobial, mircoorganims

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se evacúan aguas residuales previamente tratadas (métodos físicos) y sin algún tipo de algún tratamiento previo en aguas superficiales y subterránea. Con los vertidos de líquidos residuales provenientes de industrias, de fertilizantes y plaguicidas utilizados en agricultura, incrementa la contaminación. Aproximadamente unos 13 mil millones anuales pueden ser aprovechados para las necesidades de la población general, cantidad que está teniendo una relación inversamente proporcional al índice de contaminación en los últimos años (World Health Organization, 2013, p.1). Además, anualmente se ha estimado que aproximadamente 5 millones de personas pierden la vida por infecciones relacionadas con el consumo de agua contaminada (Romero y Vargas, 2017, p.3). En ese sentido, en el mundo, una de las formas de contaminación del agua se da por los microorganismos, cuya presencia surge frecuentemente como consecuencia de las variaciones en el ambiente, comportamiento inconsciente de las personas, crecimiento de las industrias, pobreza y la ocupación de regiones antes deshabitadas. La poca inversión en los países en vías de desarrollo en un buen saneamiento, asegurando que la población reciba agua potable apta para su consumo y en la intervención reguladora de brotes infecciosos ha facilitado la propagación de enfermedades relacionadas con el agua (World Health Organization, 2017, p.1).

En los países en vías de desarrollo se reporta la mayor cantidad de muertes a consecuencia de las enfermedades transferidas por el agua, sobre todo en áreas rurales (Prüss-Ustün et al., 2019, p.7)

En el año 2019, se ha evidenciado que en Perú hubo contaminación de agua por bacterias coliformes totales en ríos de las ciudades de Callao, Chimbote, Cañete y Chancay; asimismo se ha reportado los más altos índices bacterianos en aguas de playa como en las regiones de Callao, La Libertad, Tumbes y Arequipa. Para el caso de Lima, en el mismo año, se han registrado los más altos niveles de contaminación microbiana en sus playas y ríos, principalmente en los distritos de Barranca, Cerro Azul, Asia, Ancón y Chorrillos (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020).

Cada día es más difícil para las entidades gubernamentales locales instalar plantas de tratamiento de aguas centralizadas y poder brindar agua potable de excelente calidad, a través de alguna política establecida, resultante de la carencia de fondos y falta de infraestructura básica en zonas rurales.

Por otro lado, históricamente se ha utilizado la plata como agente antimicrobiano y desinfectante en el ámbito clínico (Silver, Phung y Silver, 2006, p.8). La Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (FDA), aprobó soluciones concentradas de plata en la década de 1920 para su utilidad como agentes antibacterianos (Maillard y Hartemann, 2013, p.). Asimismo, hay evidencia científica con respecto al potencial microbicida de este metal frente a bacterias contaminantes del agua como *Enterococcus faecalis* y *Escherichia coli*, disminuyendo considerablemente sus niveles de crecimiento y desarrollo, demostrando una eficiencia elevada (Dankovich y Gray, 2011, p.12). Del mismo modo, en Perú recientemente, uno de los escasos estudios acerca de este metal, ha analizado el potencial antimicrobiano de iones de plata en agua para consumo humano en la región Tumbes, mostrando una muy buena efectividad frente a bacterias mesófilas, coliformes y coliformes termotolerantes (Solis-Castro, Silva, Costa, Gebhardt y Cruz, 2020, p.15).

La presente investigación se justifica debido a que Perú atraviesa diversos problemas principalmente con el agua potable, ya sea porque el abastecimiento es limitado, o porque el acceso a agua potable de buena calidad, es realmente escaso. Por lo tanto, la importancia de realizar esta revisión sistemática reside en la necesidad de estudiar acerca del tratamiento antimicrobiano que recibe el agua, porque es un problema que se encuentra vigente y sin solución, perjudicando familias enteras a lo largo del país. Se espera dar como resultado un mejor conocimiento acerca del tratamiento antimicrobiano del agua utilizando la plata y analizando su eficiencia. También es de suma importancia enriquecer y enfocar una nueva evaluación debido a la falta de seguridad sanitaria que se presenta para el agua.

Como futuros ingenieros ambientales, se debe investigar problemas existentes que perjudican a la sociedad. En la presente investigación, realizar una revisión sistemática de adicionar plata en el tratamiento microbiológico del agua, busca tener un mejor panorama para dar alternativas de solución viables y efectivas,

teniendo como dirección determinar los microorganismos que son perniciosos en el agua y la eficiencia que puede tener la plata para atacarlos. Se espera dar resultados que servirán de base para contar con un manejo más adecuado en el tratamiento del agua y así ser apta para el consumo humano.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, esta investigación plantea el siguiente problema: ¿será eficaz la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua? Por esta razón el **objetivo principal** de esta revisión sistemática es identificar la eficiencia antimicrobiana de que ejerce las propiedades físico-químicas de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua, revisando estudios realizados durante el periodo comprendido 2011–2020 y como **objetivos específicos** estudiar la actividad microbiana de la plata en muestras de diferente tipo de agua y reconocer los microorganismos contaminantes del agua que se tratan con plata. Para poder evaluar si las nanopartículas e iones de plata suelen ser eficaces en el tratamiento antimicrobiano del agua.

II. MARCO TEÓRICO

Dosoky, Kotb y Farghali, (2015) evaluaron la eficiencia de las nanopartículas de plata a tres concentraciones, es decir, 0,1, 0,05 y 0,01 ppm frente a contaminantes bacterianos aislados de aguas superficiales y subterráneas en Egipto, permitiendo interactuar con las bacterias durante intervalos de tiempo de 5, 15, 30, 60 y 120 minutos. Los resultados mostraron que aplicando dichas nanopartículas a diferentes concentraciones, el número del recuento bacteriano total (RBT) se redujo significativamente en todas las muestras en comparación con el grupo de control, siendo la concentración más alta la que exhibió mayor eficiencia bactericida, donde, después de dos horas, se encontró que 0,1, 0,05 y 0,01 ppm eran suficientes para inhibir 91,9, 89,1 y 74,9%, y 92,3, 85,2 y 53,2% en el RBT de agua superficial y subterránea, respectivamente (p.5).

Fernández *et al.*, (2016) utilizaron filtros de membrana de nitrocelulosa impregnados con diferentes nanopartículas de plata biosintetizadas a partir de *Aspergillus niger*, *Cryptococcus laurentii* y *Rhodotorula glutinis*, con concentraciones de 0,1, 0,5 y 1 mg/L, en la purificación de muestras de agua contaminadas con *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis*, dando como resultado la inhibición de las tres especies bacterianas a la concentración mayor y solamente *E. coli* fue inhibida a la concentración de 0,5 mg/L (p.10).

Morsi, Alsabagh, Nasr, Zaki,(2017) estudiaron la actividad antimicrobiana de un nanocompuesto constituido de plata y quitosano frente a *Staphylococcus aureus* y *E. coli* aisladas de muestras de agua residuales, donde se analizó dicho nanocompuesto a una concentración de 1%. Para *S. aureus*, se mostró una reducción logarítmica de 1,3 después de un tiempo de contacto de 10 minutos, 1,8 después de 15 minutos y 4,1 después de 30 minutos, mientras que para *E. coli* hubo una reducción logarítmica de 1,3 después de 10 minutos de contacto, 2,1 después de 15 minutos y 3,1 después de media hora, concluyendo que hubo efecto inhibitorio en las dos especies bacterianas, siendo este efecto mayor en *S. aureus* (p.8-14).

Mnatsakanyan y Trchounian, (2018), utilizaron filtro nanocompuestos de toba mineral porosa con nanopartículas de plata absorbidas y su aplicación para la

desinfección del agua, la filtración del agua contaminada con *E. coli* a través del filtro que contiene 0.1 g de Ag, tuvo una eficiencia de filtración promedio del 97,09%. Para *E. faecalis*, el resultado antimicrobiano del filtro con 0.1g de Ag se disminuyó al 33.34%, en el momento que se triplicó la dosis de nanopartículas de Ag en el cartucho de filtro, el efecto antibacteriano del filtro nanocompuestos contra *E. faecalis* alcanzó el 92,18% (p.3).

Koslowski, Nogueira, Licodiedoff, Comper, Folguera (2018), evaluaron la aplicación de gránulos de poliamida-66 con nanopartículas de plata en porcentajes de masa de polímero de 0,05, 0,10 y 0,50% para desinfectar el agua potable, cuantificando la actividad antibacteriana de dicha matriz polimérica que contenía la concentración con mejores resultados de análisis de previos (0,05%) de nanopartículas de plata frente al patógeno común encontrado frecuentemente en agua de consumo humano en Brasil, *E. coli*, mostró disminución antimaterial de 97,9% pasado 24 horas de haber sido encubado y hacer recibido agitación permanente a 25°C (p.6). SINGH, Woohang y SMITH James (2020), estudiaron los efectos de los iones de cloruro en el rendimiento de desinfección del agua potable en el punto de uso de medios cerámicos porosos incrustados con plata metálica y cobre, en donde se demostró las reducciones logarítmicas de *E. Coli* 5,1 a 1,7 después de 4 h tiempo de contacto, a medida que las concentraciones de iones de cloruro aumentaron de 0 a 250 mg/L, para la adición de plata mediante cubos de plata y cerámica, *E coli* la desinfección disminuyó drásticamente al aumentar las concentraciones de cloruro después de 12. Estos resultados indican que la plata iónica es un desinfectante muy eficaz para *E, coli* convirtiendo así en uno de los mejores desinfectantes antimicrobianos del agua. Estos resultados indicaron que la plata iónica es un desinfectante muy eficaz para *E, coli*. Sin embargo. Niveles altos de cloruros pueden reducir significativamente la eficacia de la desinfección (p. 6).

Abu-Saied *et al.*, (2020) analizaron el potencial de descontaminación de patógenos de agua potable a través de nanopartículas de plata biosintetizadas de mosca botella verde integrada de carragenina, dando como resultado que los discos impregnados con nanopartículas de carragenina / plata tienen un elevado potencial antimicrobiano contra los microorganismos invasores de agua potable, respaldando su aplicación como una etapa adicional en los sistemas de purificación de agua en los hogares; además, este estudio dejó en evidencia que dichas nanopartículas

compuestas de plata tenían efecto antimicrobiano sobre aguas recolectadas de zonas industriales, reduciendo en un 90% el desarrollo de unidades formadoras de colonias (UFC) y casi en un 100% el desarrollo de coliformes y del patógeno *E. coli* (p. 3).

Bhardwaj *et al.*, 2021 estudió una visión general de las nanopartículas de plata como materiales prometedores para la desinfección del agua, observo que logró una desactivación del 99.99% de *E. coli* junto con un 99% del virus bacteriófago MS2 sin proveer una suministro de energía externa, pero para alcanzar la desactivación al 100% se adquirió abastecer de electricidad o alguna fuente externa; por esta razón fijaron algunos desafíos con la nanotecnología, la mayoría de estos desafíos tiene relación con la técnica viable, costo elevado, riesgos ecológicos indeseables (se adoptan medias de prácticas innovadoras), por ello aludieron que el sector público y privado deben contribuir a la investigación exhausta en este campo, para que se encuentre a disposición del público (p. 5).

Abanto, 2017 aplicó nanopartículas de plata para disminuir los niveles de *E. coli* en las aguas de una playa en Ancón, Lima; para dicho propósito se tuvo como muestra 16,75 litros de agua marina para realizar la electrólisis, utilizando dos electrodos de plata dentro de una celda electrolítica, utilizando potenciales eléctricos de 15, 20 y 25 voltios (V) a diferentes puntos temporales (12, 16 y 20 minutos), siendo como resultado la reducción de crecimiento de dicha bacteria en un 99% con respecto a la muestra control positivo en el menor tiempo y a la menor potencia eléctrica (p.31).

Cáceres, 2018 utilizó iones de plata y ozono para tratar agua potable en una empresa ubicada en Lima, utilizando distintas concentraciones de ozono con choque eléctrico de iones de plata, para el respectivo análisis en bacterias heterotróficas, coliformes totales y *P. aeruginosa*, teniendo como resultado la progresiva inhibición de los microorganismos de naturaleza heterotrófica a medida que se aumentaba la concentración de iones de ozono y plata, además de reportarse bajos niveles de coliformes y ausencia de crecimiento de *P. aeruginosa* (p. 53).

Porras, 2019 realizó un estudio donde logró mejorar la calidad de agua del río Chillón, ubicado en Lima, utilizando nanopartículas de plata. Para dicho tratamiento, se tuvo como muestra representativa la cantidad de diez litros de agua del río, utilizando soluciones de nanopartículas de plata a tres concentraciones, en tres

tiempos de contacto. Los resultados evidenciaron que las nanopartículas de plata a la concentración más alta redujeron el casi el 99% de coliformes totales, la totalidad de coliformes fecales y de *E. coli*, durante 48 horas con altas dosis (p. 35). Solis-Castro *et al.*, 2020 evaluaron la eficacia de la ionización cobre-plata para la desinfección de agua potable en la región Tumbes, recolectando muestras de agua de 20 casas de zonas urbanas de la ciudad donde se instalaron ionizadores de cobre y plata, disminuyendo la carga microbiológica en dichas muestras, manteniéndolas por dentro de los rangos permitidos por las Normas Técnicas Peruanas (bacterias mesófilas: menor de 500 UFC / 100 mL y coliformes: 0 UFC / 100 mL), mejorando de manera exitosa la calidad microbiológica del agua (p. 4). Asmat-Campos *et al.*, 2020 analizaron el potencial antibacteriano de coloides de plata adheridos a filtros de arcilla en muestras de agua proveniente del Río Moche, localizado en la ciudad de Trujillo. Los resultados obtenidos sugirieron un elevado potencial antibacteriano de dichos filtros, ya que se observó disminución de bacterias mesófilas viables en un 97,4%, coliformes totales en un 90%, coliformes fecales en un 76.1% y *E. Coli* en un 90% (p. 5).

Como parte de las bases teóricas, se menciona al agua como uno de los recursos naturales de vital importancia, esencial y necesario para el desarrollo de la y las actividades humanas (Romeu-Álvarez, Larrea-Murrell, Lugo-Moya, Rojas-Hernández y Heydrich-Pérez, 2012, p. 7), que está destinado al consumo humano, procedimientos industriales, actividades recreativas, mantenimiento del medio ambiente, etc. (Baird y Cann, 2014, 45). Cuando el agua es potable tiene bajas concentraciones de contaminantes físicos y químicos (Lugo-Arias *et al.*, 2020, 4).

El agua es un elemento primordial para los seres vivos en la tierra (Srivastav y Kumar, 2021, p.17), aunque obtener agua limpia es verdaderamente un reto para los seres humano a debido a que se encuentra con contaminantes químicos y biológicos (Bhardwaj *et al.*, 2021,3). Una intoxicación con agua contaminada puede ocasionar cólera, calentura, tifoidea, paratifoidea, salmonela criptosporidiosis, etc., los humanos pueden contraer dichas enfermedades a causa de las bacterias, microorganismos contagiosos, presentes en el agua, es por esta razón que es necesario la desinfección del agua potable (Kanwar *et al.*, 2020, p. 2).

En la actualidad, la mayor parte del mundo tiene la esperanza de alcanzar mejoras en la seguridad de la vida en condiciones de necesidades primordiales (es decir,

en alimentos, agua potable, refugios, vestimenta) para la población mundial. Entre las necesidades primordiales, el agua potable es de mayor preferencia (Patel, S. K., Singh, D., Devnani, G., Sinha, S., y Singh, D. 2021, p. 8). En países en vías de desarrollo, al rededor del 70% de enfermedades son causadas por infección bacterina esto se debe a la falta de tratamiento del agua potable (Gwimbi et al., 2019, p. 8).

Una de las grandes entidades de velar por es el Índice de Calidad del Agua es la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF WQI), esta organización se desarrolló para los estados unidos. El NSF WQI instauró nueve variables que se debe considerar para medir la calidad del agua, oxígeno diluido, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), temperatura, concentraciones totales de fosfato y nitrato, turbidez y contenido total de sólidos. (Kachroud et al., 2019) Se definieron cinco clases de calidad del agua: roja (muy mala), naranja (mala), amarilla (media), verde (buena) y azul (excelente) (Pérez et al., 2018, p. 7).

El agua bioestable es aquella que no favorece el crecimiento de microorganismos en gran medida, mientras que el agua inestable soporta un gran número de microbios en los sistemas de distribución si no se utiliza suficiente desinfectante. Una de las principales amenazas para la bioestabilidad de aguas superficiales es la eutrofización, caracterizado por el excesivo de sustancias nutritivas, procedentes de actividad humana. Aparte de las alteraciones de la red trófica y la pérdida de diversidad, las grandes floraciones a menudo conducen a un aumento de la turbidez del agua, malos olores y obstrucciones (Liu *et al.*, 2017, p. 4). Además, las producciones de agua potable a menudo enfrentan el desafío adicional de eliminar las toxinas producidas por las cianobacterias.

Valdivieso (2010), manifiesta que la plata es un metal seguro y eficaz con capacidades antimicrobianas. Especialmente como fruto de la nanotecnología, la nanoplata tiene una fuerte actividad antibacteriana, esto se debe a que cuenta con una potente área superficial. Varias investigaciones han demostrado que las nanopartículas de plata destruyen alrededor de 650 especies de microorganismos (p.5). Los microorganismos abarcan considerablemente parte de la biodiversidad de la tierra y son pieza fundamental de los procesos de la biosfera (Amsellem et al., 2017, p. 5). Los recientes avances nanotecnológicos de la plata (AgNP) se ha convertido es uno de los materiales más importantes y fascinantes de las

nanopartículas metálicas (Zhang, Liu, Shen y Gurunathan 2016, p. 8). Estos compuestos de plata poseen una extensa gama de aplicaciones, dependiendo de su dimensión, apariencia y perdurabilidad (Bapat et al., 2018, p. 14). Las nanopartículas han sido utilizadas ampliamente en tratamiento antimicrobianos, los resultados fueron un éxito. (Patala et al., 2021, p. 8). Estos estudios demostraron que las nanopartículas tienen eficaz actividad antimicrobiana debido a la gran superficie específica que poseen. (Rashid et al., 2021, p. 6).

El proceso de desinfección del agua encierra una extensa visión de métodos, estos pueden abarcar desde técnicas de tratamiento convencionales como el tratamiento químico y térmico hasta tratamientos no convencionales como tratamiento ultravioleta, tratamiento eléctrico y tratamiento ultrasónico (Drioli et al., 2017, p. 50). En los tratamientos químicos del agua hace referencia a la adición de agentes químicos como el cloro y ozono, debido a que estos tienen la capacidad de desactivar los microorganismos presentes en el agua. (Fiorati, Bellingeri, Punta, Corsi y Venditti, 2020, p. 10).

El tratamiento del agua potable consta de diferentes pasos que pueden afectar su bioestabilidad final al cambiar sus características de una o más formas (Prest, Hammes, Loosdrecht y Vrouwenvelder, 2016, p. 9). A pesar de que el agua potable que sale de los servicios de producción suele ser de alta calidad, aún puede producirse un recrecimiento microbiano durante la distribución de agua potable biológicamente inestable (Liu *et al.*, 2017, p.). La mayor parte de este recrecimiento se observa cuando se usa agua superficial como fuente, ya que, por un lado, las concentraciones de nutrientes son más altas en comparación con el agua subterránea y no siempre se eliminan lo suficiente para evitar un nuevo crecimiento durante la distribución (Nescerecka, Rubulis, Vital, Juhna y Hammes, 2014, p.); por otro lado, estas aguas a veces están sujetas a fluctuaciones estacionales extremas como la temperatura del agua más alta en verano (Favere, Buysschaert, Boon y De Gusseme, 2020, p. 5; Nescerecka, Juhna y Hammes, 2018, p. 8; Pinto, Schroeder, Lunn, Sloan y Raskin, 2014, p 9.).

Durante el tratamiento de agua potable, se utilizan diferentes técnicas tradicionales, técnicas químicas (halógenos, como cloro, bromo y sus derivados) y físicas (osmosis inversa, ebullición, destilación, etc.). También se utilizan filtros de carbón activado, resinas de intercambio iónico, macetas de tierra, etc. Si bien, la utilización

de alógenos como desinfectante puede poseer diferentes problemas, como toxicidad (cuando se llega a utilizar en concentraciones elevadas) (Srivastav y Kaur, 2020, p. 17). Como parte de las tendencias, se manifiesta el uso de la plata para el tratamiento antimicrobiano del agua, mencionándose que, los iones de plata se han utilizado ampliamente como un desinfectante de agua eficaz o como material antimicrobiano durante muchos siglos.

Con relación a las aplicaciones relacionadas al tratamiento de aguas doméstica, la plata es utilizada, principalmente en los filtros de agua doméstica, ya que estos filtros ayudan a eliminar o reducir la concentración de material particulado, incluidos partículas en suspensión, paracitos, bacterias hongos, y cualquier contaminante indeseable (Mao, 2016, p. 23) Hoy en día, se están realizando una serie de sistemas experimentales para el tratamiento del punto de uso (POU), realizando estudios acerca del uso potencial del de la plata iónica como antiséptico secundario en abastecimiento de agua potable (Singh et al., 2019, p. 8).

La acción antimicrobiana de los iones de plata, se ha incorporado ampliamente contra un grupo extenso de microorganismos, junto con la falta de efectos negativos como sabor, olor y color indeseables. El mecanismo bactericida más conocido del ion plata, es su interactividad con los conjuntos de tiol del residuo de L-cisteína de proteínas y la posterior inactivación de sus funciones enzimáticas. El ion de plata es una especie muy reactiva, que se une fácilmente a las proteínas cargadas negativamente. También se han informado otros mecanismos bactericidas de estos iones, como la liberación de potasio y la unión al ADN y al ARN y la generación de especies de oxígeno reactivo intracelular. Se ha evidenciado que los iones de plata inducen un aumento en la frecuencia respiratoria y la generación de formas reactivas de oxígeno intracelular e interrumpen la función de las enzimas esenciales en la cadena respiratoria, obstruyendo así la transferencia adecuada de electrones (Heidarpour *et al.*, 2011, p. 14).

Quelen -Leticia *et al.*, 2020 manifiesta que el único inconveniente que presenta la plata es su costo elevado, esto se debe a que los productores de sales de plata suelen presentar valores ligeramente costosos, para la obtención de este metal. Como otra opción económica a las nanopartículas de plata, es la utilización de nanopartículas de cobre que se está utilizando en los filtros para mejorar la calidad del agua (p.12).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según Sánchez, Reyes, y Mejía (2018), señaló respecto a la investigación de tipo descriptiva aplicada que, el primer nivel de todo trabajo relacionado a la investigación tiene como base describir el entorno e identificar las características de su entorno actual, por ello la naturaleza descriptiva parte como base de toda investigación (p. 12).

Las revisiones sistemáticas son un resumen claro y bien estructurado de la información disponible, orientada a un tema en específico. (Moreno et al., 2018, p.12). El objetivo principal de una revisión sistemática es evaluar, encontrar, sintetizar y analizar los trabajos realizados a un determinado tema de estudio.

Diseño de investigación

Una revisión sistemática representa un diseño no experimental, analítico, bibliográfico, observacional y retrospectivo (Beltrán, 2005; Sánchez *et al.*, 2018 p. 4), cuyo protocolo de trabajo comienza con la formulación de una interrogante específica y estructurada, con la cual se definió los términos que serán utilizados en la búsqueda de artículos útiles para responder dicha pregunta. La búsqueda se realizó en bases de datos de artículos originales para después seleccionarlos y, a partir de ellos, se obtuvo los datos con los cuales se realizó los análisis estadísticos y finalmente se expuso los resultados del estudio (Moreno, Muñoz, Cuellar, Domancic y Villanueva, 2018, p. 15).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

Para selección de categorías y subcategorías, se seleccionó los temas que ayudaron a distinguirse entre sí, de modo que se detalló mejor. Estas categorías y subcategorías fueron a priori, porque se preparó antes de la recopilación de datos y apareció a partir del desarrollo de este estudio. Ver ANEXO N°1.

Categoría 1: Plata

Subcategoría

Estado físico químico de la plata

Categoría 2: Microorganismo

Subcategoría

Tipo de microorganismo

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio de la investigación fue la Universidad César Vallejo con sede en Lima, institución que lidera por más de 25 años la enseñanza regular en el país. Cuenta con un equipo de reconocidos maestros de educación superior de amplia trayectoria; y con 7 sedes distribuidas a nivel nacional y más de cien mil estudiantes que mantienen el mismo espíritu emprendedor que los caracteriza para enfrentar los problemas y superarlos con éxito.

3.4. Participantes

Los participantes del presente trabajo de investigación fue las bases de datos consultadas Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Pubmed, del cuales se revisó 1865 artículos indexados. Algunos artículos con mayor semejanza al tema propuesto por ello se tomó 12 artículos de investigaciones realizadas a nivel mundial y nacional.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica a utilizar fue el análisis documental mediante el cual se extrajo los fragmentos más relevantes de un artículo y de esta manera facilitó el acceso al mismo. Este análisis comprendió el reconocimiento externo del artículo a través de sus elementos formales (autor, título, entre otros) hasta la descripción conceptual de su contenido (palabras clave o *keywords*) (Rubio, 2005, p. 9).

Los instrumentos utilizados fueron la tabla de registro de datos de cada artículo (ANEXO N°2) y una lista de cotejo conceptualizada Romo-Martínez, (2015, p. 8), como un manual de control que permitió al investigador detectar la documentación más relevante e importante y así lograr mejor búsqueda, analizando los aspectos críticos sobre la misma

3.6. Procedimiento

Según lo descrito por Moreno *et al.*, 2018 se tiene el siguiente protocolo a seguir:

Planteamiento de la pregunta estructurada

La formulación de una interrogante fue el comienzo para realizar la búsqueda de información. Dicha pregunta fue clara y precisa y estuvo orientada a desenlaces significativos de la intervención en estudio.

Búsqueda en base de datos

Se definió los criterios de elegibilidad y el tipo de artículos científicos que se incluyó en la investigación.

Luego se planteó la estrategia de búsqueda que sirvió para realizar la detección de artículos relacionados al tema, con la condición, que debió cumplir con los criterios establecidos anteriormente, asimismo utilizó las bases de datos, teniendo en cuenta los criterios descritos.

Se utilizó términos de múltiples formas para referirse a la temática del presente estudio, con el objetivo de acceder a la mayor cantidad de artículos posibles y elegibles, como los términos MeSH o DeCS Bireme, los cuales reunían diferentes términos que se refieren a la misma idea.

Una vez que se definió los términos se realizó la búsqueda de artículos relacionados a la interrogante principal y teniendo los resultados de la búsqueda, esto fue expuesto en forma clara y precisa.

Selección de los artículos

La clasificación inicial se realizó de acuerdo a los resúmenes y títulos de los artículos que estuvieron disponibles en su totalidad y fueron elegibles.

Después, se analizó todos los artículos seleccionados y se llevó a cabo la selección final a través de los criterios propuestos.

Para facilitar el conocimiento del proceso de selección de artículos se elaboró un diagrama de flujo, donde se especificó desde el número inicial de artículos elegibles hasta los que finalmente fueron incluidos en el estudio, aclarando las razones por los cuales se excluyeron.

Extracción de datos

De los artículos elegidos, se obtuvo toda la información relacionada a la pregunta inicial: el modo en que se llevó a cabo el estudio, nombres de los autores, la intervención, los resultados obtenidos, entre otros.

Los datos fueron colocados en tablas de recolección de información.

3.7. Rigor Científico

El rigor científico de la presente investigación se fundamenta en el uso juicioso e información metodológica, la misma información que ha sido recopilada de diferentes autores e investigadores, por lo que es importante enfatizar que el rigor científico, ya que no existe un estándar para juzgar la calidad de una investigación cualitativa.

Cuando nos referimos a rigor científicos, se refiere a la visualización de construcción de un análisis sistemático, asegurando que el punto final sean datos sólidos, repetibles y duraderos que se puedan construir con confianza para hacer progresar el campo de estudio, implementado, siempre una cuestión inquietante acerca de la precisión de los resultados (Hofseth, 2017, p. 2).

En las investigaciones científicas con orientación cualitativo se define como el grado en que los resultados de un determinado estudio pueden transferirse a otras situaciones con características similares, de ahí es que se considera que, a través de la revisión sistemática, los resultados de este proyecto de investigación se pueden proyectar a otros trabajos a desarrollar (Varela y Vives, 2016, p.3)

3.8. Método de análisis de la información

Para el registro y análisis de datos se usó Microsoft Excel 2019 a fin de determinar la eficiencia antimicrobiana de la plata en agua contaminada.

3.9. Aspectos éticos

Dentro de los aspectos éticos, se planteó de gran importancia las siguientes consideraciones con el fin de garantizar su compromiso en brindar la información real sin alteración alguna en sus resultados.

Para ello, es importante mencionar que el Código de Ética en investigación de la Universidad, nos brindó principios de gran importancia como el respeto por las personas por su autonomía e integridad, justicia, honestidad, rigor científico y responsabilidad en el manejo de los resultados obtenidos. De esta manera, la formación en nuestra institución universitaria nos permitió garantizar el correcto desarrollo de esta investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio de la revisión sistemática de los artículos analizados previamente, se buscaron y recopilamos diversas revisiones de la literatura acerca de la eficiencia de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua. Se encontraron muchos informes sobre este tema, una revisión detallada es esencial para sacar conclusiones basados en todos los resultados de los informes y evitar ambigüedades y tergiversaciones.

La selección de los datos adquiridos se realizó en Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Pubmed. Para poder realizar la presente revisión se tomó como referencia la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), entre los años 2011 hasta 2020.

Para la recopilación de datos se elaboró una tabla con las siguientes distribuciones: Nombre del autor principal, año de la publicación, forma química o estado físico de la plata, tipo de agua, tipo de documento.

Al comenzar con la fase general se incluyeron todas las investigaciones encontradas en la base de datos de en Scopus, ScienceDirect, Pubmed y Web Of Science, sobre estudios relacionados a eficiencia de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua. Durante la búsqueda, se generó una cadena de exploración o agrupaciones de consulta para cada base de datos, para la búsqueda bibliográfica el idioma inglés fue el único idioma que se seleccionó. Fue necesario cambiar la sintaxis de cada búsqueda o criterio de consulta de acuerdo a la base de datos. Las definiciones activas de cada palabra clave también se encuentran en los artículos seleccionados. El análisis final incluyó artículos con hechos, resúmenes y comentarios de los revisores.

En la segunda etapa se realizó una revisión más detallada de los estudios secundarios, dicho de otra manera, las revisiones y reseñas de trabajos que tenían información relacionada a la eficiencia de la plata como antimicrobiano. Estas revisiones presentan sus propias dificultades y requisitos metodológicos, la búsqueda se ha centrado principalmente en las revisiones de artículos científicos indexadas en Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Pubmed. La complejidad del objeto de revisión determinó una dinámica iterativa de búsqueda y consultas de

trabajos fundamentales, así como la inclusión de la revisión de estudios realizados posteriormente.

En el estudio de la investigación se utilizó una combinación de términos específicos, lo cuales han sido tomado del título, objetivos. Por consiguiente, fue necesario definir palabras claves: “silver efficiency”, “performance”, “treatment”, “microorganism and bacteria”

En el procesamiento de la ejecución de selección de datos, se realizó de manera minuciosa, que tuvo como objetivo asociar las investigaciones que tenga una relación común. De la información recopilada inicialmente hubo un criterio muy importante a considerar, que fue el tiempo, se tuvo en cuenta las investigaciones con años específicos de publicación entre 2012 y 2021. Como segundo criterio, este aspecto gira en torno al hecho de que un sitio de búsqueda en particular no tiene restricciones, las investigaciones recopiladas pueden ser nacionales tanto como internacionales. De esta manera, para el tercer criterio se tomó en cuenta el idioma inglés. Como cuarto criterio se centró en encontrar investigaciones específicas relacionadas con las variables de investigación de eficiencia de la plata. Como quinto criterio, se buscaron coincidencias entre las palabras claves, título y resumen de cada artículo, revista o tesis, que se publicaron en la base de datos de en Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Pubmed. Mientras que para su selección más específica se centró en el sexto criterio, que incluyó la lectura crítica y el análisis de cada trabajo realizado.

Selección de datos

Después de buscar toda la información relacionada con la eficacia de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua, las publicaciones se exportan como un archivo CSV, bajo la selección de cada campo de información de cada trabajo realizado como “Autor”, “título”, “año”, “volumen”, “número”, “páginas”, “DOI”, “abstract” y “keywords”. Esta pesquisa fue transcrita en Word para un manejo más rápida y eficaz de todos los artículos relacionado al tema principal. 4

Tabla1: *Lista de las principales investigaciones*

N°	Título de la Investigación	Autor/ Año	Forma Química o Estado Física De La Plata	Tipo de Agua tratada	Tipo de Documento
01	Magnetically Recoverable and Reusable Antimicrobial Nanocomposite Based on Activated Carbon, Magnetite Nanoparticles, and Silver Nanoparticles for Water Disinfection	(Furlan et al. 2017)	Nanopartícula	Agua de Lastre	Artículo
02	Potentials of metallic nanoparticles for the removal of antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes from wastewater: A critical review	(Ezeuko et al. 2021)	Nanopartículas de plata	Aguas residuales	Artículo
03	The New Concept of Antimicrobial Catalysis: Disinfection of Ships Ballast Water.	(Theologides et al. 2017)	Ion plata	Agua de lastre	Artículo
04	Silver nanowire-carbon fiber cloth nanocomposites synthesized by UV curing adhesive for electrochemical point-of-use water disinfection	(Hong et al. 2016)	Nanopartículas de plata y fibra de carbono	Agua de uso doméstico	Artículo

05	A review of recent and emerging antimicrobial nanomaterials in wastewater treatment applications	(Yusuf et al. 2021)	Nanopartículas	Aguas residuales	Artículo
06	Enhancement of antibacterial efficiency at silver electrodeposited on coconut shell activated carbon by modulating pulse frequency	(Ortiz et al. 2018)	Nanopartículas	Agua Potable	Artículo
07	New Insights into the Antimicrobial Treatment of Water on Ag-supported Solids	(Theofilou et al. 2019)	Ion plata	Agua de riego	Artículo
08	Antimicrobial efficacy of biosynthesized silver nanoparticles from different solvent extracts of <i>Waltheria americana</i> root	(Deshi et al. 2016)	Nanopartículas	Estrato acuoso	Artículo
09	Performance of silver nanoparticle fixed on magnetic iron nanoparticles ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Ag}$) in water disinfection	(Sharifi et al. 2018)	Nanopartículas de plata y hierro ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Ag}$)	Agua Potable	Artículo
10	A systematic study of antibacterial silver nanoparticles: efficiency, enhanced permeability, and cytotoxic effects	(Azócar et al. 2014)	Nanopartículas de Plata por Ácidos grasos (AgNP-O, AgNP-L, AgNP-P)	Agua residual	Artículo

11	Efficiency of silver nanoparticles against bacterial contaminants isolated from surface and ground water in Egypt	(Dosoky, Kotb, and Farghali 2015)	Nanopartículas de Plata	Agua Subterránea	Artículo
12	Antimicrobial efficacy and mechanisms of silver nanoparticles against <i>Phanerochaete chrysosporium</i> in the presence of common electrolytes and humic acid	(Huang et al. 2020)	Nanopartículas	Agua electrolítica	Artículo
13	Efficacy of copper–silver ionization for controlling fungal colonization in water distribution systems	(C. H. Chen et al. 2013)	Ion Cobre-Plata	Agua residual doméstica	Artículo
14	Efficacy of copper-silver ionisation in controlling <i>Legionella</i> in complex water distribution systems and a cooling tower: Over 5 years of practical experience	(Walraven, Pool, and Chapman 2016)	Ion Cobre-Plata	Agua residual doméstica	Artículo
15	The Impact of Nano-Silver Doses on Microorganism-Deactivation Effectiveness in Water Circulating in a Cooling Tower Cycle	(Podgórn, Boguniewicz-Zabłocka, and Kłosok-Bazan 2015)	Nanopartícula	Agua de proceso	Artículo

16	Effects of solution chemistry on antimicrobial activities of silver nanoparticles against <i>Gordonia sp.</i>	(D. Chen et al. 2016)	Nanopartículas de plata	Agua residual	Artículo
17	<i>In situ</i> generated silver nanoparticles embedded in polyethersulfone nanostructured membranes (Ag/PES) for antimicrobial decontamination of water	(Patala et al. 2021)	Nanopartículas de plata	Agua Potable	Artículo
18	Antibacterial efficacy of silver nanoparticles and ethyl acetate's metabolites of the potent halophilic (marine) bacterium, <i>Bacillus cereus</i> A30 on multidrug resistant bacteria	(Arul et al. 2017)	Nanopartículas de plata	Agua de Mar	Artículo
19	Efficacy of nano-silver in alleviating bacteria-related blockage in cut rose cv. Movie Star stems	(Li et al. 2012)	Nanopartículas de plata	Agua domestica	Artículo
20	Comparison of <i>Escherichia coli</i> and <i>Klebsiella</i> Removal Efficiency in Aquatic Environments Using Silver and Copper Nanoparticles	(Ghanavat and Jalilzadeh 2021)	Nanopartículas	Aguas residuales	Artículo
21	Evaluation of the antibacterial potential of micrometric and nanometric silver colloids adhered to clay filters	(Campos et al. 2020)	Nanopartículas de plata	Agua de río	Artículo

22	Antibacterial properties and mechanism of graphene oxide-silver nanocomposites as bactericidal agents for water disinfection	(Song et al. 2016)	Nanopartículas de plata	Agua potable	Artículo
23	Novel Multifunctional Carbon Nanotube Containing Silver and Iron Oxide Nanoparticles for Antimicrobial Applications in Water Treatment	(QURBAN et al. 2017)	Nanopartículas de plata	Agua potable	Artículo
24	Recent progress of silver-containing photocatalysts for water disinfection under visible light irradiation: A review	(Shi et al. 2021)	Nanopartículas de plata	Agua de irrigación	Artículo

Fuente: Elaboración propia.

Para el proceso de selección de datos, se realizó una revisión general, comenzó con una estrategia de búsqueda en el cual se logró obtener 1865 artículos científicos de las bases de datos mencionadas anteriormente, a los cuales se le aplicó filtros y se obtuvo 660 resultados. De la misma manera se siguió realizando la búsqueda y eliminando aquellos artículos repetidos, de los cuales se encontraron 660 artículos correspondientes, y finalmente se tomaron 12 artículos que más se asemejan al tema de eficacia de la plata como tratamiento antimicrobiano del agua. Para lograr obtener una mejor comprensión, se puede observar en la siguiente figura

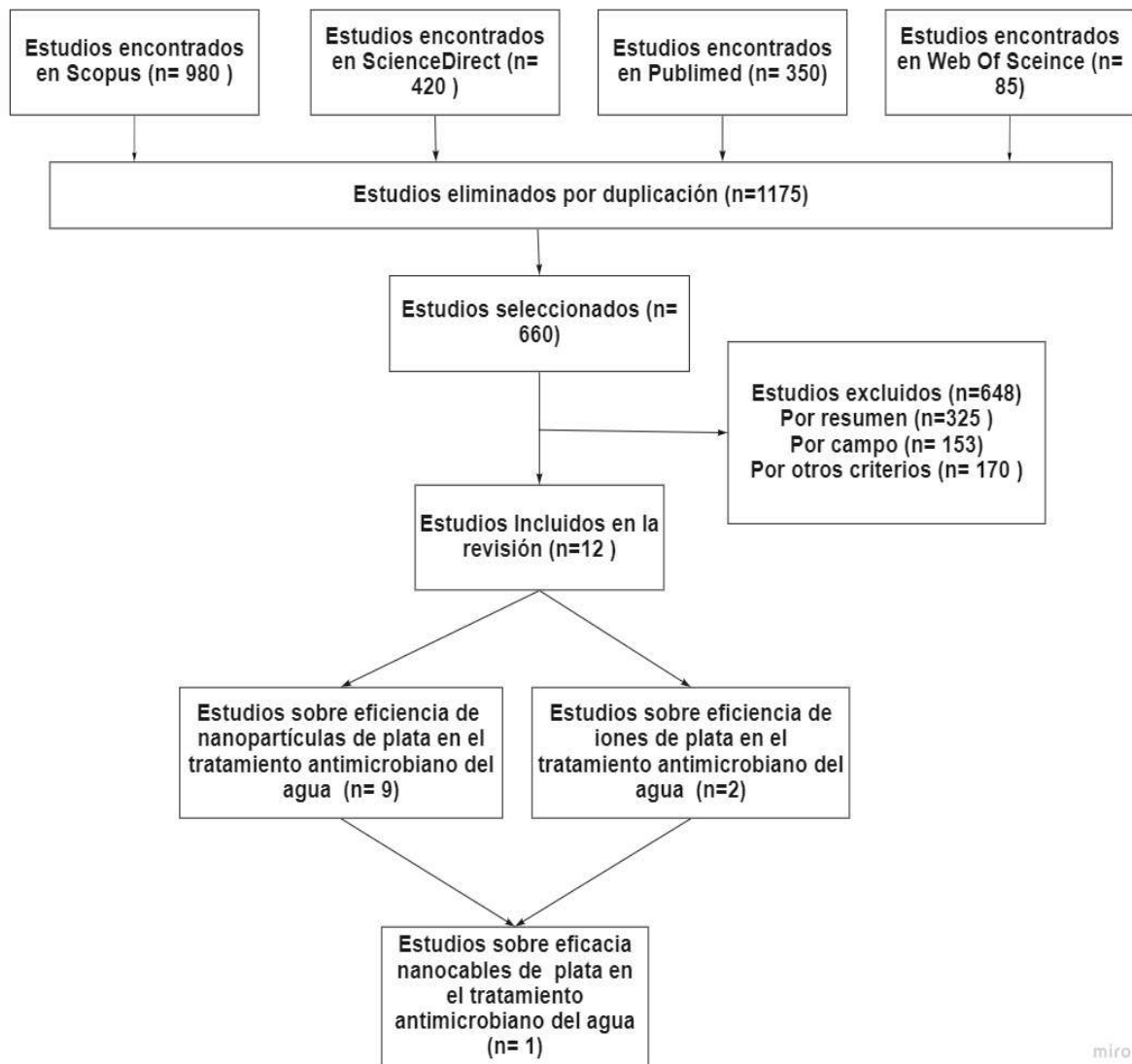


Figura 1: *Resultado de búsqueda*

miro

De la figura anterior se puede observar que han sido 12 artículos seleccionados para poder realizar la presente revisión sistemática, el cual se resume en la tabla que está a continuación:

Tabla 2: *Artículos relacionados al tema*

N°	Título de la Investigación	Autor/ Año	Base de Datos
01	Magnetically Recoverable and Reusable Antimicrobial Nanocomposite Based on Activated Carbon, Magnetite Nanoparticles, and Silver Nanoparticles for Water Disinfection	(Furlan et al. 2017)	Scopus
02	Novel Multifunctional Carbon Nanotube Containing Silver and Iron Oxide Nanoparticles for Antimicrobial Applications in Water Treatment	(QURBAN et al. 2017)	ScienceDirect
03	The New Concept of Antimicrobial Catalysis: Disinfection of Ships Ballast Water.	(Theologides et al. 2017)	Pubmed
04	Silver nanowire carbon fiber cloth nanocomposites synthesized by UV curing adhesive for electrochemical point-of-use water disinfection	(Hong et al. 2016)	Pubmed
05	Evaluation of the antibacterial potential of micrometric and nanometric silver colloids adhered to clay filters	(Campos et al. 2020)	Scopus
06	Antimicrobial efficacy of biosynthesized silver nanoparticles from different solvent extracts of <i>Waltheria americana</i> root	(Deshi et al. 2016)	Scopus
07	Recent progress of silver-containing photocatalysts for water disinfection under visible light irradiation: A review	(Shi et al. 2021)	PubMed

08	Performance of silver nanoparticle fixed on magnetic iron nanoparticles (Fe ₃ O ₄ -Ag) in water disinfection	(Sharifi et al., 2018)	Scopus
09	Efficacy of nano-silver in alleviating bacteria-related blockage in cut rose cv. Movie Star stems	(Li et al., 2012)	Scopus
10	Efficiency of silver nanoparticles against bacterial contaminants isolated from surface and ground water in Egypt	(Dosoky, Kotb, and Farghali 2015)	PubMed
11	Antibacterial properties and mechanism of graphene oxide-silver nanocomposites as bactericidal agents for water disinfection	(Song et al. 2016)	ScienceDirect
12	The Impact of Nano-Silver Doses on Microorganism-Deactivation Effectiveness in Water Circulating in a Cooling Tower Cycle	(Podgórní, Boguniewicz-Zabłocka, and Kłosok-Bazan 2015)	Web Of Science

Fuente: elaboración propia

Evolución del número de publicaciones

En esta sección se evalúa el número de las publicaciones realizadas en los últimos diez años con referencia al tema de la investigación, es por ello que se ha establecido variables de búsqueda. Para documentar el número de investigaciones realizadas en cada año, se buscó coincidencia de las palabras claves: “eficiencia”, “plata”, “agua”, “tratamiento antimicrobiano”, “tratamiento de aguas”, en los campos pertenecientes a título del artículo, keyword y abstract.

Tabla 3: Cuadro resumen de búsqueda

Estrategia	Formulación
1	TITLE-ABS-KEY(Silver AND efficiency)
2	TITLE-ABS-KEY (Silver AND efficiency O perfonce)

3	TITLE-ABS-KEY (Silver AND efficiency O performance AND water treatment)
4	TITLE-ABS-KEY (TITLE-ABS-KEY (Silver AND efficiency O performance AND water treatment AND antimicrobial O antimicrobial treatment))

Fuente: Elaboración propia

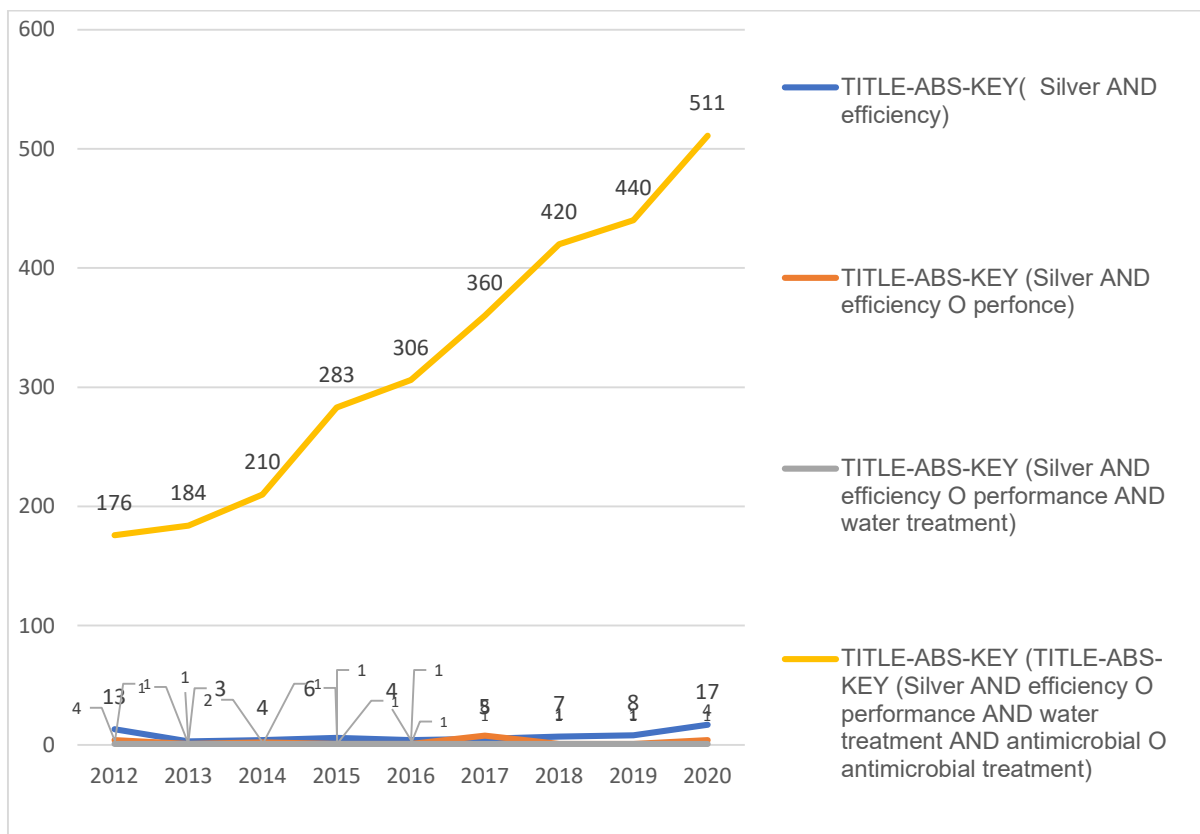


Figura 2: Evolución de las investigaciones

En la **figura 2**, se logra apreciar cómo ha ido incrementando las investigaciones referentes a la plata como antimicrobiano en el tratamiento de aguas, estudios realizados durante los últimos años.

Análisis de datos

Furlan et al.(2017) en su estudio realizado con nanocompuestos de carbón activado y magnetita de plata se incorporan a nanopartículas de plata (MAC), a muestras de agua potable, logró demostrar su eficiencia de 98% en reducción bacteriana, especialmente para microorganismos como *E. coli*, en una suspensión de 10

UFC/ml durante 30 minutos de tratamiento con 0.01mg/ml de MACAg, en los resultados no encontraron ninguna *E. Coli* superviviente en el sedimento, después del tratamiento, demostrando así que el efecto antimicrobiano de MACAg se reduce cuando aumenta la carga biológica de *E. coli* (p. 16).

Asimismo Según Ali et al. (2017), también realizó un estudio de acerca de la contaminación agua potable con *E. coli*. En el cual demostró que los nanocompuestos con partículas de plata de 200 µg/m, tras un tiempo de contacto de 8 horas, tiene un rango muy amplio de actividad antimicrobiana; matan tanto a las bacterias gran-positivas como a las gran-negativas, incluyendo *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutantes* y *Vibrio Harvey*, logrando así, una eficiencia más de 99% de las partículas de plata (p.4).

Además, Deshi et al. (2016) es su estudio propuso determinar las concentraciones mínimas inhibitoras de bacterias presentes en agua potable, mediante extractos de disolventes y nanoparticulas coloidales de plata, realizando ensayos a concentraciones de 50 mg/mL, 100 mg/mL, 200 mg/mL, 400 mg/mL. Donde los resultados demuestran actividad antibacteriana es significativa, a una concentración de 400 mg/mL, WARDEEP desarrolló su rendimiento máximo de actividad microbiana de 26 ± 0.10 mm contra especies de *Proteus*, después de 30 min de contacto logró remover 94% de MPN (p. 3).

Por otro lado, Hong et al. (2016) realizó un estudio buscando encontrar la eficiencia del nanocables de plata, bajo un alto voltaje y una alta concentración de patógenos de las redes conductoras más complejas de AgNWs, utilizando diferentes tamaños de partículas AgNW-CC-1, AgNW-CC-2, AgNW-CC-3 y AgNW-CC-4 fueron de 2.3, 2.1, 2.8 y 3.3 mm, respectivamente, concluyendo que a mayor concentración de AgNW-CC, hay mayor liberación de plata 11,357, 23,084, 45,175 y 81,748 mg en AgNW-CC-1, AgNW-CC-2, AgNW-CC-3 y AgNW-CC-4, siendo estas las concentraciones finales de plata liberada, logrando así la eliminación máxima de 5.35 (99.9999%) log para *E. coli*, infiriendo que en su zona de liberación alcanzó 6mm y el tamaño máximo en AgNW-CC-4 3.3 mm, el cual debilitó a la actividad antimicrobiana, dañando la membrana celular, y causando daño oxidativo en el ADN de los patógenos, afectando así a la actividad antimicrobiana, pero obteniendo 99.9% de eficiencia (p.7).

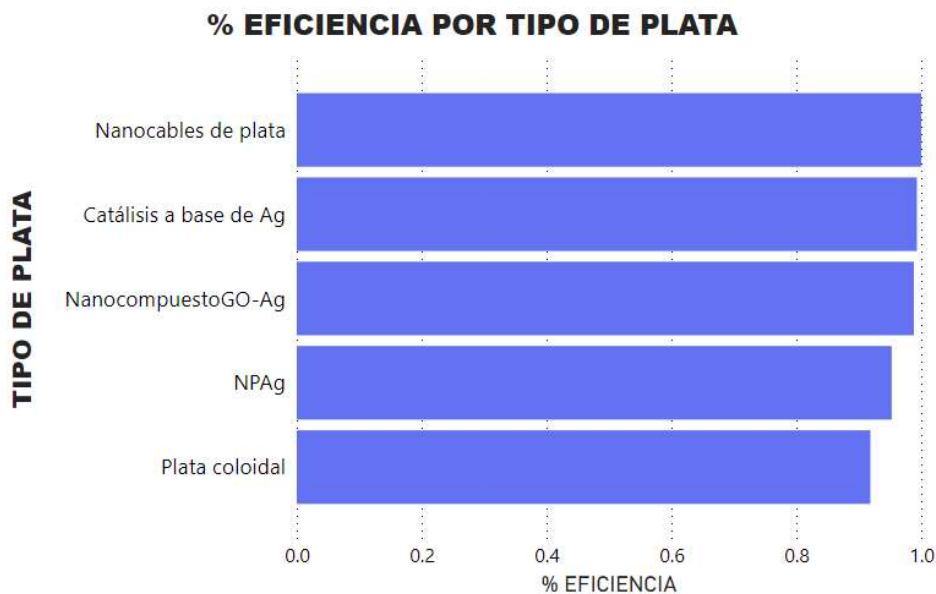


Figura 3: *Eficiencia de plata en sus diferentes formas*

En la **figura 3** se puede observar que cuando se utiliza nanocables de plata se logra obtener eficiencia de 99.99% en el tratamiento antimicrobiano porque sus redes conductoras son más complejas y esto mejora la desinfección debido a sus mayores áreas de contacto y a una utilización más eficiente de la electricidad, seguidamente de una catálisis a base de plata que también remueve los microorganismos presentes en el agua a causa que presenta bimetales que ayudan a mejorar la eficiencia antimicrobiana.

Mientras que Theologides et al. (2017), en su investigación utilizó catálisis antimicrobiana a base de plata para la desinfección de agua de lastre y la remoción de *E. coli*. Logrando demostrar que los catalizadores soportados con plata presentan mayor eficiencia ante la actividad antimicrobiana tanto de gramnegativas como grampositivas, logrando inhibir 99.3% de *E. coli* durante 120 min, también logró encontrar que la reacción se veía favorecida a medida que se iba aumentando la carga de plata (p. 3).

Además Sharifi et al. (2017), realizó ensayos microbianos para evaluar el rendimiento de las AgNP, mediante el método de tubos múltiples, para ello utilizó $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Ag}$ añadido al agua residual. Llegando a determinar el tiempo óptimo de 25 minutos para la eliminación del 99.99% de las bacterias gramnegativas, pero para eliminar *E. coli* el tiempo óptimo es de 60 minutos de contacto con la nanopartícula

de $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Ag}$, tomo 0.05g de $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Ag}$ como valor óptimo para la esterilización del agua residual, logrando así remover más de 99.6% de los microorganismos presentes en aguas residuales (p. 4).

De igual forma Shi et al. (2021) en su estudio buscó examinar el uso de las nanopartículas de plata en fotocatalizadores. Obteniendo como resultado la eliminación de genes microbianos presentes en agua residual, mediante tratamiento fotocatalítico utilizando nanopartículas de plata en condiciones óptimas, la tasa de eliminación de células de *E. coli* a concentración de 0.002/l durante 60 minutos, logró inactivar 97% de *E. coli* demostrando así el rendimiento de desinfección microbiana en los fotocatalizadores y su capacidad antimicrobiana en el tratamiento de aguas residuales (p. 7).

Conforme a lo anterior, Song et al. (2016) en su estudio realizado con nanocompuestos a base de plata GO-Ag para evaluar su eficacia antibacteriana en aguas residuales. Lograron resultados rápidos y claros, alcanzando el 99.99% en un tiempo de 25 min a una concentración de 280 mg/L cuando se trataba de eliminar *E. coli* presentes en aguas residuales, mientras que cuando se encontraba *S. aureus* se logra eliminar el 97.65% a 280 mg/L durante 25 minutos, debido a la permeabilidad de la plata en especies de *S. aureus* fue más difícil ya que tiene una pared celular más gruesa, demostrando así su eficiencia en la remoción de microorganismos (p. 4)

Cuando Campos et al.(2020), en su investigación realizada con micro y nanopartículas de plata adherente en filtros de arcilla, para la eliminación de contaminantes microbianos presentes en aguas del río Moche. Llegando a evidenciar que la eficiencia de la Ag coloidal en el filtro fue de 89.71% en microorganismos heterótrofos mesófilo viables, 90% de eficacia en eliminar coliformes totales, 76.08% en coliformes termo tolerantes/fecales y 54.17% en *E.coli*, mientras tanto cuando se usó nanopartículas de plata se logró mejores resultados, se obtuvo una eficiencia de 97.43% en heterótrofos mesófiles viables, 90% de eficacia en eliminar coliformes totales, 76.08% de coliformes termo tolerantes/fecales y 90% de eficiencia en eliminar de *E.coli* (p. 7)

Sin embargo, en el estudio Dosoky et al. (2015) realizado en aguas subterráneas para evaluar la eficiencia bactericida de AgNPs contra bacterias, aisladas de aguas superficiales y subterráneas en Egipto. Los resultados mostraron que en aguas

superficiales a una concentración de 0.1 ppm fue 192.3 ± 19.3 eliminación de total de bacterias, 60.4 ± 15 de total de coliformes, 36.0 ± 7.3 total de estreptococos fecales y 85.67% de inhibiendo el total de bacterias, 97.77% inhibición de coliformes, 87.42% inhibición estreptococos durante 2 horas; mientras que en aguas subterráneas concentración de 0.1 ppm fue 163.4 ± 40 eliminación de total de bacterias, 46.1 ± 18 de total de coliformes, 2.9 ± 04 total de estreptococos fecales y 75.89% de inhibiendo el total de bacterias, 82.58% inhibición de coliformes, 89.62% inhibición estreptococos durante 2 horas. Concluyendo que la eficiencia bactericida de AgNPs es mayor en aguas superficiales que en el agua subterránea (p. 5).

También Li et al. (2012) es su estudio realizado con agua de jarrones, se buscó realizar pruebas para reducir la contaminación del agua con microorganismos (*Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas sp.*, *Comamonas acidovorans* y *Chryseomonas luteola. P*), después de 7 días de estar estancada. Logrando obtener el efecto antimicrobiano de las partículas fue mayor a 80% cuando la concentración fue de 5 mg/L y cuando se utilizó 50 mg/L de nanopartículas la eficacia antimicrobiana fue 99.99%.

También Podgórní et al. (2015) en su estudio plantearon determinar la eficacia de las nanopartículas de plata como biocida. Los resultados demostraron que a concentraciones muy bajas de sólo 1 g/m^3 durante 48 h de contacto con las nanopartículas, demostró una eficiencia del 86% antimicrobiana (p.7).

En la presente revisión sistemática se propuso explorar la eficiencia la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua debido a que en los últimos años sus aplicaciones como agentes bactericidas, o antimicrobianos se han ido incrementando, esto se debe a que se está incorporando nuevos productos que se pueden realizar en laboratorio, para realizar búsqueda de los estudios realizados utilizamos diferentes bases de datos para poder recopilar información.

El estudio mostrado por Furlan et al. (2017, p.16), demostró que, utilizando nanopartículas de plata en agua potable, logra una eficiencia de 98% de reducción bacteriana durante 30 min. Asimismo, Ali et Al (2017, p. 4), también utilizó nanopartículas de plata para tratar agua potable, pero, a diferencia de Furlan, decidió realizar el tratamiento con nanopartículas durante 8 horas, siendo más eficiente 99.99%, debido a mayor tiempo de contacto, la nanopartícula de plata

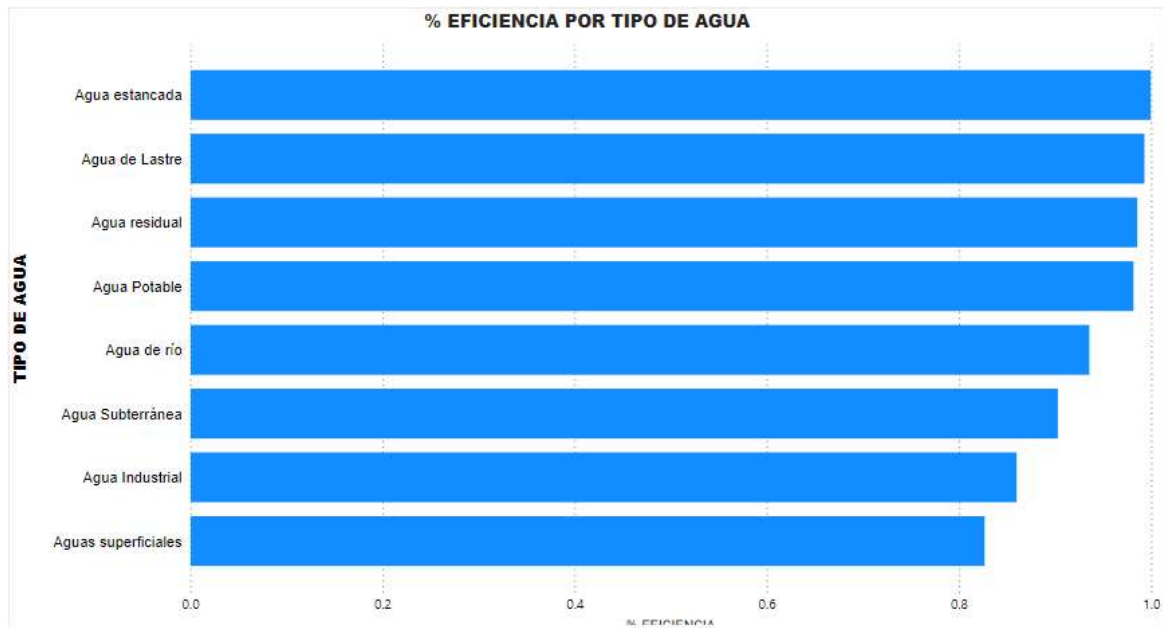
tiende a debilitar la actividad antimicrobiana de patógenos presentes en la muestra, dañando así la membrana celular, especialmente si presenta *E.coli*.

Por otro lado, cuando Song et al.(2016, p. 4), aplicó nanopartículas de plata a aguas residuales, se obtuvo mejor rendimiento, esto se debe a que presenta mayor cantidad de carga de microorganismo y por ello llega a tener eficiencia de 99.99% de remoción de microorganismos a excepción, de que la muestra de agua tenga presencia de *S. aureus* solo se logra una eficiencia de 97.65% durante 25 min, de esta forma Sharifi et al. (2017, p. 4), evaluó la eficiencia de nanopartículas mediante el método de tubos múltiples durante 25 min, logró eficazmente 99.99% la eliminación de bacterias gramnegativas, pero para que tenga igual rendimiento en la remoción de *E. coli* utilizó 60 min.

Sim embargo cuando Campos et al. (2020, p.7), utilizó muestras de aguas del río Moche, se evidenció que la plata coloidal presenta eficiencia de 89.71% sobre microorganismos heterótrofos y 90% para remoción de coliformes, pero cuando se utilizó nanopartículas de plata se logró 97.43% de eficiencia sobre microorganismo heterótrofos y 90% para coliformes.

De igual forma Dosoky et al.(2015, p.5), realizó estudios con agua superficial a fin de evaluar eficiencia bactericida de nanopartículas de plata, frente a bacterias aisladas, logró 85.67% inhibición total de microorganismos presente durante 2 horas y 97.77 % de eliminación de coliformes, a diferencia de la muestra de agua subterránea solo se logró 75.89% erradicación del total de microorganismos y 82.58% eliminación de coliformes durante 2 horas, esto se debe a que el agua superficial se encuentra con mayor cantidad de carga microbiológica, ya que presenta virus, parásitos, protozoos, causando la disminución de eficiencia microbiológica de las nanopartículas de plata .

Incluso Theologides et al. (2017, p. 3), utilizó nanopartículas de plata para esterilización y la eliminación de *E. coli* presente en agua de lastre durante 120 minutos logró resultados favorables, las nanopartículas presentaron 99.3% de eficiencia en la remoción de microorganismo, pero se observó que sí se iba aumentado la carga microbiológica se reducía la eficiencia.



En la **figura 4** se evidencia que la eficiencia de la plata depende la de tipo de agua a tratar, esto se debe a que no contienen la misma carga microbiológica, es decir mientras más microorganismos presentes el agua, menor será su eficiencia antimicrobiana.

Hemos podido apreciar en los estudios realizados, que la plata es un excelente antiséptico antimicrobiano para tratar aguas, especialmente cuando se utiliza en forma de nanopartículas, logra remover más del 99.9% de microorganismos presentes, además no causa ninguna reacción secundaria que logre contaminar el ambiente.

V. CONCLUSIONES

1. La efectividad de la plata depende de los factores presentes; concentración, tipo de microorganismo, tiempo de contacto, haciendo que los microorganismos pierden rápidamente su capacidad de crecer y reproducirse, teniendo una eficiencia de más de 99.99%, en microorganismos.
2. En la revisión sistemática se realizó una búsqueda metódica de artículos científicos, aproximadamente 1865 documentos, de los cuales cumplieron criterios y filtros establecidos como temporalidad, variables de estudio acerca de la eficiencia de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua, microorganismo a eliminar; obteniendo así 12 documentos de las bases de datos de Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Pubmed.
3. Según la literatura consultada Furlar et al (2017), Ali et al. (2017) mostraron que la eficiencia de las nanopartículas de plata como agente antimicrobiano, en el cual se verificó que es altamente efectivo para eliminar microorganismos (*E. coli*) presentes en el agua potable, de la misma manera para bacterias, hongos, virus y protozoos, aunque se reduce su eficiencia contra microorganismos más resistentes, como las esporas.
4. Los estudios mostraron que cuando se trata de *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis*, las nanopartículas e iones de plata alteran la permeabilidad de la pared celular microbiana contribuyendo de esta manera significativamente a mejorar la eficiencia de la capacidad antibacteriana de la plata, quedando claro que las nanopartículas penetran en la pared celular microbiana y por ello hay mejor mecanismo bacteriolítico.

VI. RECOMENDACIONES

1. En relación a la investigación realizada, se trata de un trabajo interesante con un objetivo que busca identificar la eficiencia de la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua, pero es recomendable acotar ciertos elementos sobre el tipo de metodología abordada.
2. Las revisiones sistemáticas son desarrolladas para concretar una evaluación detallada y explícita de la literatura, a partir de una pregunta clara y concisa, una metodología específica y evaluación crítica de cada artículo encontrado. Asimismo, para realizar una revisión sistemática, se debe realizar una síntesis cualitativa de los datos obtenidos, siguiendo un determinado esquema de análisis de datos, con documentos que cuente con alto valor y rigor científico.
3. Elaborar una estrategia de investigación clara y concisa, configurando una estrategia de búsqueda iterativa, seleccionar bases de datos con artículos indexados, también es recomendable elaborar la formación de palabras claves para la búsqueda en cada base de datos así armar un cuadro de búsqueda. Asimismo, se debe recopilar los artículos en una base de datos para que posteriormente se pueda clasificar uno a uno.
4. Finalmente, realizar gráficas o cuadros comparativos para mejor comprensión de los resultados.

REFERENCIAS

Antibacterial efficacy of silver nanoparticles and ethyl acetate's metabolites of the potent halophilic (marine) bacterium, *Bacillus cereus* A30 on multidrug resistant bacteria por Dhayalan Arul *et al.* *Pathogens and Global Health* [s.l], [en línea]. 2017, **111**(7), 367–382 [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1080/20477724.2017.1390829

ISSN 2047-7732

A systematic study of antibacterial silver nanoparticles: efficiency, enhanced permeability, and cytotoxic effect por Azócar, Manuel *et al.*. *Journal of Nanoparticle Research* [s.l], [en línea]. 2014, **16**(9).[consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1007/s11051-014-2465-4 7

ISSN 1572-896X

Evaluation of the Antibacterial Potential of Micrometric and Nanometric Silver Colloids Adhered to Clay Filters por Campos, Asmat *et al.* *International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology* [s.l],[en línea]. 2020, 8.

ISSN 2414-6390.

Efficacy of copper–silver ionization for controlling fungal colonization in water distribution systems por Chen, Chang-Hua *et al.* *Journal of Water and Health* [s.l],[en línea]. 2013, **11**(2), 277–280. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.2166/wh.2013.139

ISSN 1996-7829

E HOFSETH, Lorne J. Getting rigorous with scientific rigor. *Carcinogenesis* [en línea]. 2017, **39**(1), 21–25. [consultado el 5 de noviembre de 2021].

Disponible en: doi:10.1093/carcin/bgx085

ISSN 1460-2180

Effects of solution chemistry on antimicrobial activities of silver nanoparticles against *Gordonia* sp por Chen, Dong *et al.* *Science of The Total Environment* [s.l], [en línea]. 2016, **566-567**, 360–367. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2016.05.037

ISSN 0048-9697

Antimicrobial efficacy of biosynthesized silver nanoparticles from different solvent extracts of *Waltheria americana* root por Deshi, Joseph *et al.* *Journal of Analytical*

Science and Technology [s.l.], [en línea]. 2016, **7**(1). [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1186/s40543-016-0104-7

ISSN 2093-3371

DOSOKY, Reem, KOTB Saber y Mohamed FARGHALI. Efficiency of silver nanoparticles against bacterial contaminants isolated from surface and ground water in Egypt. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research* [en línea]. 2015, **2**(2), 175. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.5455/javar.2015.b79

ISSN 2311-7710

Potentials of metallic nanoparticles for the removal of antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes from wastewater: A critical review por Ezeuko Adaora *et al.* *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. 2021, **41**, 102041. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.jwpe.2021.102041

ISSN 2214-7144

Magnetically Recoverable and Reusable Antimicrobial Nanocomposite Based on Activated Carbon, Magnetite Nanoparticles, and Silver Nanoparticles for Water Disinfection por Furlan Ping *et al.* *Inventions* [s.l.], [en línea]. 2017, **2**(2), 10. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.3390/inventions2020010

ISSN 2411-5134

MASOOMEH, Amani y REZAY Engejeh. Comparison of Escherichia coli and Klebsiella Removal Efficiency in Aquatic Environments Using Silver and Copper Nanoparticles. *J Health Sci Surveillance*. 2021, **2**, 9.

ISSN 0045-6535

Silver nanowire-carbon fiber cloth nanocomposites synthesized by UV curing adhesive for electrochemical point-of-use water disinfection por Hong Xuesen *et al.* *Chemosphere* [s.l.] [en línea]. 2016, **154**, 537–545. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.chemosphere.2016.04.013

ISSN 2411-5134

Antimicrobial efficacy and mechanisms of silver nanoparticles against *Phanerochaete chrysosporium* in the presence of common electrolytes and humic acid por Huang Zhenzhen *et al. Journal of Hazardous Materials* [s.l], [en línea]. 2020, **383**, 121153. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.jhazmat.2019.121153

ISSN 0304-3894

Efficacy of nano-silver in alleviating bacteria-related blockage in cut rose cv. Movie Star stems por Li Hongmei *et al. Postharvest Biology and Technology* [s.l], [en línea]. 2012, **74**, 36–41. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.postharvbio.2012.06.013

ISSN 0925-5214

Enhancement of antibacterial efficiency at silver electrodeposited on coconut shell activated carbon by modulating pulse frequency por Ortiz-Ibarra Héctor *et al. Journal of Solid State Electrochemistry* [s.l], [en línea]. 2017, **22**(3), 749–759. [consultado el 24 de octubre de 2021]. Disponible en: doi:10.1007/s10008-017-3795-9

ISSN 1433-0768

In situ generated silver nanoparticles embedded in polyethersulfone nanostructured membranes (Ag / PES) for antimicrobial decontamination of water por Patala Rapelang *et al. Journal of Chemical Technology & Biotechnology* [s.l], [en línea]. 2021. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1002/jctb.6873

ISSN 1097-4660

The Impact of Nano-Silver Doses on Microorganism-Deactivation Effectiveness in Water Circulating in a Cooling Tower Cycle por Podgórn Ewelina *et al. Polish Journal of Environmental Studies*. [s.l], [en línea]. 2015, **24**, [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.15244/pjoes/43368

ISSN 1230-1485

The Impact of Nano-Silver Doses on Microorganism-Deactivation Effectiveness in Water Circulating in a Cooling Tower Cycle por Podgórn Ewelina *et al. Polish Journal of Environmental Studies* [s.l], [en línea]. 2015, **24**, 2321–2327. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.15244/pjoes/43368

ISSN 1230-1485

Performance of silver nanoparticle fixed on magnetic iron nanoparticles () in water disinfection por Sharifi Roya *et al. Micro & Nano Letters* [s.l], [en línea]. 2018, **13**(4), 436–441. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1049/mnl.2016.0727

ISSN 1750-0443

Recent progress of silver-containing photocatalysts for water disinfection under visible light irradiation: A review por Shi Yijun *et al. A review. Science of The Total Environment* [s.l], [en línea]. 2022, **804**, 150024. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150024

ISSN 0048-9697

Antibacterial properties and mechanism of graphene oxide-silver nanocomposites as bactericidal agents for water disinfection por Song Biao *et al.* [s.l], [en línea]. 2016, **604**, 167–176. [consultado el 24 de octubre de 2021]. Disponible en: doi:10.1016/j.abb.2016.04.018

ISSN 0003-9861

New insights into the antimicrobial treatment of water on Ag-supported solids por Theofilou Stathis *et al. Archives of Biochemistry and Biophysics* [s.l], [en línea]. 2018, **94**(4), 1134–1143. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1002/jctb.5860

ISSN 0268-2575

The new concept of antimicrobial catalysis: Disinfection of ships ballast water por CP, Theologides *et al. Journal of Chemical Technology & Biotechnology* [s.l], [en línea]. 2017, **1**(1). [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.16966/2576-6430.101

ISSN 2576-6430

WALRAVEN, Nikolaj, WIEBE Pool y CONRAD, Chapman. Efficacy of copper-silver ionisation in controlling Legionella in complex water distribution systems and a cooling tower: Over 5 years of practical experience. *Journal of Environmental and Toxicological Studies* [s.l], [en línea]. 2016, **13**, [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.jwpe.2016.09.005

ISSN 2214-7144

A review of recent and emerging antimicrobial nanomaterials in wastewater treatment applications por YUSUF Ahmed *et al.* *Journal of Water Process Engineering* [s.l.], 2021, **278**, 130440. [consultado el 24 de octubre de 2021].

Disponible en: doi:10.1016/j.chemosphere.2021.130440

ISSN 0045-6535

ANEXOS

ANEXO N°1: Matriz Apriorística

Problemas específicos	Objetivos específicos	Categoría	Hipótesis	Subcategoría	Criterios
¿Cuál es la eficacia la plata en el tratamiento antimicrobiano del agua?	Estudiar la actividad microbiana de la plata en muestras de diferentes tipos de agua	•Plata	<ul style="list-style-type: none"> • La nanopartículas e iones de plata suelen ser eficientes en el tratamiento antimicrobiano del agua. • Será factible el uso de la plata para la eliminación de microorganismos presentes en el agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado físicos y químicos • Tipos de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño • Tiempo
	Reconocer los microorganismos contaminantes del agua que se traten con plata	• Microorganismo	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de microorganismo 	• Procedencia	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°2: Definición y operacionalización de variables

Variable	Definición	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores
Eficacia de la Plata (VI)	Capacidad de producir un efecto significativo sin desperdiciar materiales, tiempo, calidad o grado de eficacia	Variable a base de plata que se evaluará la capacidad de inhibir microorganismos	Inhibición	Atenuar o destruir a los microorganismos productores de infecciones en el humano
			Análisis	Comparación de resultados de diferentes trabajos de investigación
			Manejo de información	Se percibe mejor eficacia en tratamientos con menor carga microbiológica
Tratamiento antimicrobiano (VD)	Sustancia que destruye microorganismos, tales como bacterias, virus u hongos, o les impide su desarrollo y crecimiento	Elemento a base de plata que contrarresta los microorganismos presentes en los diferentes tipos de agua, todo ello con relación a la eficiencia.	Estimulación	Aumento de la función de las células
			Depresión	Disminución de la función de las células
			Irritación	Estimulación violenta de las células
			Reemplazo	Sustitución de una sustancia

ANEXO N°3: Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. MUNIVE CERRÓN, RUBEN VICTOR**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 1: Instrumento de recolección de datos**
 1.5. Autores del instrumento: **Perez Piña, Patar**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INADEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGIA	La estrategia respalda una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 08 de octubre de 2021


 Dr. RUBEN MUNIVE CERRÓN
 CIP N° 38103

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombre: ING. DEL CASTILLO VELA, ERIK
 1.2. Cargo e institución donde labora: Ingeniero en CESEL S.A.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales.
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de recolección de datos
 1.5. Autor del instrumento: Pérez Piña, Paitier

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Este formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Este adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Este adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													
6. INTENCIONALIDAD	Este adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:
85%

Lima, 17 de noviembre de 2021



Erik del Castillo Vela
 INGENIERO ANGIENIERO
 CIP 109480

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ING. CASANA BARRERA, RAÚL EUGENIO**
 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Ingeniero en CESEL S.A.**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Instrumento de recolección de datos**
 1.5. Autores del instrumento: **Perez Piña, Peltier**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 05 de octubre de 2021


RAUL EUGENIO CASANA BARRERA
INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 94570

ANEXO N°4: Relación de artículos seleccionados.

Título	Autor	Tipo De Agua	Forma Físico Química De La Plata	Tiempo (minutos)	Microorganismo	% Eficiencia
Magnetically Recoverable and Reusable Antimicrobial Nanocomposite Based on Activated Carbon, Magnetite Nanoparticles, and Silver Nanoparticles for Water Disinfection	(Furlan et al. 2017)	Agua Potable	NPAg	30	<i>Escherichia Coli</i>	98.00%
Efficacy of nano-silver in alleviating bacteria-related blockage in cut rose cv. Movie Star stems	(Li et al., 2012)	Agua estancada	NPAg	60	pseudomonas fluorescens	99.99%
The New Concept of Antimicrobial Catalysis: Disinfection of Ships Ballast Water.	(Theologides et al. 2017)	Agua de Lastre	Catálisis a base	120	Escherichia Coli	99.30%
Silver nanowire carbon fiber cloth nanocomposites synthesized by UV curing adhesive for electrochemical point-of-use water disinfection	(Hong et al. 2016)	Agua Potable	Nanocables de plata	20	Escherichia Coli	99.99%
	(Campos et al. 2020)	Agua de río	Plata coloidal	20	microorganismos heterotrofos	89.71%

Evaluation of the antibacterial potential of micrometric and nanometric silver colloids adhered to clay filters		Agua de río	NPAg	20	microorganismos heterotrofos	97.43%
Antimicrobial efficacy of biosynthesized silver nanoparticles from different solvent extracts of <i>Waltheria americana</i> root	(Deshi et al. 2016)	Agua Potable	Plata coloidal	30	Proteus	94.00%
Recent progress of silver-containing photocatalysts for water disinfection under visible light irradiation: A review	(Shi et al. 2021)	Agua residual	NPAg	60	Escherichia Coli	97.00%
Performance of silver nanoparticle fixed on magnetic iron nanoparticles (Fe ₃ O ₄ -Ag) in water disinfection	(Sharifi et al., 2018)	Agua residual	NPAg	60	Escherichia Coli	99.60%
Novel Multifunctional Carbon Nanotube Containing Silver and Iron Oxide Nanoparticles for Antimicrobial Applications in Water Treatment	(QURBAN et al. 2017)	Agua Potable	NPAg	120	Staphylococcus aureus	99.00%
		Agua Potable	NPAg	120	Bacillus subtilis	99.00%
		Agua Potable	NPAg	120	Escherichia Coli	99.00%
Efficiency of silver nanoparticles against bacterial contaminants isolated from surface and ground water in Egypt	(Dosoky, Kotb, and	Agua Subterránea	NPAg	120	coliformes, bacterias y estreptococos	90.29%

	Farghali 2015)	Aguas superficiales	NPAg	180	coliformes, bacterias y estreptococos	82.67%
Antibacterial properties and mechanism of graphene oxide-silver nanocomposites as bactericidal agents for water disinfection	(Song et al. 2016)	Agua residual	NanocompuestoGO- Ag	25	Escherichia Coli	99.99%
		Agua residual	NanocompuestoGO- Ag	25	Staphylococcus aureus	97.65%
The Impact of Nano-Silver Doses on Microorganism-Deactivation Effectiveness in Water Circulating in a Cooling Tower Cycle	(Podgórní, 2015)	Agua Industrial	NPAg	20	Legionella	86.00%

Fuente: elaboración propia

