



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión Sistemática: Técnica de Tratamiento de Efluentes

Mediante la Aplicación de Nano partículas

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Challco Casa, Raúl Anhydrouw (ORCID: 0000-0001-9610-4768)

Goyzueta Auccaylle, Arazely (ORCID: 0000-0002-7227-8357)

ASESOR:

Mg. Ugarte Alván, Carlos Alfredo (ORCID: 0000-0001-6017-1192)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones recibidas en cada momento de mi vida, a mis padres y mi pareja por los ejemplos de perseverancia y constancia, así como por su motivación constante, por sus valores, consejos que me brindaron y me brindaran siempre. Y del mismo modo a todas las personas que me apoyaron directa e indirectamente para cumplir este objetivo.

Raúl A. Chalco

Se le dedico a Dios quien es forjador de mi camino, el que me acompaña y siempre me levanta en mis tropiezos, a la memoria de mi madre y mi padre quienes con su apoyo, trabajo, amor y sacrificio pude lograr uno de mis objetivos. A mis hermanas y mi pareja por su compañía, motivación y consejos que me brindan siempre. A mi sobrina Antonella Falconi Goyzueta quien es mi motivación en la vida.

Arazely Goyzueta

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi familia, compañeros de estudio y a mi pareja por brindarme todo el apoyo para el desarrollo de este trabajo de investigación. Así mismo expresamos nuestro agradecimiento a los asesores, docentes y profesionales que nos brindaron el conocimiento necesario y quienes con su exigencia se pudo lograr que la investigación sea exitosa.

Raúl A. Chalco

Agradezco a mi familia, compañeros de la universidad y a mi pareja por motivarme, brindarme su apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo de investigación. Así mismo expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Cesar Vallejo, a los asesores y docentes por brindarnos esta oportunidad para desarrollar nuestro trabajo de investigación.

Arazely Goyzueta

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III.MÉTODOLÓGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	15
3.3 Escenario de estudio	17
3.4 Participantes	17
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.6 Procedimientos.....	17
3.7 Rigor Científico.....	19
3.8 Método de análisis de la información.....	19
3.9 Aspectos éticos	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS	55

Índice de tablas.

<i>Tabla 1. Matriz apriorística</i>	16
<i>Tabla 2. Tipo de nanopartícula más usada</i>	21
<i>Tabla 3. Materiales absorbentes considerados materiales verdes</i>	26
<i>Tabla 4. Parámetros que influyen en la técnica de tratamientos</i>	31

Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 1. Descripción de la distribución de la población y la disponibilidad de agua en todo el mundo</i> -----	4
<i>Figura 2. Proyección de los flujos de efluentes de aguas residuales hacia los cuerpos de aguas superficiales</i> -----	6
<i>Figura 3. Métodos de síntesis, méritos, deméritos y aplicaciones de las nanopartículas</i> -----	9
<i>Grafico 1. Procedimiento de seleccion de articulos</i> -----	18

Índice de abreviaturas

NP	: Nanopartículas
NPM	: Nanopartículas metálicas
RE	: Efluente crudo
EDTA	: Ácido etilendiaminotetraacético disódico
VAC	: Carbón activado vegetal
La	: Lantano
nZVI	: Hierro cero-valente
OMS	: Organización Mundial de la Salud
CuO	: Óxido de cobre

RESUMEN

De acuerdo a la búsqueda para determinar el problema de ¿cuáles son los aspectos más resaltantes de la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas?, se buscó realizar una investigación de tipo aplicada en la cual se recolectó 65 artículos científicos con la ayuda del análisis documental y la ficha de recolección de datos, donde se seleccionaron únicamente 32 artículos al estudio, dando los siguientes resultados.

El tipo de nano partículas más usadas como técnicas de tratamientos de efluentes, son las nanopartículas de hierro; así mismo el óxido de hierro (Fe_2O_3) fue uno de los más empleados, seguido de la magnetita (Fe_3O_4), hierro cero-valente (nZVI) y el hierro (Fe) y ello es debido a que, las nanopartículas de hierro tienen una capacidad de eliminación de contaminantes muy alta y rápida en la etapa inicial de la reacción de degradación. Los materiales absorbentes considerados materiales verdes usados durante la síntesis de las técnicas de tratamientos de efluentes o síntesis orgánicas, se apoyan en biomoléculas presentes en organismos como plantas, algas, bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras. Los parámetros que influyen en la técnica de tratamientos de efluentes son el pH, la T° y el tiempo de contacto. Donde un pH bajo es el ideal, así como en tiempos de 50 minutos a más se presenta una mayor remoción de los contaminantes en los efluentes y la temperatura va de 25 a 30 $^\circ\text{C}$, presentando en esa temperatura el equilibrio adecuado para una mayor remoción.

Palabras clave: Efluentes, tratamientos, aplicando, nano, partículas

ABSTRACT

According to the search to determine the problem of what are the most outstanding aspects of the effluent treatment technique through the application of nanoparticles, we sought to conduct an applied research in which 65 scientific articles were collected with the help of documentary analysis and the data collection form, where only 32 articles were selected for the study, giving the following results.

The type of nanoparticles most used as effluent treatment techniques are iron nanoparticles; iron oxide (Fe_2O_3) was one of the most used, followed by magnetite (Fe_3O_4), zero-valent iron (nZVI) and iron (Fe) and this is due to the fact that iron nanoparticles have a very high and fast pollutant removal capacity in the initial stage of the degradation reaction. The sorbent materials considered as green materials used during the synthesis of effluent treatment techniques or organic synthesis are based on biomolecules present in organisms such as plants, algae, bacteria, fungi, actinomycetes and yeasts. The parameters that influence the effluent treatment technique are pH, T° and contact time. Where a low pH is the ideal, as well as in times of 50 minutes or more there is a greater removal of pollutants in the effluents and the temperature ranges from 25 to 30 $^\circ\text{C}$, presenting at that temperature the right balance for greater removal.

Keywords: Effluent, treatments, applying, nano, particles

I. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua es una preocupación creciente debido al cambio climático, el crecimiento de la población y la economía mundial y las dietas cambiantes. (Jaeger William et al., 2017, p.1).

El cambio climático, las sequías severas, el crecimiento de la población, el aumento de la demanda y la mala gestión durante las últimas décadas han acentuado aún más los escasos recursos de agua dulce en todo el mundo provocando una grave escasez de agua en muchas regiones (Debaere P. y Kapral A., 2021, p.1).

El estrés hídrico captura los niveles más bajos de los principales acuíferos (Richey Alexandra S. et al., 2016, p.3). El agotamiento de los ríos que tal vez ya no lleguen a los océanos y la disminución de los caudales ambientales que afectan negativamente a la calidad del agua, los servicios de los ecosistemas y la vida acuática (Mishra Binaya K. et al., 2021, p.1).

Las medidas de escasez de agua, por otro lado, revelan una disminución de la disponibilidad de agua por persona y señalan una falta de acceso al agua potable para las necesidades básicas humanas (Brauman Kate A. et al., 2016, p.2).

Las empresas de agua abordan la escasez al proporcionar una fuente alternativa de agua, aumentar el suministro de agua, suministrar de forma intermitente e incluso suministrar agua a granel en condiciones de escasez severa (Hashim H. et al., 2021, p.3). Por otro lado, muchos hogares recogen agua en tanques de almacenamiento de edificios para hacer frente al suministro insuficiente de agua potable debido a las frecuentes interrupciones; aunque, todas estas prácticas podrían plantear riesgos cruciales para la calidad química y microbiológica del agua (Lund S. y Josefine B., 2021, p.2).

Además, se debe tener en cuenta que la escasez de recursos hídricos, especialmente debido a la destrucción ambiental progresiva con respecto a las prácticas de consumo humano, estrechamente vinculadas a la pérdida de la vida y la reducción del desarrollo socioeconómico en todo el mundo. (Vollmer D. y Harrison I., 2021, p.3). En gran parte de Latinoamérica el sistema de agua potable presenta vulnerabilidad significativa (Bell Martha G., 2021, p.3).

En marzo de 2017 las lluvias relacionadas con El Niño en la costa de Perú provocaron más de cuarenta flujos de escombros en las estribaciones andinas más bajas cerca de Lima (Bedoya D., 2017, p.1). Estos flujos, conocidos localmente como huaycos, han resultado en una turbiedad extremadamente alta en el río Rímac, el canal que conduce a través de Lima. La turbidez, combinada con otros desechos sólidos, impidió que la planta almacenara agua, lo que detuvo la producción durante varios días. (Rosas Mejía L., 2017, p.1).

Es bien sabido, y muchas veces repetido, que Lima es la segunda ciudad del mundo ubicada en el desierto y que Perú experimenta un gran desequilibrio entre la disponibilidad de agua dulce (ubicada en el lado amazónico/Atlántico del país) y los principales centros de población, incluyendo Lima (ubicado en el lado del Pacífico) (Gestión, 2017, p.1).

La sostenibilidad global no se logrará sin garantizar la disponibilidad de agua potable para todos los consumidores; Aunque uno de los principales objetivos de la Agenda de las Naciones Unidas 2030 para el desarrollo global sostenible. (Assembly G., 2016, p.1).

Debido a la problemática expuesta se están tomando medidas para mitigar los escenarios actuales ya presentados, entre las que se encuentra el tratamiento de aguas residuales (efluentes domésticos, urbanos e industriales) (CoXon C. et al., 2021, p.2).

Tanto el agua potable como las aguas residuales requieren la implementación de acciones que incorporen tratamientos menos contaminantes, más eficientes, de bajo costo y más aplicables (Salehi Maryam, 2022, p.2).

Sin embargo, la mayoría de los tratamientos están disponibles utilizando productos químicos con impactos negativos en el medio ambiente, son ineficaces y siguen siendo costosos para la mayoría de los países. (Angelakis A. et al., 2018, p.1).

La nanotecnología tiene un gran potencial para mejorar la eficiencia de la purificación y descontaminación del agua; los nanomateriales son eficaces para eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos y metales pesados de las aguas residuales y matar microorganismos (Bavasso I. et al., 2016, p.2). Las

características distintivas de los óxidos metálicos los convierten en la clase de materiales más variada y tienen propiedades que cubren casi todos los aspectos de la física del estado sólido y la ciencia de los materiales (Naseem T. y Durrani T., 2021, p.1)

Es así que, que se presenta como problemática:

¿Cuáles son los aspectos más resaltantes de la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas?; y como problemas específicos se propuso:

PE1: ¿Cuál es el tipo de nanopartícula más usada como técnica de tratamiento de efluentes?

PE2: ¿Cuáles son los materiales adsorbentes considerados materiales verdes usados durante la síntesis de las técnicas de tratamientos de efluentes?

PE3: ¿Cuáles son los parámetros que influyen en la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas?

Y como objetivo general se tiene:

Determinar los aspectos más resaltantes de la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas; y los objetivos específicos son:

OE1: Analizar el tipo de nanopartícula más usadas como técnica de tratamiento de efluentes

OE2: Clasificar los materiales adsorbentes considerados materiales verdes usados durante la síntesis de las técnicas de tratamientos de efluentes

OE3: Identificar los parámetros que influyen en la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas

Este estudio tiene una justificación teórica; debido a que recolectará y analizará sistemáticamente estudios actualizados que apliquen la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas; buscando dar a conocer la

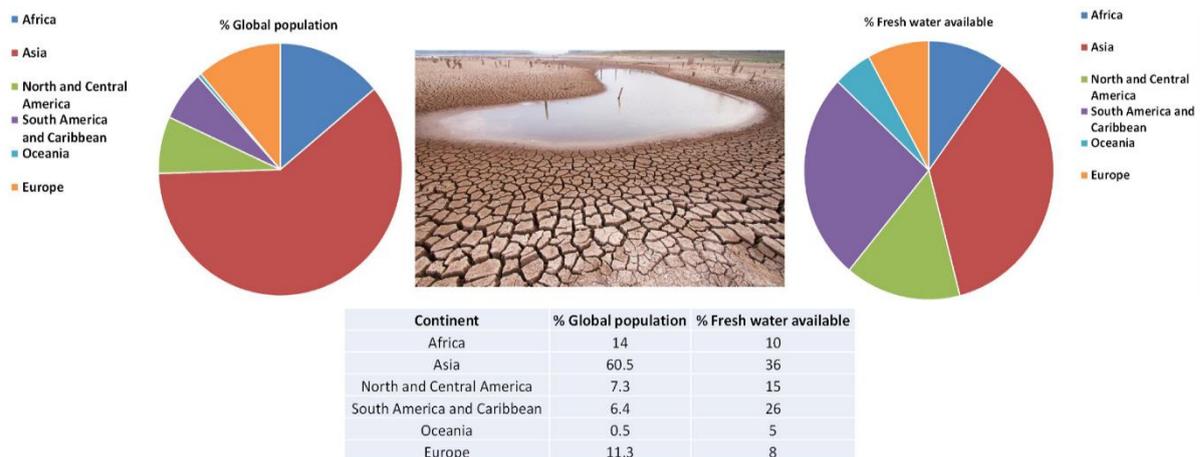
importancia de las nano partículas; así como brindar un aporte literario con estudios a nivel mundial que sirvan para futuros estudiantes.

II. MARCO TEÓRICO

El agua es la base de la vida y una necesidad básica para todos, sin embargo, se está convirtiendo en un recurso natural cada vez más escaso y degradado para millones de personas en todo el mundo. (Asian Development B., 2016, p.2). Donde, la utilización descontrolada de los recursos naturales para abastecer las demandas de agua de una población en constante crecimiento ha provocado una escasez mundial (Masago Yoshifumi, et al., 2019, p.2).

El estrés hídrico está aumentando rápidamente, especialmente en las naciones en desarrollo del mundo; según las Naciones Unidas, el uso global del agua durante el último siglo ha crecido al doble del ritmo de aumento de la población (Duan Kai et al., 2019, p.1). Como resultado, aproximadamente 1200 millones de personas viven en áreas de escasez física de agua, donde los suministros de agua son inadecuados para satisfacer la demanda. (Al Ghazawi Z. y Alawneh R., 2021, p.29. (Ver figura 1).

Figura N°1. Descripción de la distribución de la población y la disponibilidad de agua en todo el mundo



Extraído de: Biswas A. y Tortajada C., (2019)

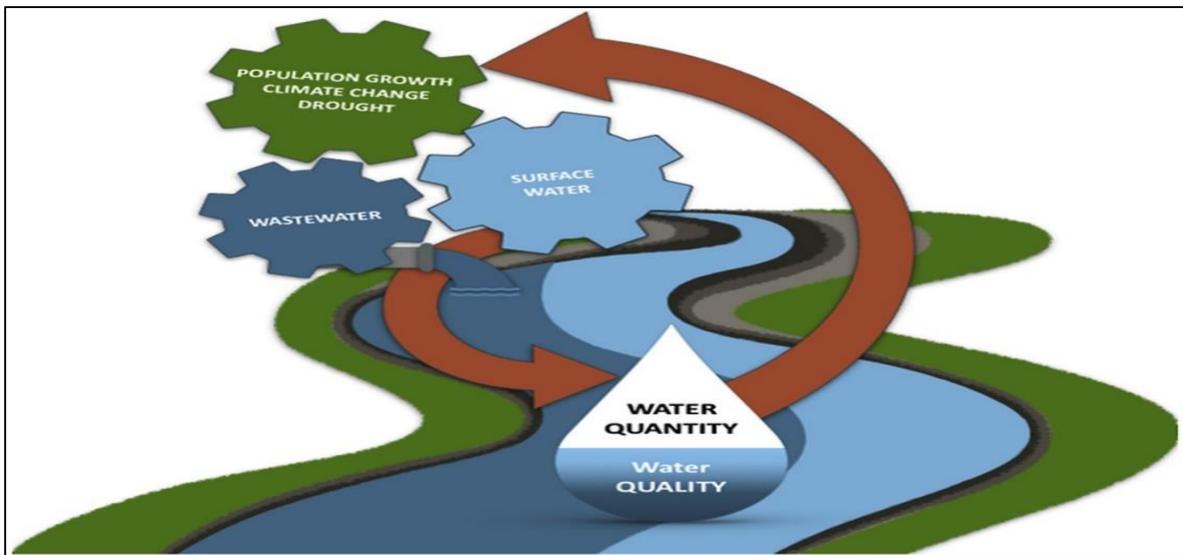
Como se muestra en la figura 1, una breve descripción de la población y la participación de la disponibilidad de agua dulce en diferentes continentes para resaltar el problema de la escasez de agua.

De manera similar, el agua apropiada necesaria para diferentes aplicaciones de una población en rápido crecimiento se ha convertido en uno de los principales desafíos en los últimos años (MAJUM M., 2016, P.1). En los casos en que la escasez de agua actual aumentó rápidamente y afectó el número de consumidores comerciales, comerciales, industriales, industriales y agrícolas aumentados en todo el mundo (Mohammadi Ali et al., 2020, p .2).

es un tema importante porque el aumento de la producción de alimentos para cumplir con la población futura deberá lograrse con los mismos recursos hídricos (Bivins Aaron W. et al., 2017, p.2). El aumento de la población y el cambio climático son cargas añadidas a la crisis mundial del agua (Charalambous B. y Laspidou C., 2017, p.4).sa Más de 1.100 millones de personas tienen un acceso inadecuado al agua potable a nivel mundial, y aproximadamente 2.600 millones de personas carecen de instalaciones básicas de saneamiento (Mastaller M. y Klingel P., 2018, p.3).

Las descargas no reguladas de aguas residuales en los recursos de agua dulce también están contaminando los recursos hídricos disponibles y haciéndolos no utilizables (Fraga Florencia A. et al., 2017, p.2). Es por eso que la discrepancia entre el suministro y la demanda de agua se está convirtiendo lenta pero constantemente en un problema, lo que puede generar conflictos y desigualdades en los diversos países (Omidinia A., et al., 2021, p.3).

Figura N°2. Proyección de los flujos de efluentes de aguas residuales hacia los cuerpos de aguas superficiales



Extraído de: Siddiqui S. et al., (2020)

La escasez de suministro de agua también provocado conflictos entre países, creando sequías prolongadas, cierre de unidades industriales, desplazamiento de habitantes locales, etc. (Madhav Sughosh et al., 2018, p.3).

Como se observa en la figura 2, donde se muestra como las aguas residuales vertidas en los cuerpos de agua alteran la calidad y la cantidad de esta misma, trayendo consigo repercusiones en las aguas superficiales lo que va generar aspectos negativos por el crecimiento de la población, el cambio climático y la sequía.

Es así que, los centros de población en crecimiento pueden afectar la calidad del agua al descargar efluentes de aguas residuales tratadas, que generalmente son de menor calidad que las aguas superficiales receptoras; dependiendo del flujo base y los factores ambientales, esto podría disminuir la calidad del agua (Bai Y. et al., 2020, p.3).

La descarga de efluentes es tan importante como controlar la seguridad alimentaria, ya que, un control deficiente puede destruir las plantas de tratamiento de efluentes, si un gran procesador de alimentos tiene una planta de efluentes en el lugar, esto

puede hacer que se detenga la producción o que el efluente sea transportado en cisternas fuera del sitio (Luo Jiafa et al., 2017, p.3).

El proceso final de tratamiento de aguas residuales adoptado por un fabricante en particular está claramente determinado por una serie de factores, el más importante de los cuales es el control por parte de las autoridades de muchos países sobre la cantidad y calidad de los desechos vertidos y cómo se pueden eliminar (Adapa Vujayanand et al., 2022, p.40). Según Taylor J. et al., (2016, p.2), se pueden considerar una variedad de métodos de tratamiento de aguas residuales, como los siguientes pasos:

1. Las aguas residuales se descargan a la tierra, los ríos o el mar sin tratamiento.
2. Las aguas residuales son evacuadas y tratadas en un vertedero o incineradas.
3. Las aguas residuales se tratan parcialmente en el sitio (p. ej., mediante lagunas) antes de su posterior tratamiento o eliminación por una de las otras rutas designadas.
4. Parte de las aguas residuales de salida no se tratan y se vierten según el primer o segundo caso, el resto se trata en la planta de tratamiento o en el sitio antes de la descarga.
5. Todos los desechos se envían a sanitarios para el tratamiento, aunque puede ser reacio a tomar la higiene para aceptarla, esto puede llevar a las necesidades de tratamiento preliminar en el sitio. Y la proporción se identifica y compone de aguas residuales.
6. Todo el efluente se trata en la fábrica antes de su descarga.

Esto quiere decir, que el suministro de agua superficial para una cuenca depende del agua local generada a partir de las precipitaciones y las conexiones de agua con otras cuencas (Brandt Malcolm J. et al., 2016, p.2015). Estas conexiones están limitadas por la topografía y la infraestructura y responden de manera diversa a factores estresantes como el cambio climático, el crecimiento de la población y el aumento de la demanda de energía y agua (Farmani R. et al., 2021, p.3).

De manera similar, el agua contaminada es un problema de salud pública grave, ya sea debido a enfermedades a corto plazo, como vómitos y diarrea, puede deberse a una enfermedad microbiana o a largo plazo, con acumulación biológica de agujas

de tipo pesado (Magalhaes Ghiotto G. et al., 2021, p.3). La diarrea aguda, debido a la contaminación del agua, es responsable de la muerte de 829,000 personas en todo el mundo, cada año (OMS, 2019).

Además, en los contaminantes acuáticos, puede ver la aparición de contaminantes emergentes, como pesticidas, medicamentos, productos de higiene, surfactantes, industria adicional, nanopartículas y endocrinismo (Wang Xuandong et al., 2019, p.2). Son difíciles de determinar porque están en pequeñas cantidades, no se monitorean regularmente y no hay leyes específicas para la mayoría de ellas (Islam MM Majedul et al., 2021, p.2).

La contaminación acuática por compuestos emergentes puede ocurrir por la descarga de efluentes contaminados de ambientes domésticos, industrias, áreas rurales y centros de investigación, por lixiviación, disposición inadecuada o incluso la ineficiencia del tratamiento aplicado (Patel Nital R. et al., 2020, p.2). donde la Toxicidad al acumular contaminantes en sedimentos asociados con la concentración de los compuestos encontrados (Wang Bo Ren et al., 2021, p.4). De manera similar, la gran cantidad de compuestos químicos en el país, principalmente el fósforo, contribuyendo a la aparición de problemas ambientales, como la destrucción de los bloques de agua (Moran Sean, 2018, P. 3).

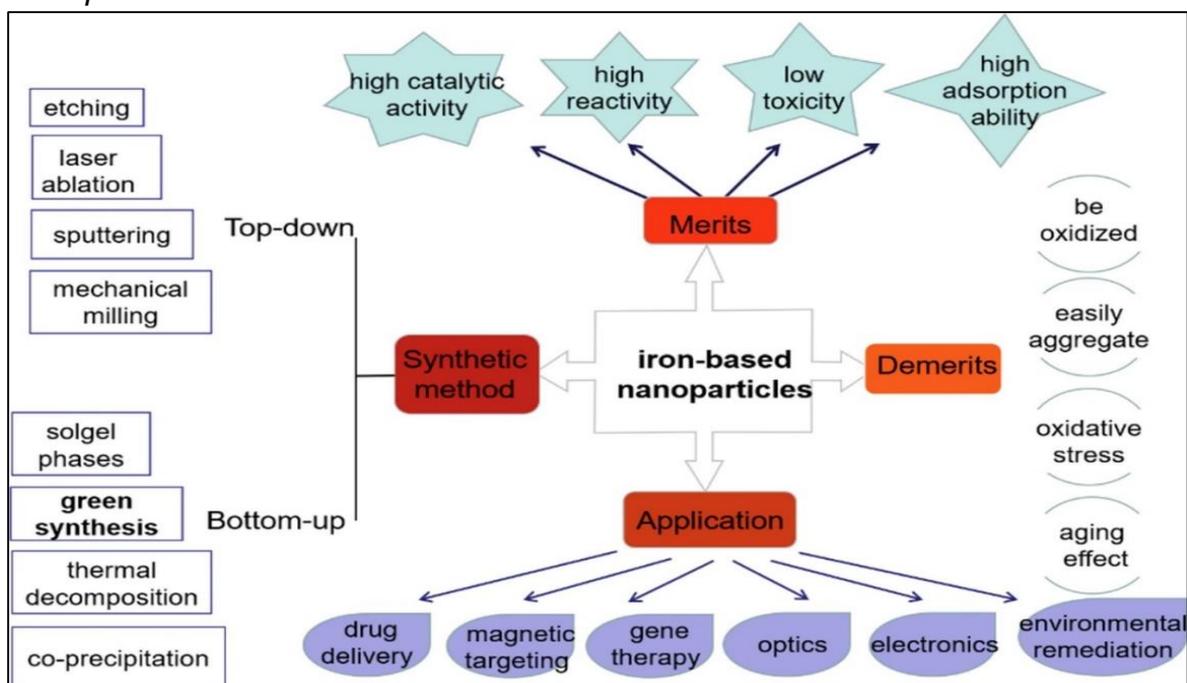
En la mayoría de los países en desarrollo de todo el mundo carecen de instalaciones de tratamiento de aguas residuales y un gran porcentaje de la población depende de fuentes de agua superficial muy contaminadas que pueden provocar epidemias de enfermedades transmitidas por el agua (Islam et al., 2019, p.4). En el mundo, aproximadamente 1,8 millones de personas están en el punto de la muerte cada año por enfermedades del agua, principalmente niños bajo los países en crecimiento (Kroeze Caroline et al., 2016, p.3).

Los patógenos se transmite por el agua y estos son dañinos para la salud humana y estos se pueden dividir en tres categorías: bacterias, virus y protozoos. Los patógenos importantes de las bacterias incluyen *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* y algunas cepas de *E. coli* (por ejemplo, O157: H7) (Neil Karen P. et al., 2018, p.3). Los protozoos infecciosos incluyen *Cryptosporidium parvum* y *Giardia*

lamblia. Los virus de interés incluyen norovirus, enterovirus, rotavirus y adenovirus (USEPA, 2001) (Yi Jumi y Shane A., 2018, p.376).

Es así que, entre los avances en el área de procesos de tratamiento de aguas y efluentes con mayor eficiencia para contaminantes acuáticos, la adsorción con el uso de nanomateriales destaca por sus propiedades catalíticas, ópticas, electrónicas, magnéticas y bactericidas, así como por su alta superficie en los sitios de adsorción. (Ver figura 3).

Figura N°3. Métodos de síntesis, méritos, deméritos y aplicaciones de las nanopartículas



Extraído de: Kajani Abolghasem et al., (2019)

La síntesis de nanopartículas (NP) se puede dividir en orgánica e inorgánica. Los NP orgánicos incluyen nanoestructuras de carbono, mientras que los NP inorgánicos incluyen NP magnéticos, semiconductores y de metales nobles (Barabadi Hamed et al., 2019, p.2). Los inorgánicos, contienen síntesis química o física, donde se realiza la partición del material por escamas manométricas; pero, tienen algunas falencias o puntos negativos como la mayor demanda energética, precios elevados y la contaminación con residuos tóxicos y otros contaminantes (Khatua Ashapura et al., 2020, p.31).

Así mismo, la ruta orgánica para la síntesis de nanopartículas va desde procedimientos químicos o biológicos que ayudan a un nanomaterial a nivel molecular, conteniendo así su precisión en el control estructural (Van Ginkel K., 2018, p.2).

También, la utilidad de los nanomateriales está en su capacidad para la conversión química con procesos de adsorción y precipitación y para eliminar los contaminantes (Crespi Julieta et al., 2016, p.3). Algunas nanopartículas metálicas (NPM) con buenas capacidades de adsorción, como el TiO_2 Las NP, las NP de ZnO y las NP de Ag se utilizan en la remediación del medio ambiente (Zhu Yi et al., 2019, p.2). Sin embargo, estas nanopartículas metálicas son más adecuadas para aplicaciones en cerámica, óptica, productos químicos, biología, electrónica, medicina y otros campos por su gran capacidad fotocatalítica (Li Jin Feng et al., 2019, p.1).

Las nanopartículas de hierro son más baratas y tienen una menor toxicidad para los organismos que las nanopartículas que ya se había mencionado anteriormente (Rónavari Andrea et al., 2017, p.1). Las nanopartículas de hierro con fuertes capacidades redox y de adsorción se han aplicado en una variedad de campos diferentes, que incluyen medicina, detección, catálisis, óptica, electrónica y remediación ambiental (Ronavari Adrea et al., 2018, p.4).

Ante lo expuesto anteriormente se presentan los siguientes antecedentes, de estudios que plantean las técnicas de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas:

De Oliveira Cruz D. et al., (2020), En su estudio, "Tratamiento de efluentes textiles mediante reactor de lecho fijo con nanopartículas bimetálicas de Fe / Ni soportadas sobre esferas de quitosano", presentó como objetivo sintetizar nanopartículas bimetálicas de Fe / Ni (BN-Fe / Ni) para determinar su eficiencia en el tratamiento de efluentes. Se determinaron las propiedades físico-químicas de BN-Fe / Ni-CS como densidad, masa, diámetro, grado de desacetilación y humedad relativa de las perlas de quitosano (CS). Dando como resultado que, los BN-Fe / Ni y BN-Fe / Ni-CS han aplicado la eliminación de color del efluente crudo (RE) de una fábrica textil, obteniendo una eliminación del color del 100% en 10 y 20 min, respectivamente, en

experimentos por lotes. Concluyendo que Estos resultados mostraron que los BN-Fe / Ni-CS aplicados en el reactor demostraron ser eficientes para el tratamiento del efluente en términos de los parámetros estudiados.

Wu Sai et al., (2021), en su artículo “Síntesis verde de diatomita súper paramagnética reutilizable para la eliminación acuosa de níquel (II)”, se preparó como metodología de estudio, un adsorbente súper paramagnético de doble función reutilizable combinando APTES (3-aminopropiltriétoxissilano) y EDTA (ácido etilendiaminotetraacético disódico) con diatomita magnética para la eliminación de Ni²⁺. Se llama diatomita / CoFe₂O₄@ APTES-EDTA (DECFASES); y se estimaron la capacidad de adsorción y desorción y la reciclabilidad del material adsorbente. Como resultado, la capacidad máxima de adsorción del adsorbente fue de 19,22 mg/g. La capacidad de adsorción de Ni²⁺ de DECFASE disminuyó ligeramente de 9,11 a 8,25 mg/g después de 4 ciclos de reciclaje. Concluyendo que la diatomita modificada es un adsorbente prometedor para la eliminación de Ni²⁺ acuoso.

Das Piu et al., (2018), en su estudio “Síntesis verde de nanopartículas de óxido cúprico mediada por la planta de Madhuca longifolia” un material ambientalmente sostenible prometedor para el tratamiento de aguas residuales y un agente antibacteriano eficiente”, Se ha desarrollado una ruta eficiente y ecológica para la síntesis verde de nanopartículas (NP) de CuO por el extracto de planta de Madhuca longifolia que actúa como agente reductor no tóxico. Dando como resultado, que los estudios de difracción de rayos X revelan la buena cristalinidad de las NP sintetizadas y los espectros FTIR confirman la síntesis de estas NP. Espectros de absorción UV-visible mostró que los NP se han alcanzado a diferentes niveles de nanoescala en función de sus procedimientos de síntesis. Concluyendo que, los NP de CuO sintetizados muestran una buena actividad antibacteriana contra cepas bacterianas, a saber, E. coli BL21 DE3 Gram-negativas, aureus Gram-positivas y B. subtilis Gram-positivas y los resultados se han comparado con Ampicilina y Tetraciclina.

Peternela Josiane et al., (2017), en su artículo “Síntesis e impregnación de nanopartículas de óxido de cobre en carbón activado mediante síntesis verde para

la eliminación de contaminantes del agua”, desarrolló una síntesis verde de nanopartículas de CuO sobre carbón activado vegetal (VAC), utilizando extracto de hoja de granada como agente reductor y estabilizador en la remoción de múltiples contaminantes donde los carbonos impregnados con nanopartículas de CuO se caracterizaron morfológica y estructuralmente. Dando como resultado, el análisis SEM y XRD, después de la modificación de los carbonos, mostró que la estructura de la superficie permanecía porosa con tamaños de nanopartículas de CuO entre 40 y 78 nm. En cuanto a los contaminantes atrazina, cafeína y diclofenaco, se observa que las capacidades máximas de adsorción prácticamente no sufrieron interferencia por la presencia de nanopartículas de Cu al 1,5%, manteniendo sus valores muy cercanos a los obtenidos con carbono puro. Concluyendo que, los resultados son prometedores y demuestran que es posible obtener nanopartículas de CuO impregnadas en VAC mediante un método no contaminante y de bajo costo.

Vidovix Taynara B. et al., (2019), en su investigación “Síntesis verde de nanopartículas de óxido de cobre utilizando extracto de hoja de *Punica granatum* aplicado para la eliminación de azul de metileno”, propuso un método de obtención de nanopartículas de óxido de cobre mediante síntesis verde utilizando hoja de granada para su aplicación en la adsorción de azul de metileno. Donde, se caracterizó el material sintetizado. Donde los resultados mostraron, que los datos cinéticos se ajustaron al modelo de difusión de pseudo-segundo orden e intrapartícula, que mostró tres pasos: película, difusión intrapartícula y equilibrio. Los datos de equilibrio se ajustaron al modelo de Langmuir, resultando en la capacidad máxima de adsorción de 166.021 mg g⁻¹ a 318 K. Además, los parámetros termodinámicos indicaron un proceso espontáneo, endotérmico y reversible. Concluyendo que, los resultados mostraron una alta eficiencia del adsorbente propuesto, obteniendo hasta un 96,91% de remoción.

Jin Xiaoying et al., (2018), en su estudio “Eliminación de Cr (VI) de soluciones acuosas mediante reducción y absorción por nanopartículas de hierro sintetizadas en verde”, en la metodología experimental, las nanopartículas a base de hierro (Fe-NP) se sintetizaron en verde con éxito utilizando eucaliptoextractos de hojas. Posteriormente, se utilizaron Fe-NP para eliminar el Cr (VI) de la solución acuosa

en diversas condiciones experimentales, incluida la temperatura, el pH, la concentración inicial de Cr (VI) y la carga de Fe-NP. Dando como resultados que, en condiciones experimentales óptimas, se eliminó el 84,6% del cromo total y el 98,6% de Cr (VI). La eficiencia de eliminación de Cr (VI) se mantuvo relativamente alta (55,7 %) incluso después de reutilizar el material cuatro veces. En conclusión, esta característica reveló la existencia de cromo y su óxido o complejo en la superficie de Fe-NP, lo que sugiere que se está produciendo la adsorción de Cr (VI) y se ha propuesto un mecanismo para la eliminación de Cr (VI). $2 = 0,999$ con $q_m = 20,5 \text{ mg g}^{-1}$ y $b = 3,6 \text{ L mg}^{-1}$.

Salgado Pablo et al., (2019), en su investigación “El efecto de los compuestos fenólicos sobre la síntesis verde de nanopartículas de hierro (Fe x O y -NPs) con actividad fotocatalítica”, presentó como objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de compuestos fenólicos en extractos de plantas sobre la síntesis de nanopartículas de óxido de hierro (Fe x O y -NPs) con actividad fotocatalítica. En consecuencia, se evaluó el contenido fenólico en 11 extractos de plantas por el método de Folin-Ciocalteu (F-C) y la capacidad reductora de hierro por el método del poder antioxidante reductor férrico (FRAP). A partir de los análisis F-C y FRAP, *Luma apiculata* (LAL), *Phragmatic australis* (PAL) y *Eucalyptus globulus* (EGL) fueron seleccionados y analizados por HPLC combinado con un detector de matriz de diodos (DAD) para la identificación y la cantidad de compuestos fenólicos. En consecuencia, los análisis FRAP, F – C y FTIR han demostrado el papel de los compuestos fenólicos en la formación y estabilización de Fe x O y NPs. Es posible establecer una relación directa entre la composición de los compuestos fenólicos y el poder reductor de los extractos. Además, se encontró que los compuestos fenólicos y sus concentraciones estaban relacionados con el tamaño y tipo de Fe x O y NPs obtenidas.

Salinas Tobías et al., (2018), en su artículo científico “Diseño y ensayo de un separador magnético a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales de tintura de textiles”, presentó como objetivo incorporar nanopartículas de hierro a la estructura de las arcillas naturales para obtener arcillas magnéticas, un adsorbente que se elimina fácilmente de un agua residual por medios magnéticos. En este trabajo se utilizaron bentonitas magnéticas con diferentes cantidades de magnetita

(fracciones de hierro en la arcilla de 0,55, 0,6 y 0,6) para eliminar el color de un agua residual textil real. En una primera etapa se determinaron las condiciones óptimas para la adsorción del tinte, incluyendo pH, temperatura y dosis de arcilla. Donde se obtuvo como resultado, una eliminación del 60% del tinte de un agua residual que contenía más de 250 ppm de colorante azo con solo 10 minutos de tiempo de residencia dentro del separador.

Bibi Ismat et al., (2019), en su estudio “Síntesis verde de nanopartículas de óxido de hierro utilizando extracto de semillas de granada y evaluación de la actividad fotocatalítica para la degradación del tinte textil”, Se fabricaron nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3 NP) por vía verde utilizando extracto de semillas de granada (*Punica granatum*). Las NP de Fe_2O_3 se caracterizaron mediante técnicas UV-vis, XRD, EDX, SEM y AFM. La ruta verde adoptada proporcionó NP de Fe_2O_3 semiesféricas, uniformemente distribuidas y con un tamaño de partícula en el rango de 25 a 55 nm. Donde los resultados mostraron que, las NP de Fe_2O_3 sintetizadas mostraron una excelente actividad fotocatalítica contra el azul reactivo bajo irradiación con luz ultravioleta y se logró una degradación máxima del 95,08% con 56 min de tiempo de reacción.

Davarnejad Reza et al., (2020), en su investigación “Una técnica verde para sintetizar nanopartículas de óxido de hierro a partir del extracto de la planta centaurea cyanus: un proceso de adsorción optimizado para el azul de metileno”, en este estudio, la síntesis verde de nanopartículas de óxido de hierro (IONP) utilizando un extracto acuoso de *Centaurea cyanus* se evaluó la planta, como un agente regenerador y estabilizador apropiado. Este adsorbente de bajo costo se investigó luego para adsorber un tinte catiónico como el azul de metileno (MB) de una solución acuosa. Las diversas pruebas como XRD, BET, FTIR y FE-SEM se aplicaron para caracterizar la estructura cristalina, el tamaño, la morfología, la composición química y las propiedades de las nanopartículas. Donde, la eliminación óptima de MB fue de alrededor de 83,1%, pH de 5, dosis de adsorbente de 3,6 gL⁻¹ y tiempo de 93 min. Concluyendo que, los resultados mostraron que las nanopartículas sintetizadas pueden usarse como un adsorbente eficiente y económico para la eliminación de MB.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, siendo esto descrito por Edgar TW., (2017, p.271) es el proceso por el cual cuantificamos como resolver un problema aplicando la ciencia básica; fue diseñado para resolver el problema aplicando rigurosamente la eficacia de un sistema diseñado para resolver dicho problema. Es así que el presente estudio se aplicó el tipo de investigación aplicada, ya que se identificó cuáles fueron los problemas específicos y esos fueron los que se resolvieron para el tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas.

El diseño es narrativo, siendo esto descrito por Salgado A., (2007, p.73) como sucedieron los hechos, donde el investigador analiza diferentes puntos del autor. Es así como en la presente investigación se tendrá en cuenta los relatos de diferentes autores para resolver el tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas.

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

En la siguiente tabla se presenta la matriz apriorística separadas por categorías y subcategorías que se basaron de acuerdo a los problemas y objetivos que se tienen de la presente investigación.

Tabla N°1. Matriz apriorística

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUB CATEGORÍA	CRITERIO 1	CRITERIO 2
Analizar el tipo de nano partículas más usadas como técnicas de tratamientos de efluentes	¿Cuál es el tipo de nano partículas más usadas para tratamientos de efluentes?	Tipo de nano partículas más usadas Van Ginkel K., (2018, p.2)	-polifenoles, -alcaloides -flavonoides -fitoquímicos (Barabadi Hamed et al., 2019, p.2)	De acuerdo a la presencia de productos vegetales	De acuerdo a la presencia del agente reductor
Detallar los materiales absorbentes considerados materiales verdes usados durante la síntesis de las técnicas de tratamientos de efluentes	¿Cuál son los materiales absorbentes considerados materiales verdes usados durante la síntesis de las técnicas de tratamientos de efluentes?	Materiales absorbentes considerados materiales verdes Li Jin Feng et al., (2019, p.1)	-Grupos sulfonados -Grupos carboxílicos -Grupos hidroxilos (Crespi Julieta et al., 2016, p.3).	De acuerdo a su interacción entre el adsorbato y el adsorbente	
Clasificar los parámetros que influyen en la técnica de tratamientos de efluentes mediante la aplicación de nano partículas	¿Cuál son los parámetros que influyen en las técnicas de tratamientos de efluentes mediante la aplicación de nano partículas?	Parámetros que influyen en las técnicas de tratamientos de efluentes Luo Jiafa et al., (2017, p.3)	-pH -Temperatura (C°) -Tiempo de tratamiento (Patel Nital R. et al., 2020, p.2).	De acuerdo al tipo de nanopartícula	De acuerdo al porcentaje de eliminación de los contaminantes presentes en efluentes

Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

El escenario de estudio de la presente investigación son los diversos laboratorios y campos de estudio donde se realizó el tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas, siendo estos los artículos de diferentes autores a nivel mundial en diversos idiomas.

3.4 Participantes

Los participantes del presente estudio son los diversos medios de estudios científicos, como portales web, paginas institucionales, revistas y artículos científicos, los cuales nos brindan toda la información que se necesita para este estudio. Siendo los únicos de nuestro interés los enfocados en el tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas.

Los participantes empleados en el presente estudio son los siguientes: Scielo, Scopus y Sciencedirect.

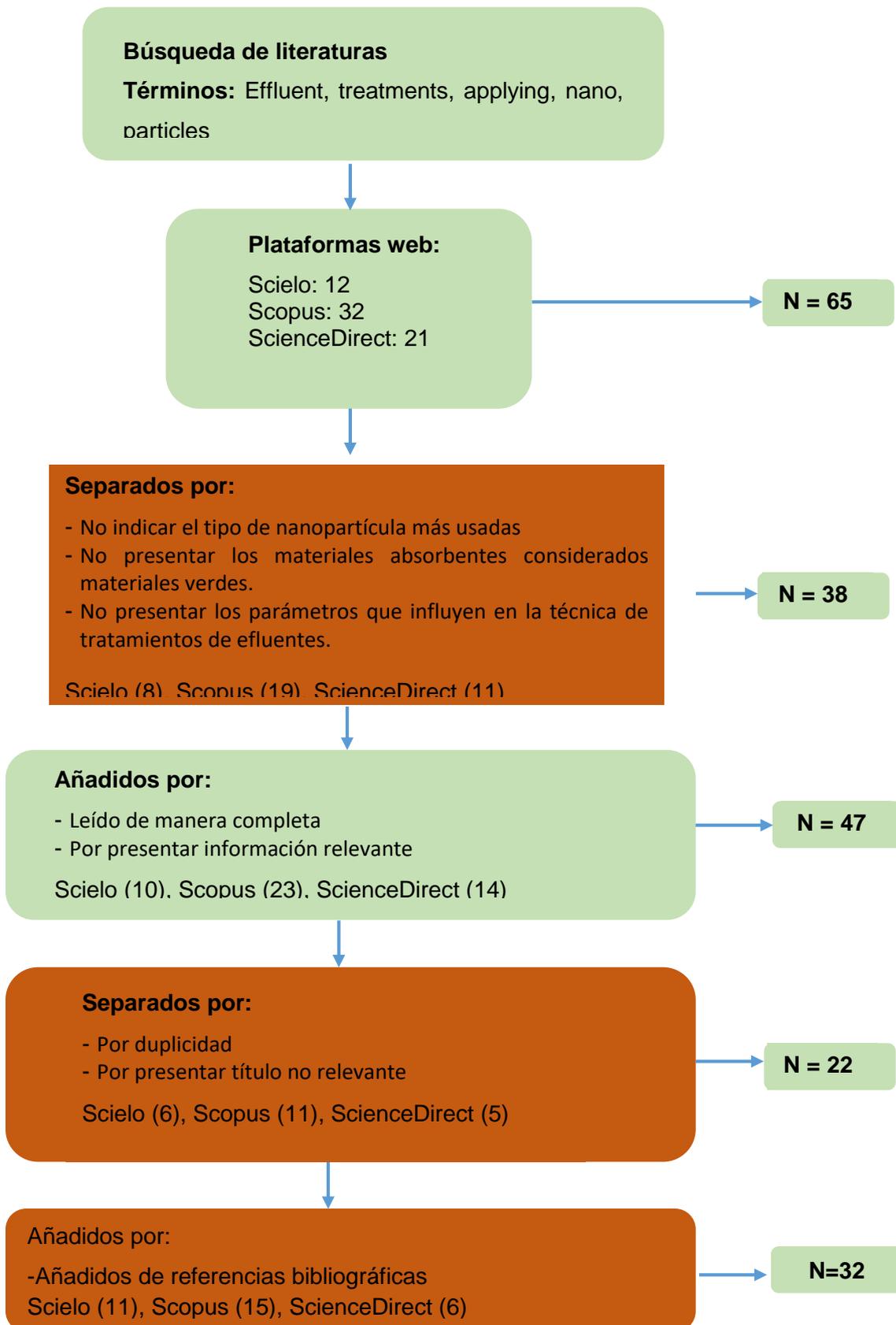
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación sistemática la técnica usada será el análisis documental y el instrumento de recolección de datos. Este documento nos ayuda a recaudar objetivamente la información de los artículos que se emplean en la presente investigación. Para tener una búsqueda más rápida y claro se usará la ficha técnica adjunta (Ver anexo N°1). En la ficha se visualiza la siguiente información: Datos del autor, Tipo de investigación, información general, objetivos, resultados y conclusiones en los tratamientos de efluentes mediante la aplicación de nano partículas.

3.6 Procedimientos

El procedimiento se muestra en el siguiente gráfico N°1, mostrando los participantes involucrados en el siguiente artículo.

Grafico N°1. Procedimiento de selección de artículos



Elaboración propia

3.7 Rigor Científico

El rigor científico, según descrito por Arias M., Giraldo C., (2011, p.504), describe 4 criterios empleados para el presente estudio.

El criterio de la Credibilidad, se logra cuando el investigador recolecta información que produce hallazgos y luego estos resultados entregados son reconocidos como reales por las personas que participaron en el estudio, por lo tanto, se refiere a como los resultados del estudio son verdaderos para las personas que fueron estudiadas. El cumplimiento de este criterio se demuestra con la extracción de diversos artículos que traten sobre los tratamientos de efluentes mediante la aplicación de nano partículas.

El criterio de confirmabilidad o auditabilidad, es la forma por el cual el investigador puede seguir la ruta que dejó otro, para ellos se debe contar con toda la información, registros, documentación completa, esto para poder examinar la información y así llegar a conclusiones similares o iguales. Este criterio se consiguió detallando la investigación encontrada, así como todos los estudios encontrados a lo largo de la investigación.

EL criterio de la transferibilidad, es el poder de ampliar la información de los estudios, para esto se debe tener la información completa y realizar un correcto análisis. Este criterio se cumple dejando la información de los estudios encontrados sobre los tratamientos de efluentes mediante la aplicación de nano partículas.

El criterio de consistencia, se cumple verificando la certeza y seguridad de los datos que se brinden. Este criterio se cumple con la veracidad de la información propuesta, por lo cual se describe las bibliografías encontradas, en ella se detalla donde se extrajeron cada información.

3.8 Método de análisis de la información

Para el presente estudio se usó el método de la triangulación, de acuerdo a este método se estudió, analizo y se resolvió los problemas planteados. Uno de los métodos usados para esta investigación fue el de categorización, el cual fue dividido en categorías y sub categorías.

Las categorías se dividen en tres:

- Tipo de nano partículas absorbentes más usados
- Los materiales absorbentes considerados materiales verdes
- Los parámetros que influyen en la técnica de tratamientos de efluentes

Las sub categorías se dividen en:

- C1: polifenoles, alcaloides, flavonoides, fitoquímicos
- C2: Grupos sulfonados, Grupos carboxílicos, Grupos hidroxilos
- C3: pH, Temperatura (C°), Tiempo de tratamiento

3.9 Aspectos éticos

Los aspectos éticos del presente trabajo de investigación fueron los siguientes.

- Demostrando con el programa el Turnitin la originalidad de la presente investigación.
- Cumpliendo lo establecido los criterios de la universidad Cesar Vallejo
- Citando las fuentes usadas mediante la Norma ISO 690

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la búsqueda de la resolución del objetivo del estudio en determinar los aspectos más resaltantes de la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas se tiene el análisis de 32 artículos científicos a nivel mundial, para lo cual el primer análisis sistemático se enfocó en analizar el tipo de nano partículas más usadas como técnicas de tratamientos de efluentes; presentando el resultado en la tabla 2.

Tabla N°2. Tipo de nanopartícula más usada

Cantidad	Productos vegetales	Agente reductor	Autor
Nano partícula: MAGNETITA (Fe₃O₄)			
1	Chitosán	Eliminación de As(III) y As(V) del agua sistema	Ayub Asif et al., 2020
2	Cáscaras de semillas de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	Eliminación de la metformina del agua contaminada agua contaminada	Cusioli Luis F. et al., 2020
3	<i>Aspergillus niger</i>	Eliminación de As (III)	Abdeen Mai et al., 2016
4	Extracto de <i>Zanthoxylum armatum</i>	Eliminación del colorante azul de metilo	Ramesh A. et al., 2018
5	Biomasa de conos de pino	Eliminación de As (III)	Pholosi Agnes et al., 2019
6	Residuos de cáscara de fruta Biochar	Eliminación de Pb	Peng Dinghua et al., 2019
Nano partícula: HIERRO CERO-VALENTE (nZVI)			
1	Extractos de ortiga y tomillo	Eliminación del antibiótico cefalexina	Leila Mostafa et al., 2018
2	Hojas de té verde	Eliminación del Cr (VI) del agua contaminada	Mystrioti C. et al., 2018
3	Carbono activado de paja de maíz	Eliminación de Pb (II)	Qu Jianhua et al., 2021

4	Hojas de roble y morera	Inmovilizar el Cu y el Ni en los sedimentos contaminados de las masas de agua	Slijepcevic Natasa et al., (2021)
Nano partícula: ÓXIDO DE COBRE (CuO)			
1	Síntesis verde <i>Madhuca longifolia</i>	Actividad antibacteriana y eliminación del colorante azul de metilo	Das Piu et al., 2018
2	Carbón activado y extracto de hoja de <i>Punica granatum</i>	Eliminación del nitrato	Peternela Josiane et al., 2017
3	Extracto de <i>Punica granatum</i>	Eliminación del colorante azul de metilo	Vidovix Taynara B. et al., 2019
Nano partícula: HIERRO (Fe)			
1	Extracto de hojas de eucalipto	Eliminación de Cr(VI)	Jin Xiaoying et al., 2018
2	Extractos de <i>Luma apiculata</i> , <i>Phragmites australis</i> y <i>Eucalyptus globulus</i>	Eliminación del colorante naranja de metilo	Salgado Pablo et al., 2019
3	Arcillas	Tintes textiles a partir de aguas residuales	Salinas Tobías et al., 2018
Nano partícula: ÓXIDO DE HIERRO (Fe₂O₃)			
1	Extracto de semillas de <i>Punica granatum</i>	Degradación del colorante reactivo azul 4 días	Bibi Ismat et al., 2019

2	Extracto de <i>Centaurea cyanus</i>	Eliminación del colorante azul de metilo	Davarnejad Reza et al., 2020
3	Chitosan	Eliminación del fósforo de la corriente	Kim Jae Hyun et al., 2018
4	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Eliminación de Ni (II) y Pb (II) del agua y los alimentos	Ozdemir Sadin et al., 2021
5	Extracto de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	Eliminación del flúor	Silveira Carle et al., 2018
6	Mineral de arcilla Montmorillonita (Mt)	Eliminación de As (V) y Se (VI) de medios acuosos	Suazo Hernández J. et al., 2021
7	Extractos de <i>Pyrus sinkiangensis</i> Yu	Eliminación de Cr(VI)	Rong Kun et al., 2020
8	Almidón / Magnetita	Eliminación de arsénico acuoso (As III)	Siddiqui Sharf Ilahi et al., 2020
Nano partícula: ÓXIDO DE ZINC (ZnO)			
1	Extracto de <i>Shorea robusta</i>	Eliminación de Pb ²⁺ y Cd ²⁺	Joshi Naveen C. y Singh A., 2020
2	Hojas de <i>Eucalyptus spp.</i>	Eliminación del rojo Congo y del verde de malaquita colorantes	Chauhan Amit K. et al., 2020
3	Híbrido de quitosano y sílice	Eliminación del azul de metileno de las aguas residuales	Hassan Hazem et al., 2019
4	Residuos de <i>Phoenix dactylifera</i>	Eliminación de bacterias patógenas, azul de metilo y los colorantes amarillo eosina	Rambabu K. et al., 2021

Nano partícula: OTROS			
Lantano (La)	Quitosano y bentonita	Eliminación del fosfato del agua	Xu Xiaohui et al., 2020
Perlas de óxido de grafeno magnético	Alginato	Bisfenol A y epiclorhidrina	Shah Jasmin et al., 2020
Bimetálico Fe/Ni	Chitosan	Eliminación del color del efluente textil crudo	De Oliver cruz et al., 2020
Ferrita de cobalto (CoFe₂O₄)	Diatomita	Eliminación de Ni (II) del agua	Wu Sai et al., 2021

Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 2 se tiene que el tipo de nano partículas más usadas como técnicas de tratamientos de efluentes son las nanopartículas de hierro, corroborado por el 66% de los investigadores; así mismo el óxido de hierro (Fe₂O₃) fue uno de los más empleados, seguido de la magnetita (Fe₃O₄), hierro cero-valente (nZVI) y el hierro (Fe).

Esto es debido a que, las nanopartículas de hierro tienen una capacidad de eliminación de contaminantes muy alta y rápida en la etapa inicial de la reacción de degradación (Yadi Morteza et al., 2018, p.1).

Respaldando los resultados presentados se encuentran Bibi Ismat et al., 2019, Davarnejad Reza et al., 2020, Kim Jae Hyun et al., 2018, Ozdemir Sadin et al., 2021, Silveira Carle et al., 2018, Suazo Hernández J. et al., 2021, Rong Kun et al., 2020, Siddiqui Sharf Ilahi et al., 2020 quienes usaron óxido de hierro como (Fe₂O₃), como nanopartícula, al igual que estos investigadores se encuentran Ayub Asif et al., 2020, Cusioli Luis F. et al., 2020, Abdeen Mai et al., 2016, Ramesh A. et al., 2018, Pholosi Agnes et al., 2019, Peng Dinghua et al., 2019 usando la magnetita (Fe₃O₄).

Apoyando los resultados presentados Iravani S. y Varma R., (2020, p.2), señala que, además, el diámetro de las partículas de hierro desnudo suele ser inferior a 100 nm, lo que acelera aún más la agregación / precipitación de las nanopartículas de hierro. También, en el estudio de Davarnejad Reza et al., (2020), se realizó la síntesis verde de nanopartículas de óxido de hierro utilizando un extracto acuoso de *Centaurea cyanus* donde se evaluó la planta, como un agente regenerador y estabilizador apropiado.

Ante lo expuesto, el límite de desprendimiento de las nanopartículas de hierro, según los parámetros de la OMS, es de hasta 0,3 g/L (Ogah Sule P., 2020, p.3). Por lo cual Ayub Asif et al., (2020), en la tabla 2 realizó la prueba de lixiviación de nanopartículas de óxido de hierro inmovilizadas en quitosano, observando una pérdida de 0,03 g / L de nanopartículas, valores dentro de los límites establecidos por la OMS.

Pero, sin embargo, el investigador Calderon B. et al., (2016, p.1), señala que, aunque las nanopartículas de hierro de valencia cero (nZVI) representan un agente prometedor para la remediación ambiental, su aplicación presenta algunas limitaciones en cuanto a su rápida oxidación y agregación en el medio.

Tabla N°3. Materiales absorbentes considerados materiales verdes

Material adsorbente	Contaminante / Adsorbato	Autor
Chitosán	Eliminación de As(III) y As(V) del agua sistema	Ayub Asif et al., 2020
Cáscaras de semillas de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	Eliminación de la metformina del agua contaminada agua contaminada	Cusioli Luis F. et al., 2020
<i>Aspergillus niger</i>	Eliminación de As (III)	Abdeen Mai et al., 2016
Extracto de <i>Zanthoxylum armatum</i>	Eliminación del colorante azul de metilo	Ramesh A. et al., 2018
Biomasa de conos de pino	Eliminación de As (III)	Pholosi Agnes et al., 2019
Residuos de cáscara de fruta Biochar	Eliminación de Pb	Peng Dinghua et al., 2019
Extractos de ortiga y tomillo	Eliminación del antibiótico cefalexina	Leila Mostafa et al., 2018
Hojas de té verde	Eliminación del Cr (VI) del agua contaminada	Mystrioti C. et al., 2018
Carbono activado de paja de maíz	Eliminación de Pb (II)	Qu Jianhua et al., 2021
Hojas de roble y morera	Inmovilizar el Cu y el Ni en los sedimentos contaminados de las masas de agua	Slijepcevic Natasa et al., (2021)
Chitosan	Eliminación del color del efluente textil crudo	De Oliver cruz et al., 2020
Diatomita	Eliminación de Ni (II) del agua	Wu Sai et al., 2021

Síntesis verde <i>Madhuca longifolia</i>	Actividad antibacteriana y eliminación del colorante azul de metilo	Das Piu et al., 2018
Carbón activado y extracto de hoja de <i>Punica granatum</i>	Eliminación del nitrato	Peternela Josiane et al., 2017
Extracto de <i>Punica granatum</i>	Eliminación del colorante azul de metilo	Vidovix Taynara B. et al., 2019
Extracto de hojas de eucalipto	Eliminación de Cr(VI)	Jin Xiaoying et al., 2018
Extractos de <i>Luma apiculata</i>, <i>Phragmites australis</i> y <i>Eucalyptus globulus</i>	Eliminación del colorante naranja de metilo	Salgado Pablo et al., 2019
Arcillas	Tintes textiles a partir de aguas residuales	Salinas Tobías et al., 2018
Extracto de semillas de <i>Punica granatum</i>	Degradación del colorante reactivo azul 4 días	Bibi Ismat et al., 2019
Extracto de <i>Centaurea cyanus</i>	Eliminación del colorante azul de metilo	Davarnejad Reza et al., 2020
Chitosan	Eliminación del fósforo de la corriente	Kim Jae Hyun et al., 2018
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Eliminación de Ni (II) y Pb (II) del agua y los alimentos	Ozdemir Sadin et al., 2021
Extracto de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	Eliminación del flúor	Silveira Carle et al., 2018
Mineral de arcilla Montmorillonita (Mt)	Eliminación de As (V) y Se (VI) de medios acuosos	Suazo Hernández J. et al., 2021
Extractos de <i>Pyrus sinkiangensis</i> Yu	Eliminación de Cr(VI)	Rong Kun et al., 2020

Quitosano y bentonita	Eliminación del fosfato del agua	Xu Xiaohui et al., 2020
Almidón	Eliminación de arsénico acuoso (As III)	Siddiqui Sharf Ilahi et al., 2020
Alginato	Bisfenol A y epiclorhidrina	Shah Jasmin et al., 2020
Extracto de <i>Shorea robusta</i>	Eliminación de Pb ²⁺ y Cd ²⁺	Joshi Naveen C. y Singh A., 2020
Hojas de <i>Eucalyptus spp.</i>	Eliminación del rojo Congo y del verde de malaquita colorantes	Chauhan Amit K. et al., 2020
Híbrido de quitosano y sílice	Eliminación del azul de metileno de las aguas residuales	Hassan Hazem et al., 2019
Residuos de <i>Phoenix dactylifera</i>	Eliminación de bacterias patógenas, azul de metilo y los colorantes amarillo eosina	Rambabu K. et al., 2021

Elaboración propia

De acuerdo a los materiales absorbentes considerados materiales verdes usados durante la síntesis de las técnicas de tratamientos de efluentes se detalla por la tabla 3 que, a síntesis orgánica, también conocida como síntesis verde, se apoya en biomoléculas presentes en organismos como plantas, algas, bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras, siendo la más empleada por 32 de las fuentes las plantas.

Estas desempeñan el papel de agentes reductores y estabilizadores, siendo una metodología respetuosa y no tóxica para el medio ambiente (Vahidi H. et al., 2020, p.2).

También, Malini et al. (2020, p.5) realizó una síntesis verde con extracto de hojas de la maleza *Prosopis juliflora* para sintetizar nanopartículas de plata, recubiertas de quitosano, logrando una remoción del 81% del colorante Rosa Bengala. Así

mismo, entre varios cultivos no comerciales, hay informes sobre la producción de nanopartículas con gran eficiencia en la eliminación de contaminantes y efluentes del agua mediante la síntesis verde de extractos de *Moringa oleifera* (Silveira et al., 2018), *Zanthoxylum armatum* (Ramesh et al., 2018), hojas de eucalipto (Jin et al., 2018), *Centaurea cyanus* (Davarnnejad et al., 2020), *Shorea robusta* (Chandra Joshi y Singh, 2020), como se muestran en la tabla 3.

En la síntesis de nanopartículas por vía verde, Salgado et al. (2019), tras ensayar la síntesis verde de nanopartículas de hierro con once extractos diferentes, observaron que la composición y la concentración de las sustancias bioactivas presentes también están directamente relacionadas con el tamaño y el tipo de las nanopartículas generadas. En otro estudio, Leili et al. (2018) lograron identificar la presencia de hierro de valor cero (α -Fe), maghemita (γ -Fe₂O₃), magnetita (Fe₃O₄) y oxohidróxidos de hierro en las nanopartículas de hierro producidas como resultado del extracto de tomillo y ortiga.

La biosíntesis de nanomateriales que utilizan materiales naturales y biológicos como agentes reductores, estabilizantes y protectores es un campo importante de la ciencia de los biomateriales, la nanociencia y la nanobiotecnología; en relación con los enfoques convencionales para el ensamblaje de nanomateriales que utilizan recursos peligrosos y peligrosos, los materiales absorbentes considerados materiales verdes son prometedores; siendo descrito a continuación los más empleados como materiales verdes para

Asimismo, las nanopartículas producidas con residuos, como es el caso de los bioactivos presentes en la cáscara de pera (*Pyrus sinkiangensis* Yu) aplicados en la eliminación del cromo, también mostraron recubrimiento con compuestos orgánicos resultantes de la síntesis verde en los resultados obtenidos por Rong et al. (2020) en la tabla 3.

De acuerdo con Ozdemir Sadin et al., (2021), el óxido de hierro magnético inmovilizadas de *Pleurotus ostreatus* para extracciones en fase sólida de iones Ni (II) y Pb (II) de muestras de agua y alimentos muestra una presenta una capacidad de biosorción de 28,6 y 32,1 mg g⁻¹ para Ni (II) y Pb (II), respectivamente.

Así mismo, de acuerdo con Silveira Carle et al., (2018), evaluó su potencial de adsorción de iones de fluoruro, comparando su eficiencia con un adsorbente disponible comercialmente (carbón activado de hueso; donde se comprobó que el proceso de regeneración mostró que es posible reutilizar NPsFeO tres veces en el proceso de adsorción de iones de fluoruro y como resultado de sus capacidades de adsorción y el tiempo de contacto más corto para lograr el equilibrio, el NPsFeO es un material muy prometedor para la eliminación de iones de fluoruro.

Así mismo, Joshi Naveen C. y Singh A., (2020) afirma que se encontró en condiciones optimizadas como mayor tiempo de contacto, pH ácido más alto y moderado temperatura; donde, las eficiencias de adsorción de Pb²⁺ y Cd ²⁺ iones han sido registrados como 52,5% y 35,5% a tiempo de contacto de 60 min, 92,9% y 89,9% a pH 6 y 45,1% y 39,9% a temperatura 60 °C, respectivamente

Tabla N°4. Parámetros que influyen en la técnica de tratamientos

Tipo de nanopartícula	Contaminante / Adsorbato	Parámetros experimentales			% de remoción	Autor
		pH	T°	Tiempo		
Magnetita (Fe₃O₄)	Eliminación de As(III) y As(V) del agua sistema	6–7	30 °C	24 h	99,5 de As (V) 99% de As (III)	Ayub Asif et al., 2020
Magnetita (Fe₃O₄)	Eliminación de la metformina del agua contaminada agua contaminada	4–10	24.85-44.85	1440 min	93,9% de metformina	Cusioli Luis F. et al., 2020
Magnetita (Fe₃O₄)	Eliminación de As (III)	-	-	3h	No indica	Abdeen Mai et al., 2016
Magnetita (Fe₃O₄)	Eliminación del colorante azul de metilo	11	25 °C	180 min	90% del colorante azul de metilo	Ramesh A. et al., 2018
Magnetita (Fe₃O₄)	Eliminación de As (III)	1–10	25.85-45.85 °C	2 h	82 % de As (III)	Pholosi Agnes et al., 2019
Magnetita (Fe₃O₄)	Eliminación de Pb	9	25 °C	21 días	27,89% de Pb	Peng Dinghua et al., 2019

Hierro cero-valente (nZVI)	Eliminación del antibiótico cefalexina	12	25 °C	30–45 min	87%	Leili Mostafa et al., 2018
Hierro cero-valente (nZVI)	Eliminación del Cr (VI) del agua contaminada	5.5–8	25 °C	60–360 días	96% del Cr (VI)	Mystrioti C. et al., 2018
Hierro cero-valente (nZVI)	Eliminación de Pb (II)	5	25 °C	120 min.	98% de Pb (II)	Qu Jianhua et al., 2021
Hierro cero-valente (nZVI)	Inmovilizar el Cu y el Ni en los sedimentos contaminados de las masas de agua	-	50 °C	120 s.	76% de Cu 81% de Ni	Slijepcevic Natasa et al., (2021)
Bimetálico Fe/Ni	Eliminación del color del efluente textil crudo	6–14	24.85 °C	1–28 h	87% del color del efluente textil crudo	De Oliver cruz et al., 2020
Ferrita de cobalto (CoFe₂O₄)	Eliminación de Ni (II) del agua	7	25 °C	90 min	91%	Wu Sai et al., 2021
Óxido de cobre (CuO)	Actividad antibacteriana y eliminación del	-	37 °C	24 h	No indica	Das Piu et al., 2018

	colorante azul de metilo					
Óxido de cobre (CuO)	Eliminación del nitrato	1–12	25 °C	12–36 h	98%	Peternela Josiane et al., 2017
Óxido de cobre (CuO)	Eliminación del colorante azul de metilo	4–10	25 °C	1–24 h	96,91% del colorante azul de metilo	Vidovix Taynara B. et al., 2019
Hierro (Fe)	Eliminación de Cr(VI)	2–4	20–40 °C	40 min	98.6% de Cr(VI)	Jin Xiaoying et al., 2018
Hierro (Fe)	Eliminación del colorante naranja de metilo	6	25 °C	30 min	89% del colorante naranja	Salgado Pablo et al., 2019
Hierro (Fe)	Tintes textiles a partir de aguas residuales	3–8.5	25 °C	20 min	60% del tinte de un agua residual	Salinas Tobías et al., 2018
Óxido de hierro (Fe₂O₃)	Degradación del colorante reactivo azul	-	25 °C	56 min	95,08% del colorante reactivo azul	Bibi Ismat et al., 2019
Óxido de hierro (FeO)	Eliminación del colorante azul de metilo	5	25 °C	93 min	83% del colorante azul de metilo	Davarnejad Reza et al., 2020

Óxido de hierro (FeO)	Eliminación del fósforo de la corriente	5–9	30 °C	33 días	52,3% del fósforo de la corriente	Kim Jae Hyun et al., 2018
Óxido de hierro (FeO)	Eliminación de Ni (II) y Pb (II) del agua y los alimentos	2–9	25 °C	90 min	28,6 mg/g de Ni (II) 32,1 mg/g de Pb (II)	Ozdemir Sadin et al., 2021
Óxido de hierro (FeO)	Eliminación del flúor	7	0–50 °C	40 min	1,40 y 1,20 mg/g	Silveira Carle et al., 2018
Óxido de hierro (FeO)	Eliminación de As (V) y Se (VI) de medios acuoso	3–10	24.85 °C	1–1440 min	28,63 mg/g y 0,024 mg/g lo que equivale al 89% y 52% de AS (V) y Se (VI)	Suazo Hernández J. et al., 2021
Óxido de hierro (II) y Fe (III)	Eliminación de Cr(VI)	5	55 °C	120 min	La capacidad máxima de adsorción de Cr (VI) fue de 46,62 mg/g lo que equivale al 99,1%.	Rong Kun et al., 2020
Lantano (La)	Eliminación del fosfato del agua	2–11	4.85-44.85	5–180 min	99,7% de fosfato	Xu Xiaohui et al., 2020
Maghemita (Fe₂O₃)	Eliminación de arsénico acuoso (As III)	7	25–45° C	15–120 min	91% de arsénico (As III)	Siddiqui Sharf Ilahi et al., 2020

Perlas de óxido de grafeno magnético	Bisfenol A y epiclorhidrina	4–6	50 °C	20 min	97,17% para epiclorhidrina 99,46% para bisfenol A	Shah Jasmin et al., 2020
Óxido de zinc (ZnO)	Eliminación de Pb ²⁺ y Cd ²⁺	6	60 °C	60 min	92,9% para Pb 2+ 89,9% para Cd 2+	Joshi Naveen C. y Singh A., 2020
Óxido de zinc (ZnO)	Eliminación del rojo Congo y del verde de malaquita colorantes	3–10	25 °C	120 min	48,3 mg/g para RC 169,5 mg/g para MC	Chauhan Amit K. et al., 2020
Óxido de zinc (ZnO)	Eliminación del azul de metileno de las aguas residuales	1–10	24.85	20–180 min	293,3 mg/g para azul de metileno siendo ello un 98%	Hassan Hazem et al., 2019
Óxido de zinc (ZnO)	Eliminación de bacterias patógenas, azul de metilo y los colorantes amarillo eosina	7	25 °C	15–180 min	90% para el azul de metilo y los colorantes amarillo eosina	Rambabu K. et al., 2021

Elaboración propia

De acuerdo a clasificar los parámetros que influyen en la técnica de tratamientos de efluentes mediante la aplicación de nano partículas se tiene un resumen de la síntesis de 32 artículos científicos en la tabla 4, donde se demuestra de acuerdo al porcentaje de remoción de los contaminantes, que los parámetros influyentes son el pH, la T° y el tiempo de contacto.

Siendo demostrado que el pH afecta el mecanismo de síntesis y las propiedades redox de las nanopartículas de hierro y las nanopartículas de hierro también pueden inducir un cambio en el pH durante el tratamiento de contaminantes. Así también, se demostró que las nanopartículas de hierro se pueden corroer a un pH bajo siendo ello demostrado en la tabla 4.

Apoiando la afirmación anterior se encuentra el estudio de Davarnejad Reza et al., (2020), donde se estudiaron varios parámetros (como pH, tiempo, concentración inicial de colorante y dosis de adsorbente) efectos sobre el proceso de adsorción y en base a ello se demostró que la eliminación óptima de MB fue de alrededor del 83%, con un pH de 5, dosis de adsorbente de 3,6 g/L y un tiempo de 93 min. Al igual que este autor está, Jin Xiaoying et al., 2018 utilizando un pH de 2 a 4 y obteniendo un porcentaje de remoción del contaminante Cr (VI) en un 98.6%.

Los estudios han demostrado que cuando las condiciones de reacción (es decir, el pH) cambian fácilmente, algunos metales no se capturan fácilmente en el núcleo del nZVI, y los iones metálicos previamente eliminados por el nZVI se liberan de la superficie del nZVI después de un largo tiempo de reacción (Calderon B. et al., 2016, p.4).

De acuerdo con Ramesh A. et al., (2018), el Fe₃O₄ del extracto acuoso de hojas de *Zanthoxylum armatum* por corriente continua, tiene fuertes bandas de absorción a 260 y 335 nm, las cuales se atribuyen a la presencia de alcaloides, ácido fenólico, flavonoides, taninos, terpenoides y carbohidratos en el extracto acuoso y la banda de absorción característica a 370 nm indica la formación de NP de Fe₃O₄; ello indica claramente alcaloides, ácido fenólico, flavonoides, taninos, terpenoides y carbohidratos fitoquímicos que actúan como agentes reductores y taponadores para la síntesis de NP de Fe₃O₄.

Pero por otro lado Das Piu et al., (2018), afirma en de acuerdo a sus resultados que el óxido de cobre (CuO) o NP exhiben una buena propiedad de fotoluminiscencia dependiendo de su tamaño de partícula y también muestran una excelente actividad fotocatalítica hacia la degradación del azul de metileno (MB) en presencia de irradiación de luz visible lo que lo convierte en un material prometedor para el tratamiento de aguas residuales.

Así mismo, Bibi Ismat et al., (2019) en su estudio, afirma que las nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3 NP) por vía verde utilizando extracto de semillas de granada (*Punica granatum*), logró una degradación máxima del 95,08% con 56 min de tiempo de reacción; donde en vista de la actividad prometedora, las NP de Fe_2O_3 podrían usarse como fotocatalizador para la degradación de colorantes en las aguas residuales y el extracto de semillas de granada se puede aplicar como un enfoque eco-benigno y rentable para la síntesis de NP de Fe_2O_3 .

También, Rong Kun et al., (2020), en la tabla 4 demostró la eficacia de los agentes bioactivos permitiendo la eliminación del 99,1% de Cr (VI) acuoso, con un pH 5, una temperatura de 55 °C y un tiempo de contacto de 120 min.

Pero por su parte Xu Xiaohui et al., (2020); brinda un resultado diferente, señalando que el adsorbente óptimo, bentonita / quitosano-5 dopado con lantano (La) y puede alcanzar rápidamente el equilibrio en 20 min y proporcionar una eficacia de adsorción del 93,2% (concentración inicial de fosfato, 50 mg / L); y se pudo eliminar hasta un 99,7% en 5 min con una concentración baja de fosfato (2 mg / L).

Pero las afirmaciones anteriores son rechazadas por Shah Jasmin et al., (2020), quien afirma en su estudio, que el óxido de grafeno magnético encapsulado dentro de un alginato muestra un producto químico verde no tóxico con alto rendimiento de extracción de compuestos orgánicos tóxicos en agua. Ello es respaldado por Hassan Hazem et al., (2019), quien afirma en su artículo científico que el proceso de adsorción de tinte mostró un mejor ajuste con los modelos de isoterma de Langmuir y Temkin para el tinte CR y el tinte MG, respectivamente, presentando la capacidad máxima de adsorción de las NP de ZnO en 48,3 mg / g para el tinte CR y 169,5 mg / g para el tinte MG.

Adicionando las afirmaciones anteriores; en el estudio de Hassan Hazem et al., (2019) el quitosano fue funcionalizado con varios reactivos como la tiourea para mejorar su capacidad de adsorción, donde se examinaron varios compuestos de quitosano, como quitosano/TiO₂, quitosano/óxido cuproso y quitosano/CdS para eliminar contaminantes; pero el estudio demostró que las nanopartículas de quitosano/ZnO se aplicaron como adsorbente de colorantes orgánicos presentando óptimos resultados en comparación de los anteriores quitosanos funcionalizados.

También Rambabu K. et al., (2021), afirma que la degradación fotocatalítica de colorantes peligrosos de azul de metileno y amarillo de eosina utilizando DP-ZnO-NP muestran una tasa de descomposición rápida con una eficiencia de degradación del 90% y los DP-ZnO-NP demostraron efectos antibacterianos significativos sobre varias bacterias patógenas en términos de zona de inhibición medida por el método de difusión por disco.

Mientras que Salinas Tobías et al., (2018), en su trabajo utilizó bentonitas magnéticas con diferentes cantidades de magnetita (fracciones de hierro en la arcilla de 0,55, 0,6 y 0,6) para eliminar el color de un agua residual textil real; donde una primera etapa se determinaron las condiciones óptimas para la adsorción del tinte, incluyendo pH, temperatura y tiempo, con 3–8.5, 25 °C y 20 min respectivamente; demostrando que estos parámetros eliminan un máximo del 60% del tinte de un agua residual que contenía más de 250 ppm de tinte azo con solo 10 minutos de tiempo de residencia dentro del separador.

Así mismo, los parámetros termodinámicos mostrados en el estudio de Vidovix Taynara B. et al., (2019), indicaron un proceso espontáneo, endotérmico y reversible, lo que lo genera una alta eficiencia del adsorbente propuesto, obteniendo hasta un 96,91% de remoción.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo de determinar los aspectos más resaltantes de la técnica de tratamiento de efluentes mediante la aplicación de nano partículas se presentan las siguientes conclusiones:

- El tipo de nano partículas más usadas como técnicas de tratamientos de efluentes, son las nanopartículas de hierro, corroborado por el 66% de los investigadores; así mismo el óxido de hierro (Fe_2O_3) fue uno de los más empleados, seguido de la magnetita (Fe_3O_4), hierro cero-valente (nZVI) y el hierro (Fe) y ello es debido a que, las nanopartículas de hierro tienen una capacidad de eliminación de contaminantes muy alta y rápida en la etapa inicial de la reacción de degradación.
- Los materiales absorbentes considerados materiales verdes usados durante la síntesis de las técnicas de tratamientos de efluentes o síntesis orgánicas, también conocida como síntesis verde, se apoya en biomoléculas presentes en organismos como plantas, algas, bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras, siendo la más empleada por 32 de las fuentes las plantas, como las cáscaras de semillas de *Moringa oleifera Lam* y hojas.
- Los parámetros que influyen en la técnica de tratamientos de efluentes mediante la aplicación de nano partículas son el pH, la T° y el tiempo de contacto. Siendo demostrado que el pH afecta el mecanismo de síntesis y las propiedades redox de las nano partículas de hierro y las nano partículas de hierro también pueden inducir un cambio en el pH durante el tratamiento de contaminantes. Así también en tiempos mayores a 50 minutos a más se presenta una mayor remoción de los contaminantes en los efluentes y la temperatura va de 25 a 30 $^\circ\text{C}$, presentando en esa temperatura el equilibrio adecuado para una mayor remoción.

VI. RECOMENDACIONES

Ante el estudio realizado se pudo comprobar la falta de revisiones científicas sobre estas nanopartículas verdes para el tratamiento del agua, así como sobre su viabilidad para la producción y comercialización a gran escala; en tal sentido se recomienda realizar mayores estudios en tratamientos de aguas y efluentes con estos materiales biodegradables. De igual manera se brindan las siguientes recomendaciones:

- Las investigaciones futuras deberían evaluar el efecto de diferentes variables operativas de nanopartículas verdes como sobre la eficiencia de eliminación de contaminantes en otros sectores como el recurso suelo.
- Se recomienda así también, estudiar las nano partículas de hierro verde a base de microorganismos, de plantas, las nano partículas de hierro bimetalicas desnudas, con estabilizadores entre otras partículas de hierros modificadas y realizar una comparación de la eficiencia de cada una y su viabilidad económica para su aplicación.
- Se requieren investigaciones sobre el mecanismo de eliminación de minerales secundarios para la efectividad de su aplicación a largo plazo de las nano partículas de hierro; por tal motivo se recomienda realizar estudios enfocados en los aspectos negativos de los minerales secundarios que después de una reacción a largo plazo pueden presentar un impacto negativo en la eficacia al prevenir el contacto.

REFERENCIAS

1. ABDEEN, Mai, et al. Microbial-physical synthesis of Fe and Fe₃O₄ magnetic nanoparticles using *Aspergillus niger* YESM1 and supercritical condition of ethanol. *Journal of Nanomaterials*, 2016, vol. 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2016/9174891>
2. ADAPA, Vijayanand; RAMYA, L. N.; PULICHERLA, K. K. Cold-active enzymes: Enabling nonthermal processing in food industry. En *Microbial Extremozymes*. Academic Press, 2022. p. 39-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822945-3.00002-6>
3. AL-GHAZAWI, Ziad; ALAWNEH, Rami. Use of artificial neural network for predicting effluent quality parameters and enabling wastewater reuse for climate change resilience—A case from Jordan. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 44, p. 102423. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102423>
4. ANGELAKIS, Andreas N., et al. Water reuse: from ancient to modern times and the future. *Frontiers in Environmental Science*, 2018, vol. 6, p. 26. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00026>
5. ASSEMBLY, General. United Nations: Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. UN: New York, NY, USA, 2015. Disponible en: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
6. ASIAN DEVELOPMENT BANK. Asian water development outlook 2016: Strengthening water security in Asia and the Pacific. Asian Development Bank, 2016. Disponible en: <https://www.adb.org/publications/asian-water-development-outlook-2016>
7. AYUB, Asif, et al. Development of sustainable magnetic chitosan biosorbent beads for kinetic remediation of arsenic contaminated water. *International journal of biological macromolecules*, 2020, vol. 163, p. 603-617. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.287>

8. BAI, Yuan, et al. Membrane fouling potential of the denitrification filter effluent and the control mechanism by ozonation in the process of wastewater reclamation. *Water research*, 2020, vol. 173, p. 115591. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115591>
9. BARABADI, Hamed, et al. Penicillium family as emerging nanofactory for biosynthesis of green nanomaterials: a journey into the world of microorganisms. *Journal of Cluster Science*, 2019, vol. 30, no 4, p. 843-856. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10876-019-01554-3>
10. BAVASSO, Irene, et al. Perspectives in nanotechnology based innovative applications for the environment. *CHEMICAL ENGINEERING*, 2016, vol. 47. Disponible en: ISBN978-88-95608-38-9; ISSN 2283-9216
11. Bedoya, D., 2017. Lima en emergencia: a un mes de los huacos y desbordes. *El Comer*.
12. BELL, Martha G. Overlooked legacies: Climate vulnerability and risk as incrementally constructed in the municipal drinking water system of Lima, Peru (1578–2017). *Geoforum*, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.02.016>
13. BIBI, Ismat, et al. Green synthesis of iron oxide nanoparticles using pomegranate seeds extract and photocatalytic activity evaluation for the degradation of textile dye. *Journal of Materials Research and Technology*, 2019, vol. 8, no 6, p. 6115-6124. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.10.006>
14. BISWAS, Asit K.; TORTAJADA, Cecilia. Water quality management: a globally neglected issue. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1670506>
15. BIVINS, Aaron W., et al. Estimating infection risks and the global burden of diarrheal disease attributable to intermittent water supply using QMRA. *Environmental science & technology*, 2017, vol. 51, no 13, p. 7542-7551. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01014>

16. BRANDT, Malcolm J., et al. Twort's water supply. Butterworth-Heinemann, 2016. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=uk8mCAAQBAJ&lpg=PP1&ots=x1L-WnSaHy&dq=water%20supply%20&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=water%20supply&f=false>
17. BRAUMAN, Kate A., et al. Water depletion: An improved metric for incorporating seasonal and dry-year water scarcity into water risk assessments Water depletion: Improved metric for seasonal and dry-year water scarcity. Elementa: Science of the Anthropocene, 2016, vol. 4.
18. CALDERON, Blanca; FULLANA, Andres. Heavy metal release due to aging effect during zero valent iron nanoparticles remediation. Water research, 2016, vol. 83, p. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.06.004>
19. CHARALAMBOUS, Bambos; LASPIDOU, Chrysi. Dealing with the complex interrelation of intermittent supply and water losses. IWA Publishing, 2017. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=rktDwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=j0Dr7etb7O&dq=Charalambous%20B.%20Laspidou%20C.%202017%20Dealing%20with%20the%20Complex%20Interrelation%20of%20Intermittent%20Supply%20and%20Water%20Losses.%20IWA%20Publishing%20C%20London%20C%20UK.&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=Charalambous%20B.%20Laspidou%20C.%202017%20Dealing%20with%20the%20Complex%20Interrelation%20of%20Intermittent%20Supply%20and%20Water%20Losses.%20IWA%20Publishing,%20London,%20UK.&f=false>
20. CHAUHAN, Amit Kumar; KATARIA, Navish; GARG, V. K. Green fabrication of ZnO nanoparticles using Eucalyptus spp. leaves extract and their application in wastewater remediation. Chemosphere, 2020, vol. 247, p. 125803. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125803>
21. COXON, Cheyenne; GAMMIE, Gena; CASSIN, Jan. Mobilizing funding for nature-based solutions: Peru's drinking water tariff. En Nature-based

- Solutions and Water Security. Elsevier, 2021. p. 241-262. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819871-1.00008-7>
22. CRESPI, Julieta, et al. Removal of uranium (VI) with iron nanoparticles. Chemical Engineering Transactions, 2016, vol. 47, p. 265-270. Disponible en: <https://doi.org/10.3303/cet1647045>
23. CUSIOLI, Luís Fernando, et al. Development of a new low-cost adsorbent functionalized with iron nanoparticles for removal of metformin from contaminated water. Chemosphere, 2020, vol. 247, p. 125852. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125852>
24. DAS, Piu, et al. Madhuca longifolia plant mediated green synthesis of cupric oxide nanoparticles: a promising environmentally sustainable material for waste water treatment and efficient antibacterial agent. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2018, vol. 189, p. 66-73. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.09.023>
25. DAVARNEJAD, Reza, et al. A green technique for synthesising iron oxide nanoparticles by extract of centaurea cyanus plant: an optimised adsorption process for methylene blue. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2020, p. 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1756273>
26. DE OLIVEIRA CRUZ, Felipe Santana, et al. Textile effluent treatment using a fixed bed reactor using bimetallic Fe/Ni nanoparticles supported on chitosan spheres. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2020, vol. 8, no 5, p. 104133. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104133>
27. DEBAERE, Peter; KAPRAL, Andrew. The potential of the private sector in combating water scarcity: The economics. Water Security, 2021, vol. 13, p. 100090. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2021.100090>
28. DUAN, Kai, et al. Understanding the role of regional water connectivity in mitigating climate change impacts on surface water supply stress in the

- United States. *Journal of hydrology*, 2019, vol. 570, p. 80-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.011>
29. FARMANI, R., et al. Intermittent water supply systems and their resilience to COVID-19: IWA IWS SG survey. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 2021, vol. 70, no 4, p. 507-520. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.009>
30. FRAGA, Florencia Aron, et al. Evaluation of a membrane bioreactor on dairy wastewater treatment and reuse in Uruguay. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2017, vol. 119, p. 552-564. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.11.025>
31. Gestión, 2017. 30. ¿Cómo afrontar la problemática del agua en Lima?. Gestión. March.
32. HASSAN, Hazem, et al. New chitosan/silica/zinc oxide nanocomposite as adsorbent for dye removal. *International journal of biological macromolecules*, 2019, vol. 131, p. 520-526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.087>
33. HASHIM, Hadeel Qays; SAYL, Khamis Naba. Detection of suitable sites for rainwater harvesting planning in an arid region using geographic information system. *Applied Geomatics*, 2021, vol. 13, no 2, p. 235-248. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12518-020-00342-3>
34. IRAVANI, Siavash; VARMA, Rajender S. Bacteria in heavy metal remediation and nanoparticle biosynthesis. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2020, vol. 8, no 14, p. 5395-5409. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c00292>
35. ISLAM, MM Majedul, et al. A review on present and future microbial surface water quality worldwide. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2021, vol. 16, p. 100523. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100523>
36. JAEGER, William K., et al. Finding water scarcity amid abundance using human–natural system models. *Proceedings of the National Academy of*

- Sciences, 2017, vol. 114, no 45, p. 11884-11889. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1706847114>
37. JIN, Xiaoying, et al. Removal of Cr (VI) from aqueous solutions via reduction and absorption by green synthesized iron nanoparticles. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 176, p. 929-936. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.026>
38. JOSHI, Naveen Chandra; SINGH, Ajay. Adsorptive performances and characterisations of biologically synthesised zinc oxide based nanosorbent (ZOBN). *Groundwater for Sustainable Development*, 2020, vol. 10, p. 100325. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100325>
39. KAJANI, Abolghasem Abbasi; BORDBAR, Abdol-Khalegh. Biogenic magnetite nanoparticles: a potent and environmentally benign agent for efficient removal of azo dyes and phenolic contaminants from water. *Journal of hazardous materials*, 2019, vol. 366, p. 268-274. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.111>
40. KHATUA, Ashapurna, et al. Phytosynthesis, characterization and fungicidal potential of emerging gold nanoparticles using *Pongamia pinnata* leave extract: a novel approach in nanoparticle synthesis. *Journal of Cluster Science*, 2020, vol. 31, no 1, p. 125-131. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10876-019-01624-6>
41. KIM, Jae-Hyun, et al. Laboratory and pilot-scale field experiments for application of iron oxide nanoparticle-loaded chitosan composites to phosphate removal from natural water. *Environmental technology*, 2018, vol. 39, no 6, p. 770-779. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1310937>
42. KROEZE, Carolien, et al. Global modelling of surface water quality: a multi-pollutant approach. *Current opinion in environmental sustainability*, 2016, vol. 23, p. 35-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.014>

43. LEILI, Mostafa; FAZLZADEH, Mehdi; BHATNAGAR, Amit. Green synthesis of nano-zero-valent iron from Nettle and Thyme leaf extracts and their application for the removal of cephalexin antibiotic from aqueous solutions. *Environmental technology*, 2018, vol. 39, no 9, p. 1158-1172. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1323956>
44. LI, Jin Feng, et al. Cordyceps militaris fungus mediated Zinc Oxide nanoparticles for the photocatalytic degradation of Methylene blue dye. *Optik*, 2019, vol. 183, p. 691-697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.02.081>
45. LUND SCHLAMOVITZ, Josefina; BECKER, Per. Differentiated vulnerabilities and capacities for adaptation to water shortage in Gaborone, Botswana. *International Journal of Water Resources Development*, 2021, vol. 37, no 2, p. 278-299. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1756752>
46. LUO, Jiafa, et al. Potential hotspot areas of nitrous oxide emissions from grazed pastoral dairy farm systems. *Advances in Agronomy*, 2017, vol. 145, p. 205-268. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.05.006>
47. MADHAV, Sughosh, et al. A review of textile industry: Wet processing, environmental impacts, and effluent treatment methods. *Environmental Quality Management*, 2018, vol. 27, no 3, p. 31-41. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/tqem.21538>
48. MAGALHÃES-GHIOTTO, Grace AV, et al. Green nanoparticles in water treatment: A review of research trends, applications, environmental aspects and large-scale production. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2021, vol. 16, p. 100526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100526>
49. MAJUMDER, Mrinmoy. Impact of urbanization on water shortage in face of climatic aberrations. Springer, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-73-3>

50. MALINI, S., et al. Antibacterial, photocatalytic and biosorption activity of chitosan nanocapsules embedded with Prosopis juliflora leaf extract synthesized silver nanoparticles. *Materials Today: Proceedings*, 2020, vol. 21, p. 828-832. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.587>
51. MASAGO, Yoshifumi, et al. *Future Outlook of Urban Water Environment in Asian Cities*. 2018. Disponible en: ISBN 9789280845938
52. MASTALLER, Miran; KLINGEL, Philipp. Application of a water balance adapted to intermittent water supply and flat-rate tariffs without customer metering in Tiruvannamalai, India. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2018, vol. 18, no 1, p. 347-356. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/ws.2017.121>
53. MISHRA, Binaya Kumar, et al. Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions. *Water*, 2021, vol. 13, no 4, p. 490. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w13040490>
54. MOHAMMADI, Ali, et al. Survival analysis of water distribution network under intermittent water supply conditions. *Water Supply*, 2020, vol. 20, no 8, p. 3531-3541. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/ws.2020.228>
55. MORAN, Sean. *An Applied Guide to Water and Effluent Treatment Plant Design*. Butterworth-Heinemann, 2018. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=waRBDwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=7nxZITXWN&dq=Section%204.%20Industrial%20effluent%20treatment%20engineering&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=Section%204.%20Industrial%20effluent%20treatment%20engineering&f=false>
56. MYSTRIOTI, Christiana, et al. Chromium removal with environmentally friendly Iron nanoparticles in a pilot scale study. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 2018, vol. 101, no 6, p. 705-710. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2424-3>

57. NASEEM, Taiba; DURRANI, Tayyiba. The role of some important metal oxide nanoparticles for wastewater and antibacterial applications: A review. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2020.12.001>
58. NEIL, Karen P., et al. Enteric diseases transmitted through food, water, and zoonotic exposures. En *Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases*. Elsevier, 2018. p. 397-409. e3. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-40181-4.00059-1>
59. OGAH, Sule Philip Ivoms. Heavy metals in Keanasalt lake and some sources of drinking water within the Keanasalt lake community, Nasarawa State, Nigeria. *Science Journal of Analytical Chemistry*, 2020, vol. 8, no 2, p. 56-59. Disponible en: <https://doi.org/10.11648/j.sjac.20200802.13>
60. OMIDINIA-ANARKOLI, Tayebah; SHAYANNEJAD, Mohammad. Improving the quality of stabilization pond effluents using hybrid constructed wetlands. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 801, p. 149615. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149615>
61. ÖZDEMİR, Sadin; YALÇIN, M. Serkan; KILINÇ, Ersin. Preconcentrations of Ni (II) and Pb (II) from water and food samples by solid-phase extraction using *Pleurotus ostreatus* immobilized iron oxide nanoparticles. *Food Chemistry*, 2021, vol. 336, p. 127675. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127675>
62. PATEL, Nital; RUPARELIA, Jayesh; BARVE, Jayesh. Prediction of total suspended solids present in effluent of primary clarifier of industrial common effluent treatment plant: Mechanistic and fuzzy approach. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 34, p. 101146. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101146>
63. PENG, Dinghua, et al. Effect of multiple iron-based nanoparticles on availability of lead and iron, and micro-ecology in lead contaminated soil. *Chemosphere*, 2019, vol. 228, p. 44-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.106>

64. PETERNELA, Josiane, et al. Synthesis and impregnation of copper oxide nanoparticles on activated carbon through green synthesis for water pollutant removal. *Materials Research*, 2017, vol. 21. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2016-0460>
65. PHOLOSI, Agnes; NAIDOO, Eliazer B.; OFOMAJA, Augustine E. Enhanced Arsenic (III) adsorption from aqueous solution by magnetic pine cone biomass. *Materials Chemistry and Physics*, 2019, vol. 222, p. 20-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2018.09.067>
66. QU, Jianhua, et al. Green synthesis of hydrophilic activated carbon supported sulfide nZVI for enhanced Pb (II) scavenging from water: characterization, kinetics, isotherms and mechanisms. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 403, p. 123607. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123607>
67. RAMBABU, K., et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using Phoenix dactylifera waste as bioreductant for effective dye degradation and antibacterial performance in wastewater treatment. *Journal of hazardous materials*, 2021, vol. 402, p. 123560. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123560>
68. RAMESH, A. V., et al. Facile green synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles using aqueous leaf extract of Zanthoxylum armatum DC. for efficient adsorption of methylene blue. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 2018, vol. 6, no 2, p. 145-155. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/21870764.2018.1459335>
69. RICHEY, Alexandra S., et al. Quantifying renewable groundwater stress with GRACE. *Water resources research*, 2015, vol. 51, no 7, p. 5217-5238. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2015WR017349>
70. RÓNAVÁRI, Andrea, et al. Biological activity of green-synthesized silver nanoparticles depends on the applied natural extracts: a comprehensive study. *International journal of nanomedicine*, 2017, vol. 12, p. 871. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/IJN.S122842>

71. RÓNAVÁRI, Andrea, et al. Biosynthesized silver and gold nanoparticles are potent antimycotics against opportunistic pathogenic yeasts and dermatophytes. *International journal of nanomedicine*, 2018, vol. 13, p. 695. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/IJN.S152010>
72. RONG, Kun, et al. Green synthesis of iron nanoparticles using Korla fragrant pear peel extracts for the removal of aqueous Cr (VI). *Ecological Engineering*, 2020, vol. 149, p. 105793. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105793>
73. Rosas Mejía, L., 2017, March 24. El puente Solidaridad de Castañeda y la planta Huachipa de García están en la mira.
74. SALEHI, Maryam. Global water shortage and potable water safety; Today's concern and tomorrow's crisis. *Environment International*, 2022, vol. 158, p. 106936. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106936>
75. SALGADO, Pablo, et al. The effect of phenolic compounds on the green synthesis of iron nanoparticles (Fe_xO_y-NPs) with photocatalytic activity. *Applied Nanoscience*, 2019, vol. 9, no 3, p. 371-385. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13204-018-0931-5>
76. SALINAS, Tobías, et al. Design and testing of a pilot scale magnetic separator for the treatment of textile dyeing wastewater. *Journal of environmental management*, 2018, vol. 218, p. 562-568. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.096>
77. SHAH, Jasmin, et al. Eco-friendly alginate encapsulated magnetic graphene oxide beads for solid phase microextraction of endocrine disrupting compounds from water samples. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2020, vol. 190, p. 110099. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110099>
78. SIDDIQUI, Samreen; CONKLE, Jeremy L.; SADOVSKI, Alexey. Contiguous US surface water availability and short-term trends of wastewater effluent

- flows in San Antonio, TX. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 265, p. 115036. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115036>
79. SIDDIQUI, Sharf Ilahi, et al. Arsenic removal from water by starch functionalized maghemite nano-adsorbents: Thermodynamics and kinetics investigations. *Colloid and Interface Science Communications*, 2020, vol. 36, p. 100263. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colcom.2020.100263>
80. SILVEIRA, Carole, et al. Iron-oxide nanoparticles by the green synthesis method using *Moringa oleifera* leaf extract for fluoride removal. *Environmental technology*, 2018, vol. 39, no 22, p. 2926-2936. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1369582>
81. SLIJEPČEVIĆ, Nataša, et al. A cost effective method for immobilization of Cu and Ni polluted river sediment with nZVI synthesized from leaf extract. *Chemosphere*, 2021, vol. 263, p. 127816. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127816>
82. SUAZO-HERNÁNDEZ, Jonathan, et al. Efficient and selective removal of SeVI and AsV mixed contaminants from aqueous media by montmorillonite-nanoscale zero valent iron nanocomposite. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 403, p. 123639. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123639>
83. TAYLOUR, J.; ROSNER, D. Traceability of Cleaning Agents and Disinfectants. En *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*. Woodhead Publishing, 2016. p. 617-626. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100155-4.00040-6>
84. VAHIDI, Hossein; BARABADI, Hamed; SARAVANAN, Muthupandian. Emerging selenium nanoparticles to combat cancer: a systematic review. *Journal of Cluster Science*, 2020, vol. 31, no 2, p. 301-309. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10876-019-01671-z>

85. VAN GINKEL, K. C. H. Urban water security: A review. *Environmental Research Letters*, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaba52>
86. VIDOVIĆ, Taynara Basso, et al. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using Punica granatum leaf extract applied to the removal of methylene blue. *Materials Letters*, 2019, vol. 257, p. 126685. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.126685>
87. VOLLMER, Derek; HARRISON, Ian J. H₂O ≠ CO₂: framing and responding to the global water crisis. *Environ Res Lett*, 2021, vol. 16, no 1, p. 011005. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326-abd6aa>
88. WANG, Bo-Ren, et al. After remediation—Using toxicity identification evaluation of sediment contamination in the subtropical Erren river basin. *Chemosphere*, 2021, vol. 262, p. 127772. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127772>
89. WANG, Xuandong, et al. A review of graphene-based nanomaterials for removal of antibiotics from aqueous environments. *Environmental Pollution*, 2019, vol. 253, p. 100-110. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.06.067>
90. WU, Sai, et al. Green synthesis of reusable super-paramagnetic diatomite for aqueous nickel (II) removal. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2021, vol. 582, p. 1179-1190. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.08.119>
91. XU, Xiaohui, et al. La (III)-bentonite/chitosan composite: A new type adsorbent for rapid removal of phosphate from water bodies. *Applied Clay Science*, 2020, vol. 190, p. 105547. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105547>
92. YADI, Morteza, et al. Current developments in green synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts: a review. *Artificial cells, nanomedicine,*

and biotechnology, 2018, vol. 46, no sup3, p. S336-S343. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/21691401.2018.1492931>

93. YI, Jumi; SHANE, Andi L. Approach to the Diagnosis and Management of Gastrointestinal Tract Infections. En Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases. Elsevier, 2018. p. 376-383. e2. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-40181-4.00055-4>

94. ZHU, Yi, et al. Behavior, remediation effect and toxicity of nanomaterials in water environments. Environmental research, 2019, vol. 174, p. 54-60. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.04.014>

ANEXOS

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
DATOS DEL AUTOR: NOMBRE(S)		
PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
TIPO DE INVESTIGACIÓN:		
CÓDIGO:		
PALABRAS CLAVES :	Effluent, treatments, applying, nano, particles	
NANO PARTICULAS ABSORVENTES		
MATERIALES ABSORBENTES CONSIDERADOS MATERIALES VERDES		
PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL TRATAMIENTOS DE EFLUENTES		
RESULTADOS :		
CONCLUSIONES:		