



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión sistemática de la opuntia ficus indica y moringa oleifera
como biocoagulantes para la clarificación de aguas, Lima - 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Ramos Artica, Ana Madeline (orcid.org/0000-0003-2187-9563)

ASESOR:

Mgr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (orcid.org/0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por brindarme salud, confianza y resiliencia para culminar mi carrera.

Seguidamente a mi familia, a mis padres Juan Ramos e Ingrid Artica que a través de su amor me han guiado por los caminos del bien, a mis hermanos y abuela Anita por su amor incondicional y consejos.

Finalmente, a mi asesor el Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos; por brindarme su apoyo, así como también haber tenido la tolerancia y dedicación para transmitirnos sus conocimientos y guiarme en este proceso.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplos de superación, humildad y sacrificio; muchos de mis logros se los debo a mis padres Ingrid Artica y Juan Chirre.

También esta tesis está dedicada de manera especial a mi abuelita Ana Chirre por su bondad y amor incondicional. Finalmente, a mi asesor de tesis Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos; por compartir sus conocimientos y experiencia en cada clase brindada, su buena voluntad y la disponibilidad para así poder realizar y culminar este trabajo de investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO.....	6
III.METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación	13
3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización	13
3.3 Escenario de estudio.....	14
3.4 Participantes	15
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.6 Procedimientos	16
3.7 Rigor científico	19
3.8 Método de análisis de datos	20
3.9 Aspectos éticos.....	20
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
V.CONCLUSIONES	51
VI.RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS.....	53
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1.	<i>Base de Datos bibliográficos</i>	14
Tabla 2.	<i>Criterios de inclusión de fuentes teóricas</i>	15
Tabla 3.	<i>Palabras claves empleadas para la investigación.....</i>	16
Tabla 4.	<i>Número total de fuentes bibliográficas empleados en esta investigación.....</i>	19
Tabla 5.	<i>Revisión sistemática.....</i>	22
Tabla 6.	<i>Efectividad de las especies Moringa oleifera y Opuntia ficus indica empleadas en el proceso de clarificación de aguas</i>	24
Tabla 7.	<i>Características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales</i>	30
Tabla 8.	<i>Fuente orgánica empleada como biocoagulante en el proceso de clarificación de aguas.....</i>	35
Tabla 9.	<i>Condiciones operacionales para el empleo de biocoagulantes en el proceso de clarificación de aguas superficiales y residuales.....</i>	47

Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 1.</i>	Procedimiento de búsqueda de información.....	18
<i>Figura 2.</i>	Porcentaje de las fuentes bibliográficas.....	21
<i>Figura 3.</i>	Remoción de turbidez según las fuentes bibliográficas.	26
<i>Figura 4.</i>	Especie vegetal empleada según las fuentes bibliográficas	28
<i>Figura 5.</i>	Tipo de agua según las fuentes bibliográficas	33
<i>Figura 6.</i>	Agentes Coagulantes extraídos de las especies vegetales	38
<i>Figura 7.</i>	Árbol de <i>Moringa oleifera</i>	38
<i>Figura 8.</i>	A: Fruto de la <i>Moringa oleifera</i> , B: semillas de la <i>Moringa oleifera</i>	39
<i>Figura 9.</i>	Proceso de obtención de la semilla de <i>Moringa oleifera</i>	40
<i>Figura 10.</i>	Proceso de extracción del aceite de la semilla de <i>Moringa oleifera</i> ...	41
<i>Figura 11.</i>	Proceso de obtención de sustancia coagulante de la <i>Moringa oleifera</i>	42
<i>Figura 12.</i>	Especie arbustiva <i>Opuntia ficus indica</i>	43
<i>Figura 13.</i>	Cortado de la penca en tiras rectangulares y alargadas.....	44
<i>Figura 14.</i>	Producto tamizado de la penca	45
<i>Figura 15.</i>	Proceso de obtención de sustancia coagulante del <i>Opuntia ficus</i> <i>Indica</i>	46
<i>Figura 16.</i>	Velocidades de mezcla (rápida y lenta) según las fuentes bibliográficas	49

Resumen

La presente investigación se centra en el empleo de biocoagulantes de origen vegetal o coagulantes naturales en el proceso de clarificación del agua, debido que los productos químicos empleados en dicho proceso, como el sulfato de aluminio, se encuentran asociados directamente a enfermedades neurodegenerativas cerebrales como el Alzheimer, así mismo afectan al organismo de las especies acuáticas y generan lodos residuales los cuales contaminan los suelos.

Por ende, el objetivo principal de esta investigación fue analizar a las especies vegetales *Opuntia ficus indica* y *Moringa oleifera* como biocoagulantes empleados en el proceso de clarificación de agua considerando la turbidez como un parámetro de respuesta para evaluar la efectividad. La metodología se planteó con un enfoque cualitativo, de tipo básica y diseño narrativo. El desarrollo de la perspectiva teórica se basará en una revisión sistemática, la técnica que se utilizó es el análisis documental y el instrumento fue la elaboración de las fichas de análisis de contenido.

De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que los biocoagulantes extraídos de las especies antes mencionadas tuvieron una eficiencia en la remoción de turbidez que oscila entre 27,1% a 99.32%, demostrando ser una alternativa eficiente, viable económicamente y sostenible ambientalmente.

Palabras clave: *Opuntia ficus indica*, *Moringa oleifera*, biocoagulante, coagulante natural, clarificación de aguas.

Abstract

This research focuses on the use of biocoagulants of vegetable origin or natural coagulants in the water clarification process, because the chemicals used in this process, such as aluminum sulfate, are directly associated with neurodegenerative brain diseases such as Alzheimer's disease, as well as affect the organism of aquatic species and generate waste sludge which contaminate soils.

Therefore, the main objective of this research was to analyze the plant species *Opuntia ficus indica* and *Moringa oleifera* as biocoagulants used in the water clarification process considering turbidity as a response parameter to evaluate effectiveness. The methodology was based on a qualitative approach, applied and narrative design. The development of the theoretical perspective will be based on a systematic review, the technique used is the documentary analysis and the instrument was the elaboration of content analysis cards.

According to the analysis carried out, it is concluded that the biocoagulants extracted from the aforementioned species had a turbidity removal efficiency ranging from 27.1% to 99.32%, proving to be an efficient, economically viable and environmentally sustainable alternative.

Keywords: *Opuntia ficus indica*, *Moringa oleifera*, biocoagulant, natural coagulant, water clarification.

I. INTRODUCCIÓN

Las fuentes hídricas como por ejemplo los ríos, lagos, canales, lagunas, etc., son indispensable para la vida en el planeta y a su vez estos cuerpos de agua están siendo afectados por una variedad de factores tales como la erosión del suelo, el arrojado de residuos sólidos o en la mayoría de casos por el vertimiento de aguas residuales por parte de la población (Manikandan et al., 2021, p. 2), Estas acciones son las causas principales por la que podemos identificar fácilmente el alto nivel de turbidez que tienen, por lo tanto no pueden ser consumidas ni utilizadas directamente y es necesario darle un tratamiento previo (Hassan et al., 2020, p. 2).

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Perú ocupa el 8vo lugar a nivel mundial entre los países con mayor disponibilidad de agua, con el 1,89% de las aguas superficiales del mundo (Camones y Pahuara, 2021, p. 4), lamentablemente en algunas partes del país su calidad es crítica. Por ello, entre los procesos que se utilizan en las PTAR (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales), se utilizan coagulantes químicos (artificiales), que si bien su proceso es más rápido, representa no solo una gran suma de dinero al año, sino también un impacto ambiental (Melendez, 2019, p. 9).

Con respecto a la situación en Lima metropolitana, según un estudio de Collacci, 2018, recuperado del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) contaba con 43 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Hay que mencionar, que el coagulante / floculante químico más comercializado en Lima es el sulfato de aluminio para el tratamiento de aguas (Choque et al., 2018, p. 299; Melgarejo, 2020, p. 9).

Pongamos por caso, la segunda etapa de la Planta de Tratamiento de Aguas Intihuatana, el cual recibe las aguas contaminadas del río Surco para someterla a un tratamiento físico basado en una cámara de rejillas y un desarenador con el fin de atrapar los residuos sólidos gruesos, luego se emplea sulfato de aluminio para coagular y flocular los sólidos en suspensión (Avila et al., 2018, p. 502), Así mismo, La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) La Tarjea empleó sulfato de aluminio con la finalidad de promover la aglomeración de partículas en suspensión que causan turbidez en el agua (Montoya, 2021, p. 36).

Estos productos químicos utilizados comúnmente en el proceso de clarificación de aguas residuales y superficiales se encuentran asociados a diversos trastornos neurodegenerativos cerebrales, como el Alzheimer (Jagaba et al., 2020, p. 3).

En el contexto de la toxicidad, la presencia del aluminio en el suelo tiende a formar enlaces con el fósforo de las raíces, generando una deficiencia de fósforo que afecta el crecimiento de las plantas (Chen et al., 2022, p. 22).

En relación al medio acuático, los organismos vivos también son los principales afectados por esta sustancia, el aluminio disuelto en el agua puede causar la muerte de peces por asfixia cuando entra en contacto con las branquias, también producen cambios cardiovasculares, hematológicos, metabólicos, respiratorios y al sistema osmorregulador. A su vez, el sulfato de aluminio puede causar efectos nocivos en el ADN de los organismos expuestos (Oliveira, 2017, p.102). También, se constató que el Sulfato de Aluminio tiene un efecto negativo sobre las Hidrolasas del cerebro, el tracto digestivo y la masa muscular de las tilapias (Closset et al., 2021, p. 12).

En función de lo señalado se hace necesario evaluar coagulantes de origen vegetal menos perjudiciales y ambientalmente inocuos para tratar las aguas. Basándonos en ese contexto, se evaluarán algunos coagulantes naturales entre ellos a la Cactácea *Opuntia ficus indica* y a la *Moringa Oleifera*.

La *Opuntia ficus indica*, también conocida como tuna o nopal, pertenece a la familia Cactaceae y subfamilia Opuntioideae; es oriunda de México, sin embargo, en la actualidad se encuentra en varias partes del mundo. Es cultivada en varias regiones de Perú (Sulca, 2022, p. 5), debido a que se adapta a diversas temperaturas y climas extremos. El género *Opuntia* es característico por la producción de un Hidrocoide o mucílago, que forma redes moleculares capaces de transportar grandes cantidades de agua. Asu vez, se ha revelado la presencia de polisacáridos en el mucílago de sus tejidos, que actúan como coagulantes y floculantes al permitir la aglomeración de partículas suspendidas que provocan la turbidez en el agua (Gandiwa et al., 2020, p. 17).

La *Moringa oleifera* es una planta tropical originaria del norte de la India que pertenece a la familia Moringaceae (Valverde et al., 2018, p. 2), sus semillas

contienen importante cantidad de proteínas con carga positiva y negativa, los cuales reducen la turbidez del agua tratada durante en proceso de clarificación, además es capaz de eliminar microorganismos debido a los antioxidantes y antimicrobianos que contiene (Nguyen et al., 2018, p. 3).

La importancia de esta investigación radica en evaluar productos naturales como una alternativa al uso de coagulantes para el tratamiento del agua que sean amigables con el medio ambiente y reduzcan el consumo de productos químicos (Cáceres y Castiblanco, 2020, p. 18). Por lo tanto, se optó por la recopilación de fuentes teóricas sobre el uso de coagulantes de origen vegetal, con el fin de evaluar la eficiencia de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas (Boulaadjoul, 2018, p.143). Así mismo, ampliar la investigación sobre el uso de especies vegetales en la clarificación del agua durante los procesos de coagulación y floculación, ya que estas especies vegetales contienen grupos funcionales capaces de inestabilizar las partículas causantes de la turbidez en el agua, lo que permite la formación de flóculos y la eliminación más eficiente de las partículas suspendidas.

En cuanto a la justificación teórica se detalla como la justificación que se vincula al deseo del investigador por profundizar en los focos teóricos que abordan el problema en cuestión, con el fin de recolectar información a lo largo de un camino de investigación, confrontar una teoría, realizar epistemología sobre un caso, generar un debate académico o reflexión sobre el conocimiento existente (Azuelo, 2019, p. 112). Razón por la cual esta investigación se justifica de manera teórica, puesto que brinda una contribución en el ámbito académico, de tal modo producir nuevos conocimientos evidenciados con argumentos fiables (Rodríguez, Breña y Esenarro, 2021, p. 27). Así mismo, una investigación se considera práctica puesto que su desarrollo ayudara a la resolución de un problema o, al menos, propone estrategias que, implementadas experimentalmente por otros investigadores, ayudan a la resolución del problema (Ñaupás et al., 2018, p. 46).

Mientras que la justificación metodológica, implica que en una investigación se desarrolle un instrumento para la recolección, recopilación o el análisis de datos, también cuando se propone una nueva metodología que incluye métodos para experimentar con una o más variables o categorías (Cohen y Gómez, 2019, p. 30). En ese sentido, esta investigación realizó una búsqueda exhaustiva de documentos

bibliográficos con el objetivo de responder al problema planteado, y los resultados obtenidos serán de gran utilidad en futuros estudios.

Por otro lado, la justificación ambiental del presente estudio se deriva del uso de sustancias químicas como el sulfato de aluminio en el tratamiento de clarificación de aguas residuales domésticas e industriales empleados en plantas de tratamiento de agua, el cual produce lodos que contaminan el suelo, la vida de los organismos acuáticos y a su vez, está ligado principalmente a problemas de salud. Por lo tanto, a través de esta investigación se propuso analizar el uso de coagulantes naturales, ya que no tiene efectos tóxicos en el agua tratada, convirtiéndose en una alternativa efectiva, dado a su origen vegetal (Castillo y Avendaño, 2020, p. 48) no afecta al organismo del ser humano (Canaza y Mamani, 2020, p. 12). De tal manera, los biocoagulantes no solo contribuyen positivamente al medio ambiente sino también económicamente son rentables y no generan lodos residuales, los cuales requieren un tratamiento para ser vertidos en los cuerpos naturales de agua (Bermudez, citado por Dominguez et al., 2020, p. 737). Los lodos residuales producidos por el uso de semillas de especies vegetales en la coagulación son inofensivos y puede ser usado como fertilizante para plantas o alimento para animales (Okuda et al., 2018, p. 16).

Así también, la Justificación económica evalúa la factibilidad o viabilidad del estudio y toma en cuenta la disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales para el desarrollo de un proyecto de investigación, lo que determina el alcance del estudio (Hernández Sampieri, 2018, p. 41). De acuerdo con la premisa anterior, el objetivo del estudio es proponer el uso de coagulantes naturales para la clarificación del agua, demostrando que es un método de remediación novedoso que permite el uso de especies vegetales para mejorar los procesos de manera viable, económica y sostenible.

Finalmente, la Justificación Social es sumamente importante ya que todo estudio debe tener cierta relevancia en este ámbito, haciéndola transformadora para la sociedad e indicando un alcance o iniciativa social (Chaverri, 2017, p. 187). Por lo tanto, es fundamental buscar nuevas tecnologías para el proceso de clarificación del agua, esto nos lleva a tomar medidas para garantizar que la salud de las personas no se vea comprometida. A su vez, la finalidad de este estudio es brindar

conocimientos y proponer alternativas viables de tratamientos de agua para regiones que no cuentan con servicios de saneamiento adecuados.

En base a lo descrito anteriormente se formula el siguiente problema general: ¿Cuál es el efecto del uso de las sustancias extraídas de las semillas de *Moringa oleifera* y *Opuntia ficus indica* al ser empleadas como biocoagulantes en la clarificación de aguas?, a partir de las fuentes bibliográficas seleccionadas para este trabajo de investigación, de igual manera se señala a los problemas específicos: ¿Qué características fisicoquímicas presentan las aguas superficiales y residuales?, ¿Cuáles son las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo del biocoagulante para la clarificación de aguas superficiales y residuales? y ¿Cuáles son las condiciones operacionales para la utilización de biocoagulantes en el tratamiento de clarificación de aguas?

Esta investigación tiene como objetivo general: Analizar el efecto del uso de las sustancias extraídas de las semillas de *Moringa oleifera* y *Opuntia ficus indica* al ser empleadas como biocoagulantes en la clarificación de aguas, a partir de las fuentes bibliográficas seleccionadas para este trabajo de investigación, así mismo los objetivos específicos son: Describir las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales, identificar las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo del biocoagulante para la clarificación de aguas superficiales y residuales y describir las condiciones operacionales para la utilización de biocoagulantes en el tratamiento de clarificación de aguas.

II. MARCO TEÓRICO

En el proceso para la clarificación de aguas, se busca la obtención de indicadores, parámetros físico-químicos en condiciones aceptables según los estándares de calidad de agua, en su mayoría se obtienen utilizando coagulantes sintéticos, causando una alta cantidad de sedimentos y lodos con altos costos económicos para su eliminación y presentando una amenaza ambiental (Priyatharishini et al., 2019, p. 84).

En consecuencia, a lo anteriormente planteado, se analizó la especie vegetal *Opuntia ficus Indica* y *Moringa oleifera* como una alternativa para clarificar aguas residuales y superficiales. Los artículos científicos y tesis de investigación presentan información relevante para el análisis de la revisión sistemática, lo cual nos permitirá desarrollar esta investigación con información veraz. Por lo tanto, tenemos los siguientes antecedentes en inglés y español:

Arias et al (2017), evaluaron la eficacia de las semillas de *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas residuales provenientes de un centro de sacrificio, para ello las semillas pasaron por un proceso de pulverización y extracción. Los parámetros analizados antes y después de cada prueba fueron: la turbidez, el pH, color, DBO5, DQO, SST, coliformes totales y fecales para calcular el porcentaje de remoción. La dosis óptima para lograr la remoción el color en un 87% y turbidez en un 80% fue 7500 mg/L y una concentración optima 5%. Por lo tanto, Se concluye que el uso de semillas de moringa mejora las propiedades de las aguas residuales de un centro de sacrificio.

Nonfodji et al (2020), se centraron en la preparación de coagulantes a partir de las proteínas de semillas de *Moringa oleifera* (MOP) y del compuesto con cloruro de poli aluminio (MOP-PACL), los resultados revelaron que se redujo el 64% de la turbidez, el 38,36% de la DQO, el 16,54% de los rayos UV, el 74,28% contra *E. coli*, el 76,36% contra *V. Cholerae* y el 90% contra las cepas de *P. aeruginosa* utilizando MOP en dosis de 320 mg/L, y empleando el compuesto MOP-PACL tuvo una reducción de 86,11% en turbidez, 60,12% de DQO, 58,82% de UV, 79,11% contra *E.Coli*, 98,66% contra *V. Cholerae* y 100% contra cepas de *P. aeruginosa* en una relación (Al / MOP) de 0,54 y un dosis de aluminio en el coagulante MOP – PACL.

Las proteínas de las semillas presentan carga positiva, que atrae partículas suspendidas con carga negativa para desestabilizarlas (coagulación), y luego forma flóculos, que eventualmente sedimentan (Varkey et al., 2020). En conclusión, los coagulantes de base metálica, cuando se combinan con coagulantes naturales, pueden reducir significativamente los costos de tratamiento y mejorar la calidad del agua.

Dotto et al (2018), en este estudio la *Moringa oleifera* y al sulfato de aluminio fueron evaluados como coagulantes en la remoción de color aparente, la turbidez, la absorbancia y la DQO en muestras obtenidas de una lavandería industrial. El estudio concluyó que la *Moringa oleifera* tuvo mejores resultados, eliminando en un 82,2% el color aparente y 83,05% la DQO.

Jagaba et al (2020), este artículo tiene como objetivo determinar la dosis óptima de diversos coagulantes y determinar el coagulante con mayor eliminación de contaminantes, para ello evaluó el pH inicial, la dosis del coagulante, el tiempo de mezclado rápido y lento y por último, el tiempo de sedimentación. Se emplearon como coagulantes FeCl₃, *Moringa oleifera*, Sulfato de aluminio, quitosano y Zeolita. Los resultados indicaron que la dosis óptima fue de 1000, 2000, 4000, 400 y 1000 mg/l respectivamente.

Novita et al (2019), el objetivo de este estudio es utilizar el polvo de moringa en el tratamiento de coagulación - floculación en aguas residuales de una finca cafetera debido a que, el procesamiento del café produce aguas residuales con un pH bajo, que es corrosivo y dañino para el medio ambiente. El nivel de eficacia fue la reducción de aproximadamente 69,44% en SST, 88,15% en turbidez y 41,80 de DQO.

Valverde et al (2018), en este artículo de investigación se analizó al compuesto policloruro de aluminio como coagulante sintético combinado con la *Moringa oleifera* (MO/PAC) para el tratamiento de aguas obtenidas del río Pirapo, Estado de Panamá, Maringá y Brasil. Se analizaron parámetros químicos, físicos y bacteriológicos, se incluyó la potencial zeta y el tamaño de flóculos. El compuesto de 80%/20% y 60%/40% de MO/PAC tuvieron buenos resultados en la mejora de calidad de agua, disminución de turbidez, color aparente. Se concluyó la

investigación demostrando que el empleo del biocoagulante es altamente efectivo. Debido a su menor acidez, menor nivel de lixiviación, mayor capacidad de absorción y biodegradabilidad, los coagulantes naturales como las semillas de *Moringa oleifera* superan a los coagulantes sintéticos en el tratamiento de aguas residuales (Vigneshwaran et al., 2020).

Manikandan et al (2021), analizaron la efectividad de la *Moringa oleifera*, *T. Foenum graecum*, *Cicer arietinum*, *Dolichos lablab*, *Azadirachta indica* como biocoagulantes y se estudió la reducción de los parámetros fisicoquímicos: pH, los cloruros, los sólidos totales, los sólidos disueltos, la turbidez, la dureza, la DQO, La DBO y sulfatos de las muestras obtenidas de los lagos Chinnandipalayam, Tirupur; estas muestras fueron analizadas puesto que las empresas enfocadas a la industria del tinte vierten las aguas residuales en los cuerpos de agua como ríos y lagunas afectando su calidad. Se obtuvo como resultado la reducción de turbidez en un 80.6%, 79.6%, 80.1%, 80.6%, 76.8% respectivamente y el alumbre tuvo una eficiencia de 95.3%. En conclusión, la *Moringa oleifera* tuvo una efectividad mayor en comparación de los coagulantes naturales analizados, pero el coagulante químico (alumbre) tuvo una efectividad de 95.3%. Aunque el coagulante químico tuvo una mayor remoción de turbidez, no es amigable con el medio ambiente y deja residuos los cuales requieren de un post tratamiento, necesitando más recursos para tratarlos, y los residuos frecuentemente terminan en ríos o lagos sin ser tratados previamente, causando contaminación en estos cuerpos naturales. De igual manera, existe evidencia de que la funcionalización de las NP (nanopartículas) con Mo puede resultar en un menor volumen de lodos, debido a que las NP de óxido de hierro compuesto con semillas de *Moringa* generan un lodo mucho más compacto en comparación con el sulfato ferroso (Triquesa et al., 2020).

Hassan et al (2020), determinaron la condición óptima del coagulante natural o biocoagulante *Moringa oleifera* para el tratamiento de aguas superficiales en los lagos de Shah Alam en Selangor, Malasia. Primero se determinaron las características de las muestras de agua. Posteriormente, se probó una muestra de agua del lago para el proceso de coagulación-floculación, con diferentes concentraciones de *Moringa oleifera*. Se evaluaron parámetros de calidad del agua como el pH, turbidez, DBO, entre otros. Se concluyó que, la *Moringa oleifera* puede

considerarse una alternativa adecuada para disminuir el uso de coagulantes sintéticos en un sistema de tratamiento de agua.

Nguyen et al (2018), evaluaron a la *Moringa oleifera* como coagulante natural mediante 3 métodos: extracción de aceite, pulverización simple y fraccionamiento de proteínas. Los resultados evidenciaron que el método de fraccionamiento de proteínas (MO3) tuvo mejores resultados puesto que eliminó la turbidez en un 99,3%, la demanda química de oxígeno en un 98,46% y E. Coli en un 100% en muestras obtenidas de los lagos, en comparación con las muestras obtenidas de las aguas residuales municipales, que fueron 95,44% de eliminación de turbidez, 82,4% de demanda química de oxígeno y 99,1% de E. coli.

Zaid et al (2019), compararon el desempeño de varios coagulantes naturales con el sulfato de aluminio (alumbre) como coagulante sintético, se realizaron pruebas con aguas obtenidas de Serbrong Barat. Los resultados revelaron que el compuesto de alumbre con coagulantes naturales como la cascara de yuca (CPS) o la *Moringa oleifera* obtienen mejores resultados en este caso 90,48% de eliminación de SST. Se concluye la investigación considerando al compuesto de alumbre con extractos de semillas oleifera como un coagulante eficiente puesto que optimiza los resultados finales positivamente reduciendo la turbidez de las muestras. Los residuos (lodos) producidos por el uso de semillas de *Moringa oleifera* en la coagulación son inofensivos y puede ser usado como fertilizante para plantas o alimento para animales (Okuda et al., 2018) Estos lodos se producen en cantidades mínimas (Nguyen et al., 2018).

Batista et al (2020), determinaron los efectos de la extracción de aceite de las semillas de *Moringa oleifera*. Los resultados revelaron que el proceso de extracción era causante de la disminución del contenido de ácidos grasos, compuestos fenólicos y aromáticos, ya que, las proteínas que tenían propiedades de coagulantes naturales se conservaban y esta actividad produjo que el pH paso de ser inferior a 4,8 para el floculante derivado de la M.O que contiene aceite (M1) y con pH 9,8 para el floculante derivado de la M.O extraídas del aceite (M2). Los resultados revelaron el rendimiento tanto de M1 y M2 para el tratamiento de agua son efectivas ya que eliminaron grasas y aceites en un 82,43% aproximadamente, lo que concluye la investigación confirmando el uso de los residuos de la semilla

oleifera (MO) como floculantes para eliminar grasas y aceites. Así mismo, la actividad aglutinante de los extractos proteicos de moringa, demostraron como resultados que la lectina tiene una actividad coagulante superior al 90%. En consecuencia, el proceso de coagulación está ligado a la absorción y neutralización de las partículas coloidales, produciendo un efecto similar al del sulfato de aluminio (Aguirre et al., 2018).

Boulaadjoul et al (2018), evaluaron el rendimiento de la *M. oleifera* como coagulante natural en el tratamiento de efluentes de fábricas de papel para reducir la turbidez y la DQO en aguas obtenidas de la ciudad de ADRAR, sur de Argelia. Se realizó una comparación con la eficacia del sulfato de aluminio como coagulante. El resultado de la investigación reveló la eficiencia del 96,02% en la reducción de turbidez empleando coagulantes extraídos de las semillas de moringa y 97,1% empleando sulfato de aluminio como coagulante, en la reducción de DQO tuvo como resultado 97,28% con la *Moringa oleifera* y 92,67% con el sulfato de aluminio, puesto que la *Moringa oleifera* es de origen natural. Se concluye que el coagulante extraído de las semillas de Moringa es más accesible puesto que está disponible en la ciudad ADRAR, no afecta al pH y su uso permite disminuir el uso de coagulantes sintéticos. Los compuestos sintéticos a base de aluminio suelen ser caros en los países en desarrollo y pueden presentar efectos secundarios (Kakoi et al., 2017) como por ejemplo la generación de voluminosos lodos no biodegradables y una relación con la enfermedad de Alzheimer (Exley, 2017).

Ibarra et al (2017) evaluaron la pectina de la especie *Opuntia ficus indica* o nopal por su capacidad para tratar aguas residuales contaminadas con iones metálicos. En primer lugar, se caracterizó por FT-IR (Espectroscopia de infrarrojos) y los resultados fueron positivos a la remoción de turbidez puesto que con una dosis de 0,019 mg/mL, se eliminó el 99% de los iones metálicos concluyendo que la especie *Opuntia ficus indica* cumple la función de biocoagulante para la remoción de iones metálicos en el tratamiento de aguas.

Choudhary et al (2018) En este artículo de investigación se optó por usar el mucilago acuoso de la especie cactácea *Opuntia ficus indica* como coagulante natural en el tratamiento de aguas contaminadas por el proceso de arenas petrolíferas. En la metodología se obtuvieron muestras de agua turbia modelo y de

aguas contaminadas por el proceso de arenas petrolíferas para explorar la efectividad del coagulante natural en pruebas con diferente nivel de turbidez. Para el experimento se evaluaron parámetros como la turbidez inicial, sales, pH, tiempo de almacenamiento y las dosis. Los resultados evidenciaron la efectividad del biocoagulante reduciendo la turbidez en un 98% de las aguas contaminadas por el proceso de arenas petrolíferas usando 1500 mg/L en 60 min.

Canaza y Mamani (2020), realizaron una revisión sistemática con la finalidad de ampliar el potencial de utilización de coagulantes naturales, investigando e identificando diversos coagulantes naturales o biocoagulantes para reducir la turbidez del agua a través de investigaciones científicas realizadas, ya que es necesario buscar alternativas eficientes, tecnologías sustentables y amigables con el medio ambiente. El resultado de este estudio menciona que se encontraron 5 coagulantes de origen vegetal: *Moringa oleifera*, *Opuntia ficus indica*, *Aloe vera*, *Caesalpinia Spinosa* y *Tamarindus Indica* y un coagulante de origen animal (quitosano). Se concluye mencionando que la *Moringa oleifera* fue el coagulante natural con mayor eficiencia en la remoción de turbidez, debido a los aa. (aminoácidos) polares con carga negativa y positiva, los cuales interactúan con los coloides y sólidos suspendidos en el agua responsables de la turbidez y el color aparente durante el tratamiento del agua en el proceso de clarificación, esto da como resultado la eliminación de la turbidez.

Ynofuentes, Condori y Chura (2020), analizaron el empleo de coagulantes sintéticos como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y el cloruro férrico ($FeCl_3$), los resultados revelaron que influyen negativamente en los cuerpos receptores, ya que la ingesta de estos elementos en concentración superiores a (0.1 mg/L) puede causar enfermedades como el Alzheimer, por ello, el objetivo principal de este artículo fue realizar una revisión para ampliar el uso y evaluar la efectividad de los coagulantes naturales como alternativa en el tratamiento de clarificación para reducir la turbidez del agua. Las bases teóricas utilizadas para este artículo demuestran que los coagulantes son eficientes para reducir la turbidez del agua. Se concluye que las semillas de la especie *Moringa oleifera*, el *Opuntia ficus indica* (la tuna o penca), el dale dale, el durazno y el quitosano son los coagulantes naturales más usados para el proceso de clarificación de aguas.

Vargas Rodríguez (2018), para el desarrollo de esta investigación experimental se empleó al *Opuntia ficus indica* como coagulante - floculante en el tratamiento de aguas obtenidas del río Chillón en el asentamiento humano Santa Cruz del Norte, para la parte experimental se utilizaron 3 pencas con ubicaciones diferentes (Ayacucho, Ica y Ancash) y a través de las muestras de jarras se midió los valores finales. Los resultados revelaron que la penca proveniente de Ancash tuvo un mejor resultado ya que tuvo una remoción de 94,42%, el de Ica tuvo un porcentaje de 91.79% y Ayacucho tuvo una remoción de 92.32% en el parámetro de turbidez y con respecto al color aparente, la penca proveniente de Ancash presentó una mayor eficiencia de 69.33% a diferencia de la penca de Ica con un promedio de 51.32% y 48.32% en Ayacucho. No se presentó variaciones en el pH de las muestras.

Santisteban Tineo (2020) Esta investigación sistemática tiene como objetivo analizar el mucilago extraído de la especie cactácea *Opuntia ficus indica* como coagulante en la descontaminación de aguas residuales. Las almohadillas interiores y exteriores del *Opuntia* contienen ácido poligalacturónico, que es un biopolímero aniónico con capacidad de coagulación. La adsorción y la formación de puentes entre partículas son los mecanismos dominantes para la formación de flóculos (Gandiwa et al., 2020). Para la extracción de coagulante emplearon cloruro de sodio (NaCl) y se aplicó velocidades entre 30 y 200 rpm en un tiempo de 30 a 180 min. Así mismo, la remoción de turbidez está influenciada por la velocidad de agitación, ya que un gradiente de moderada velocidad de agitación aumenta la probabilidad de floculación, mientras que un gradiente de alta velocidad provoca la ruptura de los flóculos. Los resultados demostraron la eficiencia de la reducción de turbidez en un 78,5 a 90,7%, 79.1% a 99% de sólidos totales disueltos, 54 % a 99.9% de color, 37.9% a 91.2% de DQO en el proceso de coagulación y floculación y se concluye con la recomendación de explorar investigaciones sobre de coagulantes naturales y experimentarlo a través de pruebas piloto. Así mismo, el contenido de sustancias complejas poliméricas de naturaleza carbohidrato como el ácido poligalacturónico en el *Opuntia ficus indica* o nopal le confieren propiedades coagulantes (Aguirre et al., 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación:

La presente investigación científica pertenece a un enfoque cualitativo, se plantea este enfoque de investigación cuando se busca comprender, interpretar y describir la información de los resultados obtenidos de una recolección de datos (Sánchez et al., 2018, p. 59).

El tipo de investigación es básica o teórica, debido al empleo de conocimientos adquiridos de fuentes bibliográficas para darle solución a la problemática expuesta en este estudio de investigación, a su vez se adquieren nuevos conocimientos basados en la recopilación e investigación de información y bases teóricas con el fin de responder a interrogantes que se puedan desarrollar durante posteriores investigaciones (Hernández Sampieri, 2018, p. 25).

Diseño de Investigación:

Por otro lado, el estudio contempla un diseño narrativo, se define como el estudio orientado al análisis de los datos recolectados. La investigación se clasifica como narrativa de tópicos puesto que el presente estudio está enfocado en hechos, sucesos, fenómenos, procesos y eventos, a través de experiencias de otros investigadores (Hernández Sampieri, 2018, p. 523).

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización:

- ❖ Categorías: Se denota como un tópico del estudio general empleados para categorizar una investigación de enfoque cualitativo (Maxwell, 2019, p. 24).
- ❖ Subcategoría: Elemento que proviene de una categoría con el objetivo de profundizar y detallar el fenómeno u objeto de estudio (Ríos Ramírez, 2017, p. 121).

En el anexo 1 se adjuntó la matriz de categorización apriorística basada en la problemática, los objetivos, además de las categorías y subcategorías, lo cual facilitara una visión general del estudio y contextualizara la información de manera precisa (Gallardo Echenique, 2017, p. 71).

3.3 Escenario de estudio

Se define como el espacio, sitio, ambiente (natural) o contexto en el que ocurren los fenómenos o se lleva a cabo la investigación, así como permisos y accesos (Sánchez et al., 2018, p. 62).

La presente investigación pertenece a una revisión sistemática, por lo tanto, fue conformado por revistas científicas y repositorios institucionales seleccionados para obtener fuentes teóricas e información relevante y de alto impacto para esta investigación, de esta manera se pudo encontrar información sobre el empleo de diferentes biocoagulantes para el proceso de clarificación de aguas residuales y superficiales, las plataformas que se utilizaron fueron los siguientes: Scopus, EBSCO, DOAJ, DIALNET, Science Direct, Proquest y Repositorios institucionales.

Tabla 1. *Base de Datos bibliográficos*

Base de datos	URL
- Scopus	: https://www.scopus.com/home.uri
- EBSCO	: https://www.ebsco.com/es
- DOAJ	: https://doaj.org/
- DIALNET	: https://dialnet.unirioja.es/
- Science Direct	: https://www.sciencedirect.com/
- ProQuest	: https://www.proquest.com/
	: https://repositorio.lamolina.edu.pe/
- Repositorios institucionales	: https://repositorio.ucv.edu.pe/
	: https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/
	: https://repository.unad.edu.co/

Fuente: Elaboración Propia.

3.4 Participantes:

Este trabajo de investigación se basa en una revisión sistemática, por lo tanto, los participantes de esta investigación son las fuentes teóricas digitales consignadas para el análisis y desarrollo del presente estudio (Hernández Sampieri, 2018, p. 514).

Tabla 2. *Criterios de inclusión de fuentes teóricas*

Plataforma indexada	Fuente de literatura	Idioma
Scopus	Artículo de investigación	Español / Ingles
EBSCO	Artículo de investigación	Español / Ingles
DOAJ	Artículo de investigación	Ingles
Science Direct	Artículo de investigación	Ingles
DIALNET	Artículo de investigación	Ingles
ProQuest	Artículo de investigación	Ingles
Repositorios Institucionales	Tesis	Español

Fuente: elaboración propia.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

El uso de análisis documental permite comparar los resultados de diferentes investigaciones científicas. El instrumento empleado en este trabajo de investigación fue la elaboración de fichas de análisis de contenido (Anexo 2), el cual se utilizó para recolectar información de las fuentes bibliográficas tales como, artículos científicos y tesis encontradas para el desarrollo de esta investigación (Arias, Covinos y Caceres, 2020, p. 99).

3.6 Procedimientos

El desarrollo del presente estudio de investigación constó de 3 etapas principales

Primera etapa:

Se efectuó una búsqueda minuciosa de artículos científicos en base a las palabras claves en español e inglés, tomando en cuenta que los datos obtenidos para el análisis de este trabajo de investigación fueron extraídos sistemática y sujeta a una secuencia ordenada de fuentes bibliográficas confiables y de alto impacto.

Tabla 3. *Palabras claves empleadas para la investigación*

Plataforma indexada	Palabras Claves	
	Inglés	Español
Scopus	<ul style="list-style-type: none"> - natural coagulants - biocoagulants - surface wáter - clarification process 	<ul style="list-style-type: none"> - Coagulantes naturales - biocoagulantes - Aguas superficiales - Clarificación
EBSCO	<ul style="list-style-type: none"> - Coagulants - Biocoagulants - turbidity 	<ul style="list-style-type: none"> - Coagulantes - Biocoagulantes - Turbidez
Repositorios institucionales	<ul style="list-style-type: none"> - vegetable coagulants - flocculation - treatment 	<ul style="list-style-type: none"> - Coagulantes vegetales - Floculación - Tratamiento

DOAJ

- natural coagulants
 - clarification
 - vegetable origin
 - treatment
 - efficiency
 - sewage wáter
 - turbidity
- Coagulantes naturales
 - Clarificación
 - Origen vegetal
 - Tratamiento
 - Eficiencia
 - Aguas residuales
 - Turbidez

Science Direct

- biocoagulants
 - natural coagulants
 - water treatment
- Biocoagulantes
 - Coagulantes naturales
 - Tratamiento de aguas

DIALNET

- biocoagulants
 - natural coagulants
 - water treatment
- Biocoagulantes
 - Coagulantes naturales
 - Tratamiento de aguas

ProQuest

- biocoagulants
 - natural coagulants
 - water treatment
- Biocoagulantes
 - Coagulantes naturales
 - Tratamiento de aguas

Fuente: Elaboración propia.

Segunda etapa:

Posterior a la búsqueda de fuentes bibliográficas se incluyeron criterios de exclusión con el fin de seleccionar fuentes potencialmente elegibles que permitan dar respuesta a la problemática y objetivos planteados (Anexo 3).

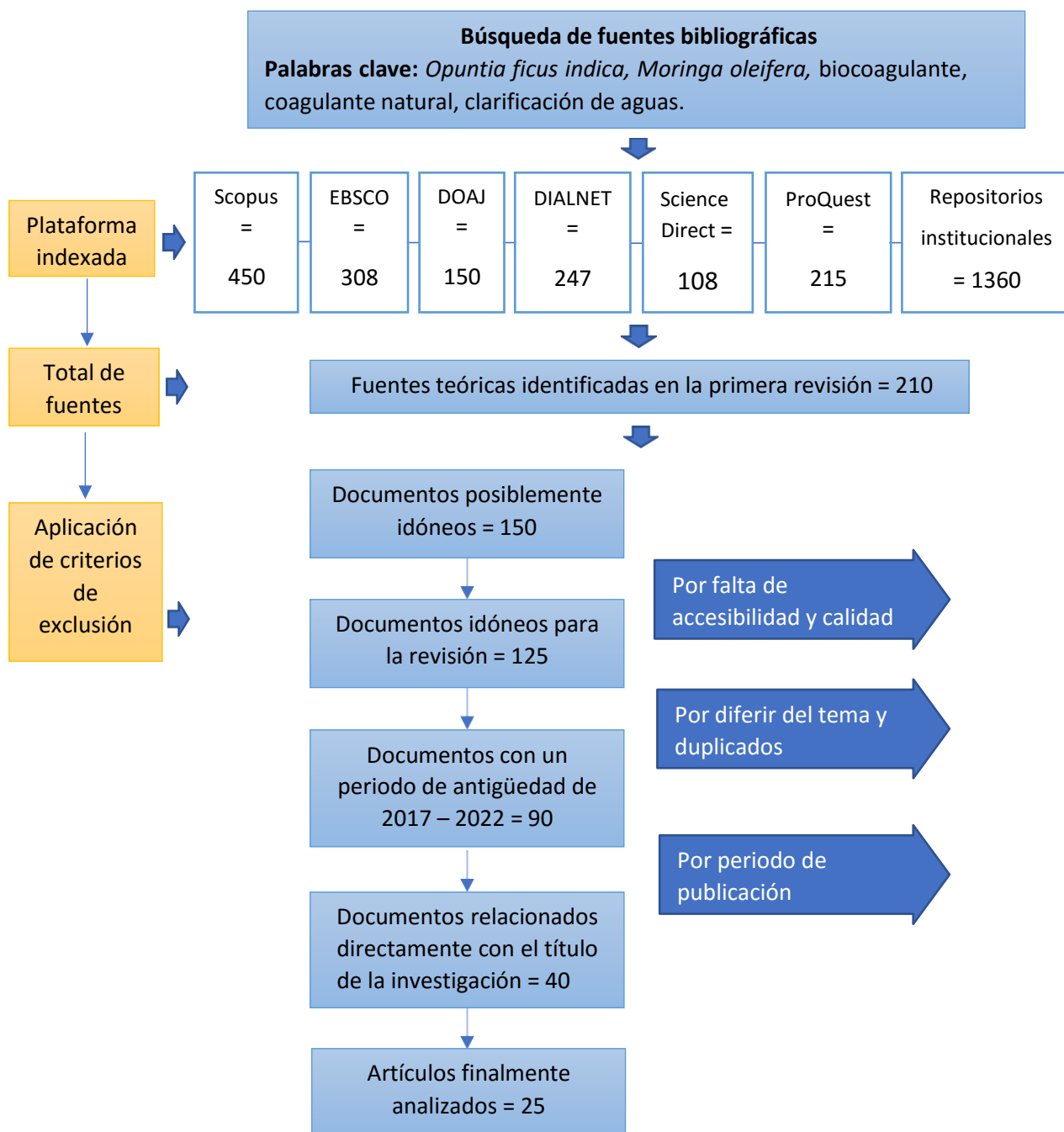


Figura 1. Procedimiento de búsqueda de información.

Fuente: Elaboración propia.

Tercera etapa: En esta última etapa se analizaron las fuentes bibliográficas recolectadas con información relevante.

Tabla 4. *Número total de fuentes bibliográficas empleados en esta investigación.*

AÑO	Scopus	Repositorios Institucionales	EBSCO	DOAJ	Science Direct	DIALNET	ProQuest
2017	0	0	1	1	0	0	0
2018	5	2	0	0	0	0	0
2019	1	3	1	0	0	0	0
2020	3	1	2	1	1	0	1
2021	0	0	1	0	0	1	0
TOTAL	9	6	5	2	1	1	1
TOTAL FINAL	25						

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Rigor científico:

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, por lo cual los criterios que se utilizaron para estimar el rigor científico en el presente informe están dados por las reconstrucciones teóricas, empleando para ello: la dependencia, transferibilidad, credibilidad y confiabilidad (Arribas et al.,2021, p. 183).

Dependencia: También definida como confiabilidad cualitativa, se utiliza la información recopilada para diseñar y describir la investigación, la información que se recolectó se traduce en los resultados con similitud de las investigaciones recolectadas (Sampieri, 2018, p. 453).

La validez externa o transferibilidad: Se vincula con la aplicación de los resultados de una investigación a otros contextos o la trasferencia de los resultados a otros sujetos (Fernández, León y Ferrer, 2021, p. 43).

Credibilidad o validez interna: Se refiere a la coherencia entre los resultados u observaciones obtenidas en el trabajo de campo y lo que perciben los autores u otros científicos, por lo tanto, brinda un respaldo de autenticidad puesto que son fuentes de investigaciones obtenida (Fernández, León y Ferrer, 2021, p. 43).

Confiabilidad, consistencia o fiabilidad: Se refiere a los procedimientos que requiere el autor para recolectar los datos, se caracteriza por la estabilidad, esto hace referencia a la réplica de los procedimientos y en conclusión debería obtener resultados parecidos utilizando los mismos instrumentos (Tracy, 2021, p. 174).

3.8 Método de análisis de datos:

Para esta investigación se analizaron datos de diversas fuentes bibliográficas, además, se tomó en cuenta los objetivos y conclusiones de cada uno de los estudios de investigación, por lo tanto, se consideró el análisis descriptivo porque permite analizar y estudiar los datos obtenidos (Lalopú y Zaña, 2021, p. 11).

3.9 Aspectos éticos:

Esta investigación se realizó utilizando fundamentos teóricos provenientes de fuentes confiables, los cuales fueron analizados y sintetizados para una mejor comprensión respetando los derechos de propiedad, sin afectar la autoría de otros investigadores. Así mismo, se cumplió con los requisitos de acuerdo a la resolución rectoral N° 0018 – 2019 / Universidad César Vallejo en la que se aprobó la guía para la elaboración de tesis. Considerando que una investigación debe responder a una necesidad buscando la verdad a través del conocimiento, pero también debe tener un fundamento ético que asegure el beneficio del individuo, la sociedad y el medio ambiente (Del Catillo y Rodríguez, 2018, p. 216).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la revisión exhaustiva de diversos documentos bibliográficos científicos obtenidos de diferentes fuentes de investigación como Scopus, EBSCO, Science Direct, Proquest, DOAJ, DIALNET y otras fuentes se clasificaron 25 documentos que se relacionaban directamente con el ámbito temático y las categorías empleadas en esta investigación, así mismo, las fuentes usadas se tomarían de los últimos 6 años como uno de los criterios para seleccionar la información, es decir la búsqueda iniciaría desde el año 2017 hacia el 2022.

A continuación, se representa en orden descendiente los porcentajes respectivos de las plataformas indexadas, mediante la evaluación del sesgo del estudio con el objetivo de incluir a la investigación fuentes fiables, dado que los estudios científicos incluidos influirán directamente en la autenticidad de los resultados.

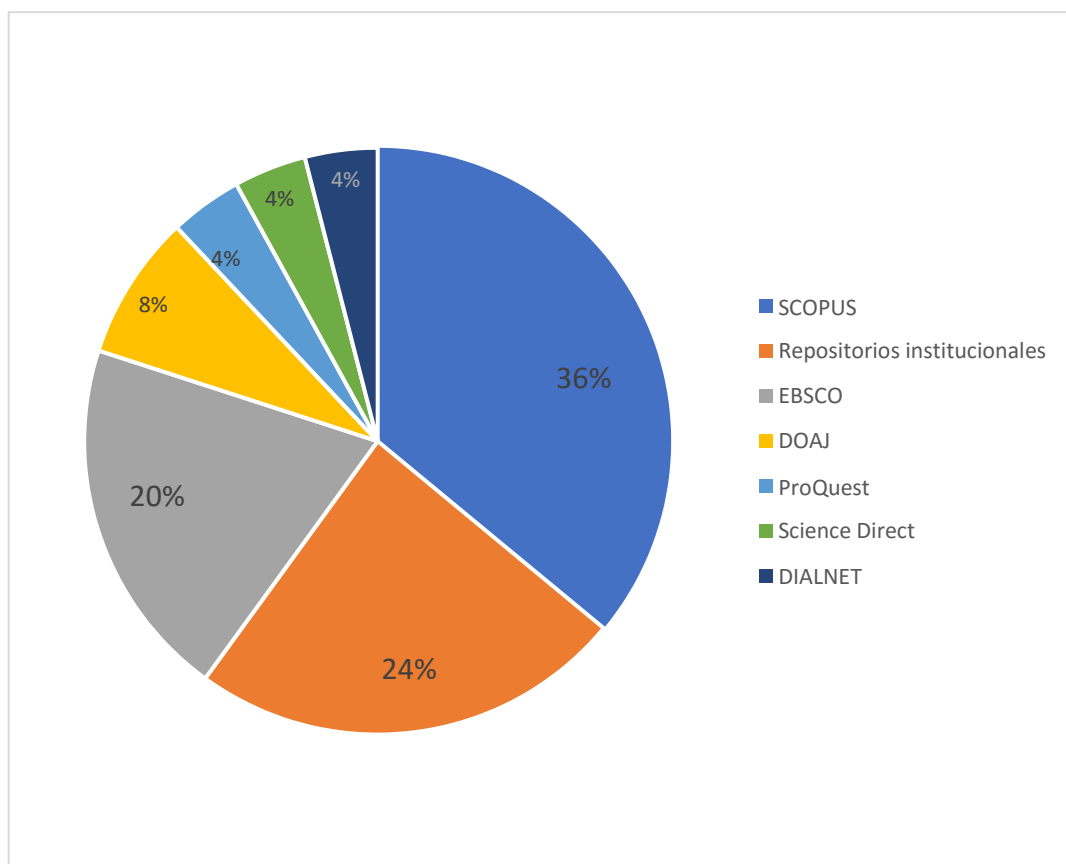


Figura 2. Porcentaje de las fuentes bibliográficas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Revisión sistemática

N°	Fuente	Plataforma indexada	Porcentaje
1	Aguirre et al., 2018		
2	Batista et al., 2020		
3	Boulaadjoul et al., 2018		
4	Choudhary et al., 2018		
5	Dotto et al., 2018	Scopus	36%
6	Jagaba et al., 2020		
7	Nguyen et al., 2018		
8	Nonfodji et al., 2020		
9	Triques et al., 2019		
10	Arenas Diaz, 2019		
11	Cuadros Pulido, 2020	Repositorios Institucionales	24%
12	Inga Diaz, 2019		

13	López Pérez, 2018		
14	Melendez Huaroc, 2019		
15	Vargas Rodríguez, 2018		
16	Arias et al., 2017		
17	Castillo y Avendaño, 2020		
18	Hassan et al., 2020	EBSCO	20%
19	Manikandan et al., 2021		
20	Novita et al., 2019		
21	Rachdi et al., 2017	DOAJ	8%
22	Vigneshwaran et al., 2020		
23	Varkey et al., 2017	Science Direct	4%
24	Valverde et al., 2018	DIALNET	4%
25	Vidal et al., 2020	ProQuest	4%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la revisión sistemática de las fuentes bibliográficas se analizó el efecto de las sustancias extraídas de las semillas *Moringa oleifera* y *Opuntia Ficus Indica* como biocoagulantes al ser empleadas para el tratamiento de clarificación de aguas. En tal sentido se pudo llegar al resultado que, los autores seleccionados para el análisis del presente trabajo evaluaron las características fisicoquímicas de las muestras de agua, en segundo lugar, identificaron las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo del biocoagulante y en último lugar describieron las condiciones operacionales para la utilización de los biocoagulantes en el tratamiento de aguas. Por lo tanto, es importante señalar que las sustancias obtenidas de las especies vegetales antes mencionadas tuvieron un impacto significativo en la desestabilización de las dobles capas eléctricas que rodean a las partículas coloidales y solidos en suspensión en el agua (Gandiwa et al., 2020). Posteriormente, las partículas coloidales produjeron flóculos y, finalmente, como resultado de las fases antes mencionadas, se produjo la sedimentación, en la que se eliminaron las partículas disueltas (Aguirre et al., 2018). Por ello, la turbidez se está considerando como un parámetro de respuesta para evaluar la efectividad de los coagulantes analizados, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. *Efectividad de las especies Moringa oleifera y Opuntia ficus indica empleadas en el proceso de clarificación de aguas*

Especie Vegetal	Autor	Remoción de turbidez
Moringa oleifera	- Arias et al., 2017	86.7%
	- Aguirre et al., 2018	96.8%
	- Castillo y Avendaño, 2020	98.0%
	- Nonfodji et al., 2020	64.0%

	- Dotto et al., 2018	27.1%
	- Jagaba et al., 2020	88.3%
	- Novita et al., 2019	88.15%
	- Valverde et al., 2018	85%
	- Manikandan et al., 2021	80,6%
	- Hassan et al., 2020	95.5%
	- Nguyen et al., 2018	99.32%
	- Batista et al., 2020	89.71%
	- Boulaadjoul et al., 2018	96.02%
	- Triques et al., 2019	90.0%
	- Vigneshwaran et al., 2020	84.0%
	- Varkey et al., 2020	82.0%
	- Melendez Huaroc, 2019	93.4 %
	- Arenas Diaz, 2019	88.23%
Opuntia ficus Indica	- Choudhary et al., 2018	98.0%

- Rachdi et al., 2017	93.65%
- Vidal et al., 2020	99.5%
- López Pérez, 2018	86%
- Vargas Rodríguez, 2018	94.36%
- Inga Diaz, 2019	89.69%
- Cuadros Pulido, 2020	76.0%

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Remoción de turbidez según las fuentes bibliográficas.

Fuente: Elaboración propia.

Se analizó el efecto de las sustancias extraídas de las semillas de *Moringa oleifera* y *Opuntia ficus indica* al ser empleadas como biocoagulantes en el tratamiento del agua, se pudo encontrar que la especie *Moringa oleifera* era capaz de reducir la turbidez en un rango de 27,1% a 99,32 % y la especie *Opuntia ficus indica* (tuna) presentó un rango de 76% a 99.5% de efectividad en la remoción de turbidez. Esto quiere decir que los coagulantes naturales analizados en esta revisión sistemática son una alternativa viable para el proceso de clarificar las aguas puesto que logran alcanzar altos porcentajes de remoción de turbidez. Estos resultados están respaldados por Nguyen et al. (2018), quienes demostraron que el método de extracción de proteínas de la semilla de *Moringa oleifera* utilizando el método de fraccionamiento de proteínas elimina la turbidez en un 99,32%. Similar a Vidal et al. (2020) quienes demostraron que el coagulante extraído de *Opuntia ficus indica* es efectivo en la remoción de turbidez obteniendo un porcentaje de 99,5%. Además, Cuadros Pulido (2020) empleó el fruto del *Opuntia* como coagulante natural para remover la turbidez, logrando una eficiencia del 76%. Sin embargo, Arias et al. (2017) extrajeron la mayor cantidad de aceite empleando alcohol etílico (etanol 95%), el cual separa la proteína de la grasa (causante del aumento de turbiedad). Por el contrario, Dotto et al. (2018) obtuvieron un porcentaje de 27,1% para la remoción de turbidez debido al empleo de la *Moringa oleifera* como coagulante sin realizar el proceso de extracción de aceites, disminuyendo la efectividad del biocoagulante. A su vez, Nonfodji et al. (2020) revelaron en sus resultados que el empleo de las proteínas extraídas de las semillas *Moringa oleifera* obtuvo una eficiencia del 64%, no obstante, al emplear el compuesto cloruro de polialuminio y proteínas de *Moringa oleifera* (PACL – MOP) el resultado mejoró significativamente con una eficiencia del 86,11% en la eliminación de la turbidez. Resultado similar se observó en Valverde et al. (2018) cuando asociaron un coagulante natural derivado de las semillas de *Moringa* con el coagulante sintético policloruro de aluminio. Esta combinación presentó al biocoagulante una serie de ventajas económicas, minimizando el volumen de residuos (lodos), en consecuencia, facilitar su eliminación, teniendo como resultado final una reducción de turbidez del 85%. Por otra parte, Manikandan et al. (2021) compararon la efectividad de diversos coagulantes naturales para reducir la turbidez tales como *T.foenum-graecum*, *Cicer arietinum*, *Azadirachta indica*, *Moringa oleifera* y *Dolichos lablab*, con resultados del

79,6%, 80,1%,76,8%, 80,6% y 73,0%. A pesar de que los coagulantes naturales utilizados tuvieron efectos positivos, los resultados revelaron que las semillas de *Moringa oleifera* fueron más efectivas que los coagulantes naturales para reducir la turbidez en las aguas residuales textiles.

En conjunto, estos resultados afirman la efectividad de las especies vegetales empleadas en este estudio y podrían ser consideradas como una alternativa en el tratamiento de clarificación de aguas superficiales o residuales de baja y alta turbidez.

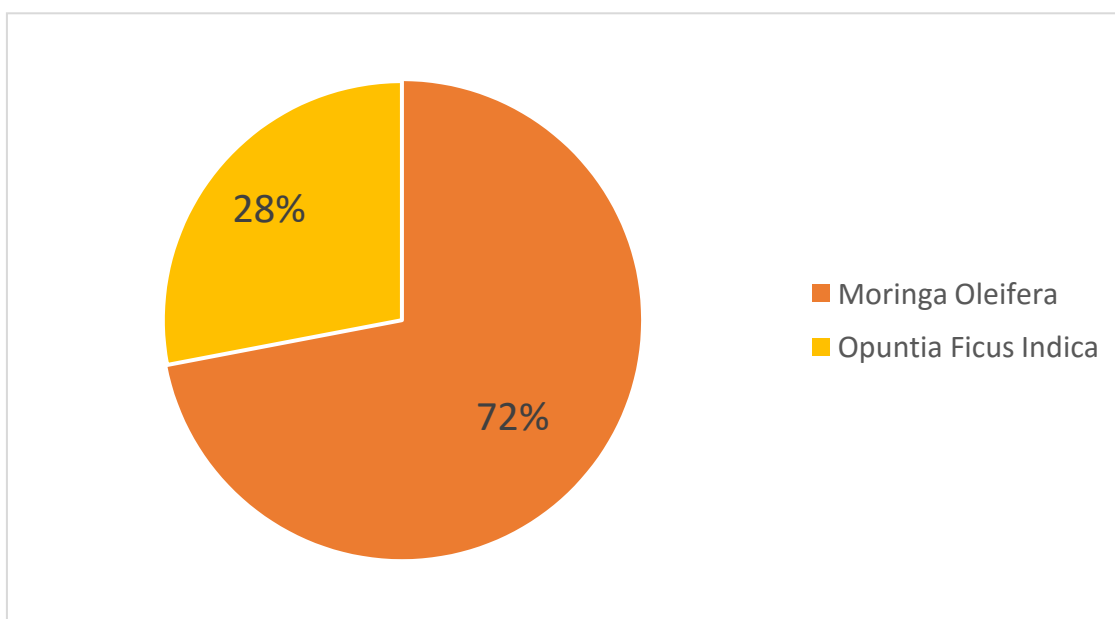


Figura 4. Especie vegetal empleada según las fuentes bibliográficas

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que la *Moringa oleifera* ha sido la especie más estudiada por diversos autores como biocoagulante en el tratamiento de efluentes residuales y superficiales debido a su bajo costo y alta eficiencia. Los últimos 16 años se publicaron 466 artículos sobre el uso de la *Moringa oleifera* para tratar las aguas (Banchón et al., citado por Lasteros y Mejia, 2020).

Simultáneamente, la especie cactácea *Opuntia ficus Indica* ocupó el segundo lugar en el ranking de biocoagulantes de origen vegetal con mejores resultados de efectividad en el tratamiento de la clarificación de aguas residuales y superficiales.

Sin embargo, en los últimos años no hay mucha investigación con respecto al efecto de dicha especie en el proceso de clarificación de aguas. Un caso documentado muestra que el mucilago extraído de la especie *Opuntia ficus indica* fue utilizado como agente biocoagulante para brindar una mejor calidad de agua a la comunidad Pusir Grande en Ecuador. Esto se debe a que los habitantes de esta comunidad presentaban enfermedades gastrointestinales a consecuencia del consumo de aguas con un deficiente tratamiento sanitario, siendo los niños, ancianos y mujeres embarazadas los más vulnerables de la población (Morejón, 2017).

En este contexto, cabe destacar que la *Moringa oleifera* también es empleada como floculante natural para reducir parámetros como aceites y grasas, siendo efectivo en un 82,43% aproximadamente. Según Batista et al. (2020), en base a la información antes mencionada y luego de analizar estos resultados, podemos afirmar que el uso de la *Moringa oleifera* como biocoagulante contribuye positivamente al tratamiento de aguas teniendo en cuenta que no tiene efectos perceptibles sobre la variable de pH en el tratamiento de aguas superficiales (Arias et al., 2017). De manera similar, el uso de la especie *Opuntia ficus indica* (Cuadros, 2020), razón por la cual el uso de las especies antes mencionadas es una alternativa práctica, económicamente factible y amigable con el medio ambiente.

Resultado y discusión del objetivo específico 1:

A partir de las investigaciones recopiladas se pudo describir las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales. En tal sentido, fue posible llegar al resultado que es importante analizar las características fisicoquímicas del agua utilizada como sujeto de prueba en las fuentes bibliográficas recopiladas para este estudio con la finalidad de evaluar la relación entre el porcentaje de turbidez inicial y el resultado final, de esta manera dar a conocer la eficiencia del biocoagulante (Rachdi et al., 2017), tal como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 7. Características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales

Fuente Vegetal	Tipo de agua	Procedencia	Turbidez inicial (UNT)	Autor
Moringa oleifera	Agua residual	Planta de sacrificio animal	1144.0	Arias et al (2017)
Moringa y Opuntia ficus indica	Agua superficial	Rio magdalena	126.6	Aguirre, Piraneque y Cruz (2018)
Moringa oleifera	Agua superficial	Rio Sama	424	Castillo y Avendaño (2020)
Moringa oleifera	Agua residual	Hospitalarias	1261.3	Nonfodji et al (2020)
Moringa oleifera	Agua residual	Industriales textiles	66.8	Dotto et al. (2018)
Moringa oleifera	Agua residual	Industria del aceite de palma	26.6	Jagaba et al. (2020)
Moringa oleifera	Agua residual	Industria de café – Indonesia	448	Novita et al (2019)

Moringa oleifera	Agua superficial	Rio Pirapo	79	Valverde et al. (2018)
Moringa oleifera	Agua superficial	Lago Chinnandipalayam	21.1	Manikandan et al (2021)
Moringa oleifera	Agua superficial	Lago Shah alam	133	Hassan et al (2020)
Moringa oleifera	Agua superficial	Lago Van Quan	81.67	Nguyen et al. (2018)
Moringa oleifera	Agua superficial	Rio Pirapo	50	Batista et al. (2020)
Moringa oleifera	Agua residual	Fábricas de papel	1739	Boulaadjoul et al (2018)
Moringa oleifera	Agua residual	Industria láctea	153	Triques et al (2019)
Opuntia ficus indica	Agua residual	Industria petrolera	500	Choudhary et al (2018)
Moringa oleifera	Agua residual	agua sintética	254	Vigneshwaran et al. (2020)
Moringa oleifera	Agua residual	Industria de tintorería	800	Varkey et al. (2020)

Opuntia ficus indica	Agua residual	Planta de agua residuales (domestico)	296.33	Rachdi et al. (2017)
Opuntia ficus indica	Agua superficial	Rio Guatapuri	345,9	Vidal et al. (2020)
Opuntia ficus indica	Agua residual	Agua sintética (laboratorio)	500	López Pérez (2018)
Opuntia ficus indica	Agua superficial	Rio Chillón	163	Vargas Rodríguez (2018)
Opuntia ficus indica	Agua superficial	Rio Cunas	16,4	Inga Diaz (2019)
Opuntia ficus indica	Agua superficial	Rio Fucha	393	Cuadros Pulido (2020)
Moringa oleifera	Agua residual	UASB-CITRAR	47.6	Melendez Huaroc (2019)
Moringa oleifera	Agua residual	Agua sintética	500	Arenas Diaz (2019)

Fuente: Elaboración propia.

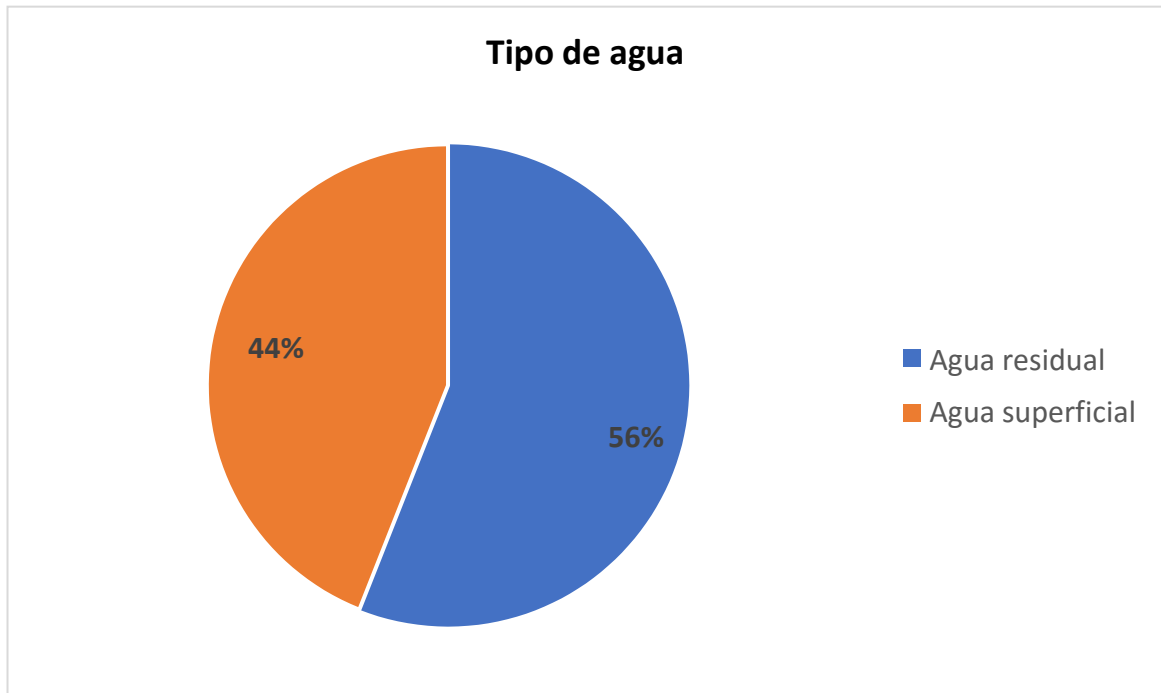


Figura 5. Tipo de agua según las fuentes bibliográficas.

Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de describir las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales, los resultados reflejaron que la mayoría de autores obtuvieron sus muestras de aguas residuales, el cual se desarrolla en un 56% a comparación de las aguas superficiales que corresponde al 44% como señala el figura 5, donde el rango de turbiedad inicial correspondientes a las aguas residuales en un rango de (26.6 UNT – 1739 UNT) y para el caso de las aguas superficiales varia en un rango de (21.1 UNT – 345,9 UNT). Esto quiere decir que las aguas residuales representan un rango de mayor turbidez al compararlos con el rango obtenido de las aguas superficiales. Estos resultados son respaldados por Nonfodji et al., (2020), quienes midieron una turbidez inicial de 1261.3 UNT debido a que las muestras provenían de recintos hospitalarios que producen cantidades significativas de aguas residuales que contiene una variedad de contaminantes, que van desde materia orgánica hasta residuos de medicamentos farmacéuticos de cuidado personal. De manera similar Novita et al., (2019), emplearon semillas de Moringa como biocoagulante en el tratamiento de las aguas residuales de café con una turbidez inicial de 448 UNT. Estas aguas residuales son corrosivas y

pueden dañar el hábitat de los organismos acuáticos debido a que el pH del agua oscilaba entre 4,0 y 5,0. Vargas Rodríguez (2018), por ejemplo, consideró una comparación de 3 niveles de turbidez correspondiente a muestras obtenidas del río Chillón (146 NTU, 163 NTU y 190 NTU), y observó que la muestra con turbidez inicial de 163 NTU tuvo un mayor porcentaje de remoción de 94,36%, debido a que empleó como coagulante natural a la penca proveniente de Ancash en comparación con la penca proveniente de Ica y Ayacucho, que tuvieron una efectividad del 91.79% y 92.32% respectivamente. Por otro lado, la mayor turbidez en relación a las aguas superficiales, como se muestra en la figura 5, se obtuvo del río Guatapurí en la investigación de Vidal et al. (2020), quienes realizaron muestreos en la época seca (verano) y la estación húmeda (invierno) con concentraciones de 345,9 NTU y 2799,1 NTU respectivamente. Las aguas residuales presentan un nivel alto de turbidez inicial, esto se debe a que se generan aguas residuales originadas por uso doméstico, uso industrial y uso agrícola. Estas actividades alteran las propiedades del agua, contaminándola e invalidando su posterior aplicación para otros fines, por lo tanto, el tratamiento en las aguas residuales resulta indispensable para garantizar la disponibilidad de este recurso.

Resultado y Discusión del objetivo específico 2:

A partir de las investigaciones recopiladas, se pudo identificar las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo del biocoagulante para la clarificación de aguas superficiales y residuales, asimismo las respuestas nos permitieron identificar el agente coagulante y materia prima (fuente de extracción). En tal sentido se pudo llegar al resultado que el contenido de polímeros proteicos, polímeros sacáridos y grupos funcionales extraídos de las especies naturales son utilizados como agentes coagulantes para el proceso de clarificación de aguas industriales y superficiales, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 8. Fuente orgánica empleada como biocoagulante en el proceso de clarificación de aguas

AUTOR	FUENTE VEGETAL	AGENTE DE EXTRACCION	AGENTE COAGULANTE
- Arias et al. (2017)	Moringa oleifera	Etanol	Semillas (proteínas)
- Aguirre, Piraneque y Cruz (2018)	Moringa oleifera	Etanol	Semillas (proteínas)
- Castillo y Avendaño (2020)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Nonfodji et al. (2020)	Moringa oleifera	Etanol	Semillas (proteínas)
- Dotto et al. (2018)	Moringa oleifera	NaCl y KCl	Semillas (proteínas)
- Jagaba et al. (2020)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Novita et al. (2019)	Moringa oleifera	No utilizó	Semillas y corteza (proteínas)

- Valverde et al. (2018)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Manikandan et al. (2021)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Hassan et al. (2020)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas y frutos (proteínas)
- Nguyen et al. (2018)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Batista et al. (2020)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Boulaadjoul et al. (2018)	Moringa oleifera	NaCl	Semillas (proteínas)
- Triques et al. (2019)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Choudhary et al. (2018)	Opuntia ficus indica	No utilizó	Mucilago (polisacáridos)
- Vigneshwaran et al. (2020)	Moringa oleifera	Agua destilada	Semillas (proteínas)
- Varkey et al. (2020)	Moringa oleifera	No utilizó	Semillas (proteínas)

- Rachdi et al. (2017)	Opuntia ficus indica	Agua destilada	Mucilago (polisacáridos)
- Vidal et al. (2020)	Opuntia ficus indica	No utilizó	Brotes (polisacáridos)
- López Pérez (2018)	Opuntia ficus indica	Agua destilada	Mucilago (polisacáridos)
- Vargas Rodríguez (2018)	Opuntia ficus indica	No utilizó	Mucilago (polisacáridos)
- Inga Diaz (2019)	Opuntia ficus indica	No utilizó	Mucilago (polisacáridos)
- Cuadros Pulido (2020)	Opuntia ficus indica	No utilizó	Fruto (polisacáridos)
- Melendez Huaroc (2019)	Moringa oleifera	etanol	Semillas (proteínas)
- Arenas Diaz (2019)	Moringa oleifera	NaCl	Semillas (proteínas)

Fuente: Adaptación de (Paniura y Escriba, 2021)



Figura 6. Agentes Coagulantes extraídos de las especies vegetales.

Fuente: Mallqui y Mendoza, 2021.

Con el objetivo de identificar las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de biocoagulantes, los resultados de (Mallqui y Mendoza, 2021) revelaron que las proteínas extraídas de las semillas de *Moringa oleifera* representan un 59%, como se muestra en la figura 6. Esto quiere decir que las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de biocoagulantes predominan las proteínas extraídas de la especie vegetal *Moringa oleifera*, ya que han sido empleadas con más frecuencia en los estudios científicos con el objetivo de evaluar e implementar alternativas viables e inocuas en el tratamiento para la clarificación de aguas.

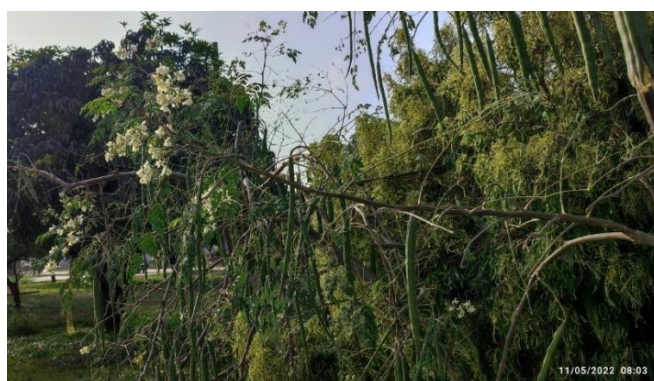


Figura 7. Árbol de *Moringa oleifera*.

Fuente: Elaboración propia (2022).



Figura 8. A: Fruto de la *Moringa oleifera*, B: semillas de la *Moringa oleifera*

Fuente: Elaboración Propia (2022).

Fuente: Arenas (2019).

Asimismo, se realizó un análisis de las fuentes bibliográficas seleccionadas para este estudio, los resultados revelaron que la primera etapa para la obtención de las sustancias coagulantes es la recolección de las vainas de Moringa (figura 9). Lo dicho anteriormente es respaldado por Jagaba et al. (2020) quienes señalan que se obtuvieron las semillas secas, se limpiaron y a continuación se molieron hasta obtener polvo, luego paso por un proceso de tamizado a través de una malla de $8000\ \mu\text{m} - 25000\ \mu\text{m}$ con la finalidad de obtener partículas más finas. Por otro lado, Novita et al. (2019) comparó los resultados al emplear las semillas de moringa con corteza y sin corteza llegando a la conclusión que el polvo de la semilla sin corteza obtuvo mejores resultados, la consecuencia de este efecto se debe a la fibra insoluble que contiene la corteza, lo cual causa la inhibición en el rendimiento de la semilla de moringa en la etapa de coagulación y floculación. Además, Triquesa et al. (2019), evidenció que la funcionalización de nanopartículas de óxido de hierro magnético (NP) con las semillas de moringa producen niveles más bajos de lodos y un producto final mucho más compacto al finalizar el tratamiento de efluentes provenientes de industrias lácteas, la importancia de emplear esta alternativa radica en que esta industria representa uno de los impactos más negativos en relación al volumen de residuos generados, contaminando 2,5 litros de agua residual por cada litro de leche procesada.

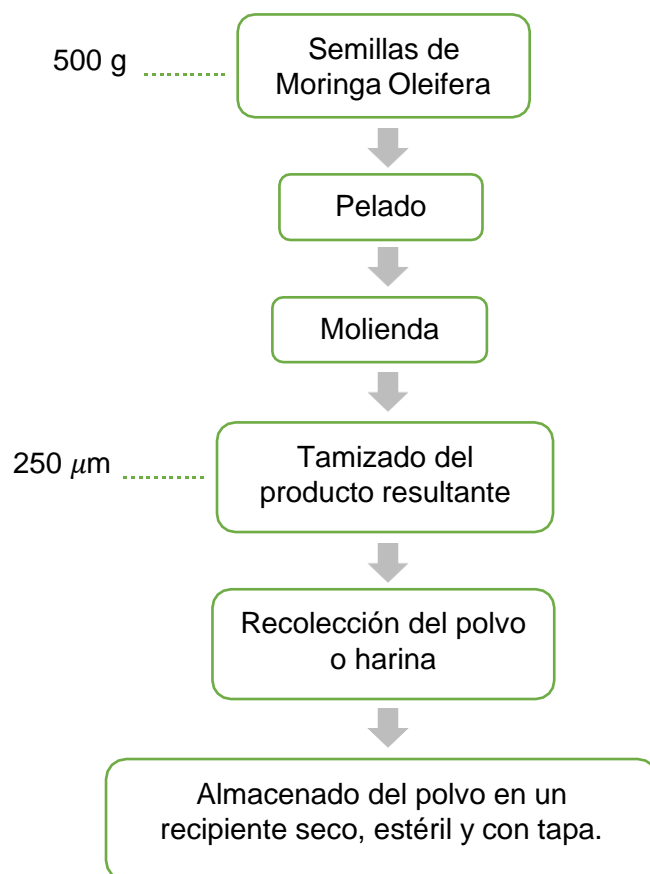


Figura 9. Proceso de obtención de la semilla de *Moringa oleifera*

Fuente: Adaptación de (Olivera, 2018)

La segunda etapa para la obtención de la sustancia coagulante es el proceso de extracción del aceite provenientes de las semillas como se muestra en la figura 10. Meléndez Huaroc (2019), corroboró lo dicho anteriormente, al afirmar que la segunda etapa de su metodología consistió en extraer el aceite de las semillas, ya que no cumple la función de biocoagulante y por el contrario produce residuos lipídicos en el agua. Así mismo Arenas Diaz (2019), destaca la importancia de la extracción del aceite de la semilla, ya que representa entre el 30% y el 40% de la masa total. La remoción del aceite reduce la cantidad de materia orgánica añadida al agua tratada. El material orgánico podría actuar como un precursor en la formación de trihalometanos durante la descontaminación con cloro, y estos compuestos pueden ser cancerosos. Además, el contenido de aceite presente en las semillas genera una emulsión que impide el contacto entre las superficies de reacción, lo que se traduce en una reducción de la formación de flóculos.

Asimismo, Batista et al. (2020), concluyeron en su investigación que el proceso de extracción de aceites dio como resultado la disminución de turbidez y grasas en un 90% y 82,43% respectivamente. Es importante añadir que se debe evitar en lo posible la pérdida de proteínas durante este procedimiento, ya que son la causa principal del mecanismo de coagulación

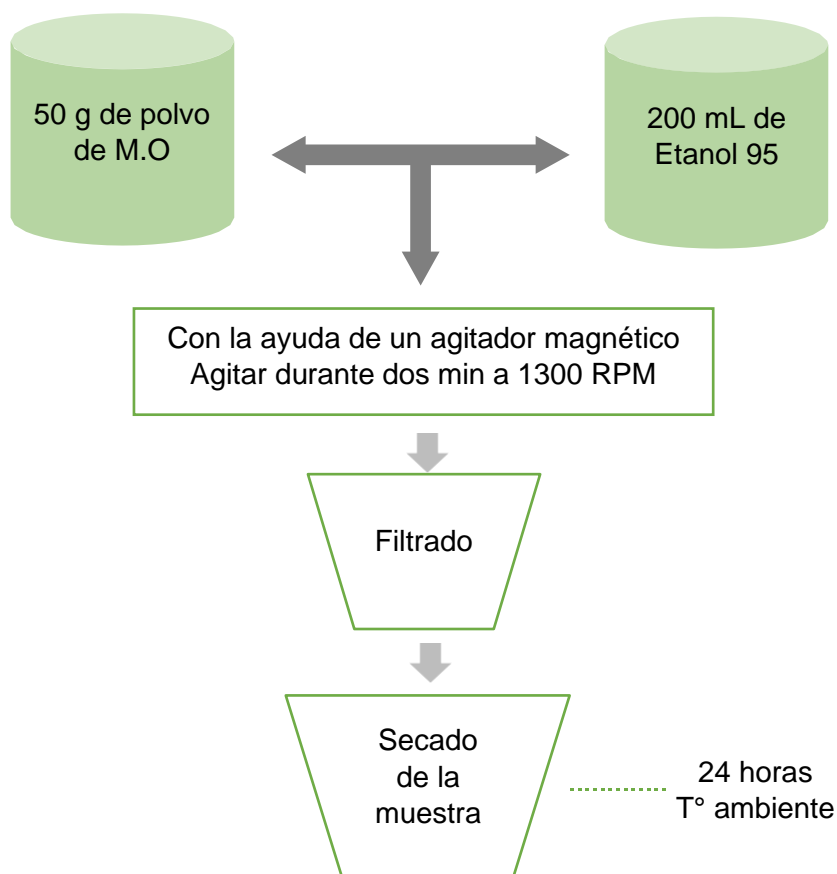


Figura 10. Proceso de extracción del aceite de la semilla de *Moringa oleifera*.

Fuente: Adaptación de (Arias et al. 2017)

Finalmente, en el tercer paso se obtiene la solución biocoagulante como se muestra en la figura 11. La solución resultante permite que las proteínas catiónicas sean más solubles en el agua a tratar. Así mismo Boulaadjoul et. al (2018) menciona que las partículas suspendidas en el agua causantes de la turbidez del agua serían atraídas por las cargas catiónicas presentes en las proteínas de las semillas de Moringa, lo que produce una colisión de partículas para luego neutralizarlas y finalmente en el proceso de floculación las partículas forman flóculos.

Por otro lado, Varkey et al. (2020) refieren que los resultados del proceso de coagulación, floculación y sedimentación se pudo observar a partir de 1 hora, puesto que las proteínas del biocoagulante no obtenían la cantidad de partículas de suciedad adheridas a ellas para formar la masa necesaria y sedimentar por gravedad. Sin embargo, a medida que pasaba el tiempo las partículas que provocan la turbidez se iban adhiriendo a las proteínas para luego sedimentarse en la parte inferior dejando agua clarificada en la parte superior. A su vez, Olivera (2018), preparó una solución de NaCl 5 M, la cual mezcló durante 20 minutos en un mezclador magnético a 200 rpm para homogeneizarla, luego se adicionaron 50 g de polvo de *Moringa oleifera* en 1000 mL de solución, finalmente se agitó durante 10 minutos a 60 rpm en un mezclador magnético para obtener la solución madre.

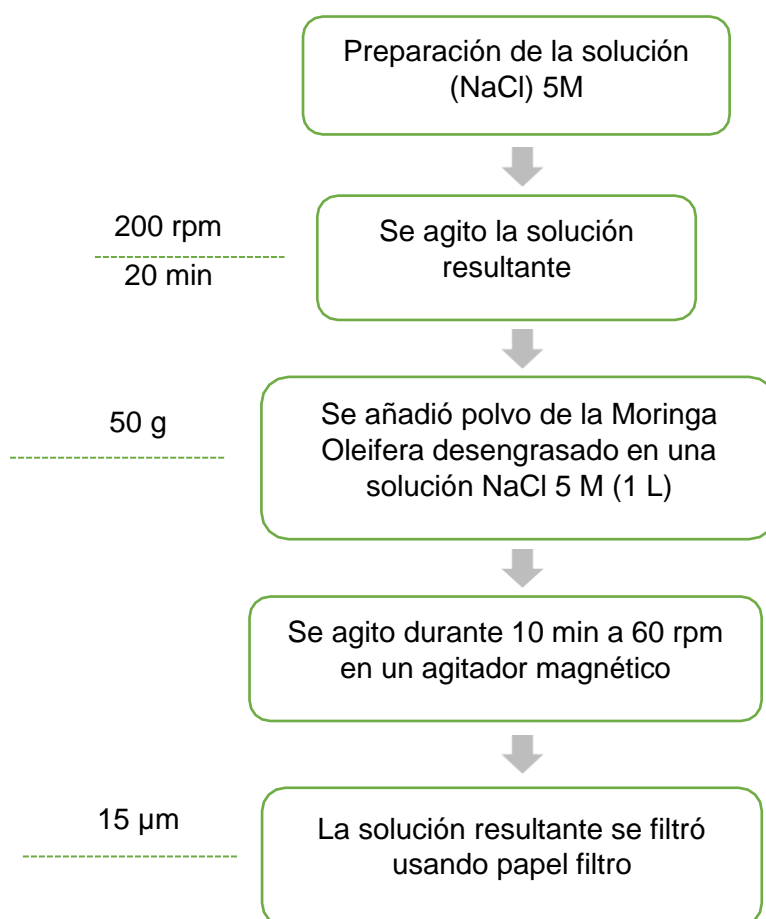


Figura 11. Proceso de obtención de sustancia coagulante de la *Moringa oleifera*.

Fuente: Adaptación de Arias et al. (2017) y Olivera (2018)

Por otro lado, Los resultados revelaron que los polisacáridos extraídos de la especie vegetal *Opuntia ficus indica* representan un 23%, como se muestra en la figura 6. Esto está en línea con la discusión en curso sobre el objetivo de identificar las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de biocoagulantes para la clarificación de aguas superficiales y residuales. Esto significa que, durante los últimos seis años, las proteínas coagulantes extraídas de la especie *Opuntia ficus indica* se han utilizado con menor frecuencia en estudios científicos. Sin embargo, esta especie vegetal produce resultados favorables cuando se emplea como biocoagulante en el tratamiento de clarificación de aguas.



Figura 12. Especie arbustiva Opuntia ficus indica.

Fuente: Propio.

Asimismo, se realizó un análisis de las fuentes bibliográficas seleccionadas para este estudio, los resultados revelaron que la primera etapa para la obtención de las sustancias coagulantes de *Opuntia ficus indica* se realizó una recolección de los cladios fresco para luego lavarlas con el fin de eliminar la suciedad y el polvo, luego se retiró la capa externa. Estos resultados son corroborados por López (2018), ya que la metodología ejecutada para la obtención del coagulante fue el retiro de las espinas y la epidermis de las pencas, con el objetivo de separar el mucilago, para luego lavarlas y cortarlas en trozos rectangulares alargados para aumentar el área de transferencia de calor, como se muestra en la figura 13. Asimismo, Choudhary et al. (2018), empleó agua destilada para eliminar la suciedad y el polvo de las pencas para luego separar la capa interna de tejidos de parenquima blanquecino y la capa externa de tejidos de clorenquima verde.



Figura 13. Cortado de la penca en tiras rectangulares y alargadas.

Fuente: López, 2018

La segunda etapa para la obtención de las sustancias coagulantes de *Opuntia ficus indica* es el secado, la molienda y el tamizado. Estos resultados son corroborados por Vargas Rodriguez, 2018 ya que llevó las pencas cortadas a una estufa durante 48 horas, estas sufrirán una reducción de su tamaño, luego se trituraron utilizando un mortero manual para finalmente tamizarlo usando una malla número 50, esto con la finalidad de obtener partículas pequeñas y favorecer la extracción de pigmentos (figura 14). Por otro lado, Inga Diaz, 2019 procedió a emplear un proceso de liofilización luego del cortado de la penca, con el objetivo de conservar las propiedades del biocoagulante, luego pasó por un proceso de molienda para finalmente tamizar el producto restante con una malla de 1000 μm . Así mismo, la diferencia de eficiencia empleando como biocoagulante a la especie *Opuntia ficus indica* entre el autor Choudhary et al., 2018 y Rachdi R. et al., 2017 es que el segundo optó por filtrar el extracto líquido obtenido del proceso de tributación con el objetivo de separar la fibra, mientras que el primer autor optó por el proceso de centrifugación a 3700 rpm durante 15 min, como consecuencia obtiene una efectividad del 98%. En tal sentido y bajo lo referido anteriormente podemos ver con este caso que es más efectivo el proceso de centrifugación para un mejor resultado en el proceso de extracción del mucilago.

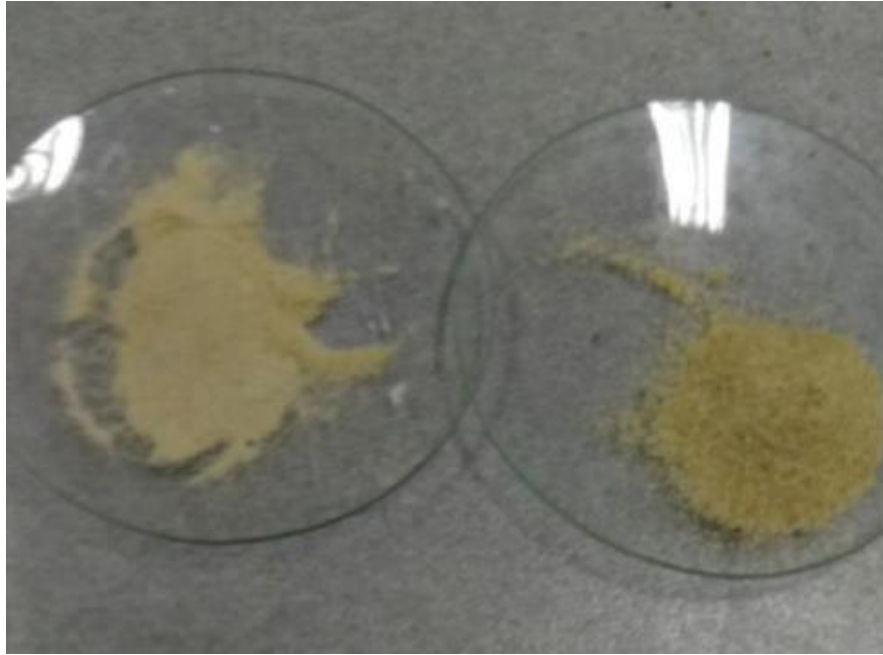


Figura 14. Producto tamizado de la penca.

Fuente: Vargas Rodriguez, 2018

La tercera etapa para la obtención de las sustancias coagulantes de *Opuntia ficus indica* es la extracción de pigmentos y finalmente obtener el coagulante natural. Estos resultados son corroborados por López, 2018 quien empleó etanol al 96% en el proceso de extracción Soxhlet durante 2.5 horas, el pigmento de la penca pasó por un proceso de extracción ya que puede transferir el color al agua tratada. Luego el producto resultante se diluyó en agua destilada para homogenizar la solución. Así mismo, Adid citado por Rachdi et al., 2017, diluyó el producto resultante al 10% en agua destilada. Adicionalmente (Chun Yang Y., citado por Inga, 2019) menciona que el poder coagulante que se le atribuye es a causa del ácido galacturónico (polisacárido) presente en el mucilago ubicándose en la parte interna de la cactácea como una sustancia de apariencia viscosa. Además, choudhary et al., 2018 menciona que este coagulante preparado puede mantener su eficacia mas del 90% hasta 5 días y 85% hasta 15 días, si se mantiene en refrigeración a 4 °C.

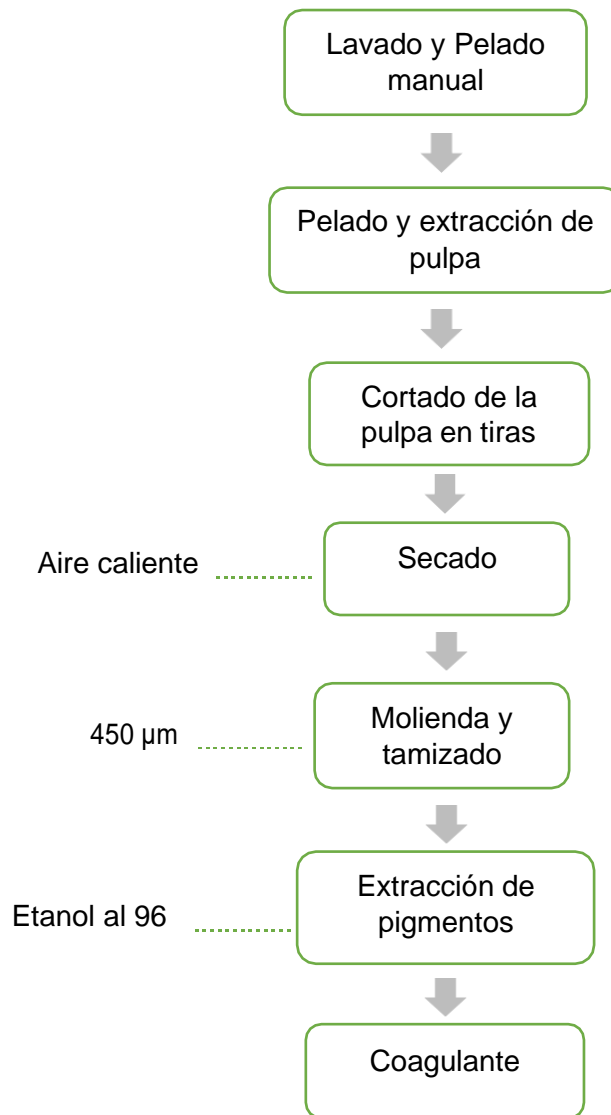


Figura 15. Proceso de obtención de sustancia coagulante del *Opuntia ficus Indica*.

Fuente: Adaptación de Chuiza et al., 2019

Resultado y Discusión del objetivo específico 3:

A partir de las investigaciones recopiladas, se pudo describir las condiciones operacionales para la utilización de biocoagulantes en el tratamiento de clarificación de aguas, asimismo las respuestas nos permiten interpretar la dosis óptima del coagulante, Ph, Velocidad de mezcla rápida (rpm), Velocidad de mezcla lenta (rpm), tiempo de coagulación, tiempo de floculación y tiempo de sedimentación. En tal sentido se pudo llegar al resultado que los parámetros ya mencionados son factores

de gran importancia, puesto que la aplicación de la dosis óptima del coagulante natural influye en la remoción de turbidez efectiva, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9. *Condiciones operacionales para el empleo de biocoagulantes en el proceso de clarificación de aguas superficiales y residuales*

Autor	Dosis del coagulante (mg/L)	pH	Velocidad de mezcla rápida (rpm)	Velocidad de mezcla lenta (rpm)	Tiempo de coagulación (seg)	Tiempo de floculación (min)	Tiempo de sedimentación (min)
Arias et al (2017)	7500	8.4	200	45	60	10	20
Aguirre, Piraneque y Cruz (2018)	2000 1000	- -	120 120	45 45	10 10	30 20	15 15
Castillo y Avendaño (2020)	200	-	200	30	60	30	90
Nonfodji et al (2020)	320	8	200	45	180	30	60
Dotto et al (2018)	2086	2	100	20	-	20	60
Jagaba et al (2020)	2000	5	250	30	180	30	60
Novita et al (2019)	4500	9	400	150	60	15	30

Valverde et al (2018)	50	7.5	100	45	60	15	21
Manikandan et al. (2021)	480	7.95	160	40	1	20	30
Hassan et al (2020)	10	7,14 y 7.44	120	40	60	25	30
Nguyen et al (2018)	40	-	100	40	240	20	30
Batista et al. (2020)	13,78	7	100	15	180	15	30
Boulaadjou l et al. (2018)	150	6 a 8	250	40	180	30	30
Triques et al. (2019)	2000	9	100	20	120	10	60
Choudhary et al. (2018)	1500	7	250	25	60	20	60
Vigneshwaran et al. (2020)	2000	5 a 8	100	50	10	-	10
Varkey et al. (2020)	25000	7	-	-	25	-	240
Rachdi et al. (2017)	1000	7,54	100	50	120	4	30
Vidal et al. (2020)	1976,3	-	125	20	60	20	30
López Pérez (2018)	90	9	100	30	60	20	20
Vargas Rodríguez (2018)	150	-	200	40	60	15	60

Inga Diaz (2019)	60	6 a 7	150	60	60	30	30
Cuadros Pulido (2020)	62700	-	100	30	60	20	20
Melendez Huaroc (2019)	90	-	100	45	60	10	40
Arenas Diaz (2019)	20	-	300	40	60	40	25

Fuente: Elaboración propia.

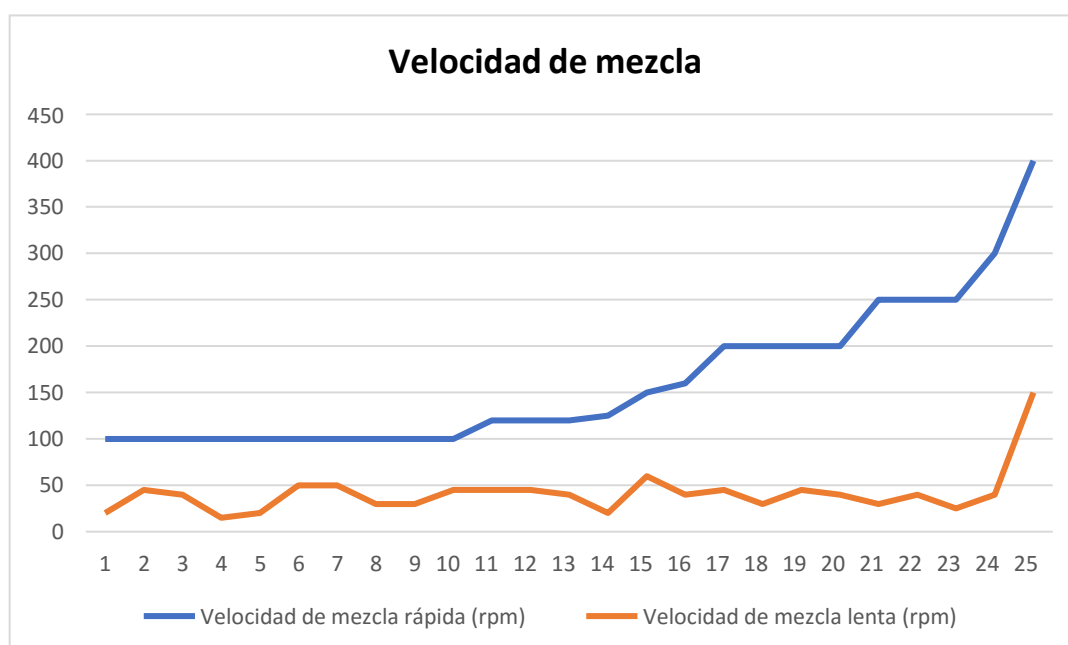


Figura 16. Velocidades de mezcla (rápida y lenta) según las fuentes bibliográficas.

Fuente: Elaboración Propia.

Con el objetivo de describir las condiciones operacionales para la utilización de biocoagulantes en el tratamiento de clarificación de aguas, los resultados mostraron que el proceso de coagulación ocurre a una velocidad de mezcla rápida en el rango de 100 a 400 rpm, mientras el proceso de floculación permite que las partículas coloidales desestabilizadas se aglomeren en una velocidad de mezcla lenta en el rango de 15 a 150 rpm (figura 16), por otro lado, se pudo encontrar también que el

tiempo de coagulación, floculación y sedimentación oscila entre valores de 10 a 360 seg , 5 a 120 min y 10 a 2880 min, respectivamente. Hay que mencionar además que se tomó en cuenta el pH en la tabla de parámetros operacionales, a pesar de que no todos los autores lo consideran relevante en sus resultados puesto que los biocoagulantes empleados en este estudio de investigación no variaron en gran medida del agua tratada. Estos resultados están respaldados por Nguyen et al., 2018 quienes concluyeron que el Ph no es un factor significativo en la capacidad de coagulación del polvo de moringa. Así mismo, Vidal et al., 2020 menciona en sus resultados que el pH no varía en las muestras tratadas con nopal, además se evidencia que en ninguno de los tratamientos el parámetro de pH supera los límites establecidos por la normativa. Por el contrario, Choudhary et al., 2018 refieren que la efectividad del mucilago en el tratamiento de agua afectadas por el proceso de arenas petrolíferas, empleando condiciones operacionales como el pH 5 a 10 se obtuvo una eficiencia mayor al 90% y una efectividad máxima de 98% con un pH de 7 y 8 aplicando una dosis optima de 1500 mg/l. Similar a, Boulaadjoul et al., 2018 refieren que la dosis del coagulante y el pH inicial del agua no tratada son parámetros esenciales para la evaluación de las semillas de moringa como biocoagulante, para ellos se realizaron ensayos y se ajusto el pH a un rango de 6 a 8 en 150 mg/L, los resultados revelaron una eficiencia del 97% en la reducción de turbidez. Así mismo Arenas Diaz, 2019 refiere que la dosis del coagulante tiene influencia directa en la eficiencia en el proceso de coagulación ya que una baja concentración de coagulante no neutraliza completamente la carga de partículas y produce muy pocos micro flóculos, no obstante, una alta concentración de coagulante hace que el peso de las partículas se invierta y da como resultado la formación de muchos micro flóculos con diámetros increíblemente pequeños y velocidades de sedimentación extremadamente lentas. Con respecto al efecto de la velocidad de agitación y el tiempo de sedimentación Vigneshwaran et al., 2020 refieren que la velocidad de agitación es un parámetro significativo puesto que provoca la desestabilización de la suspensión coloidal del coagulante para la sedimentación de los flocs (flóculos), por lo tanto, concluyeron que 50 rpm seria la velocidad de agitación óptima en comparación con las velocidades más altas para el proceso de sedimentación.

V. CONCLUSIONES

A partir del análisis y la discusión de resultados, se obtuvieron las siguientes conclusiones, sobre el empleo de sustancias naturales como alternativa para la clarificación de aguas:

- ❖ **OG:** La especie *Moringa oleifera* fue capaz de reducir la turbidez en un rango de 27,1% a 99. 32% y la especie *Opuntia ficus indica* (tuna) presentó un rango de 76% a 99,5% de efectividad en la remoción de turbidez. Esto quiere decir que los coagulantes naturales analizados en esta revisión sistemática son una alternativa viable para el proceso de clarificar las aguas puesto que logran alcanzar altos porcentajes de remoción de turbidez.
- ❖ **OE1:** La mayoría de autores obtuvieron sus muestras de aguas residuales, el cual se desarrolla en un 56% a comparación de las aguas superficiales que corresponde al 44, donde el rango de turbiedad inicial correspondientes a las aguas residuales en un rango de (26.6 UNT – 1739 UNT) y para el caso de las aguas superficiales varia en un rango de (21.1 UNT – 345,9 UNT). Esto quiere decir que las aguas residuales representan un rango de mayor turbidez al compararlos con el rango obtenido de las aguas superficiales.
- ❖ **OE2:** Al identificar las fuentes orgánicas de las especies analizadas se encontró que, en el caso de la *Moringa oleifera* predominó las proteínas extraídas de las semillas y en el caso de la *Opuntia ficus indica* predominó los carbohidratos presentes en mucilago.
- ❖ **OE3:** Finalmente, el proceso de coagulación ocurre bajo condiciones de mezclado rápido en el rango de 100 a 400 rpm, mientras que el proceso de floculación ocurre bajo condiciones de mezclado lento en el rango de 15 a 150 rpm. Así mismo, se pudo encontrar también que el tiempo de coagulación, floculación y sedimentación oscila entre valores de 10 a 360 seg., 5 a 120 min y 10 a 2880 min, respectivamente. Esto significa que la velocidad de agitación tiene un impacto significativo en el proceso de clarificación, puesto que un gradiente de moderada velocidad de agitación aumenta la probabilidad de floculación, mientras que un gradiente de alta velocidad provoca la ruptura de los flóculos, esto se debe un efecto cizalla (ruptura mecánica de flóculos).

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones de esta investigación fueron planteadas en base a los objetivos y a su vez atendiendo a las conclusiones.

- ❖ Se recomienda utilizar sustancias extraídas de las especies vegetales *Moringa oleifera* y *Opuntia ficus indica* como biocoagulantes en el proceso de clarificación del agua debido a que tienen un impacto positivo en el medio ambiente ya que no generan grandes cantidades de residuos con altos costos económicos para su eliminación. Actualmente, Perú carece de estudios e información sobre el uso de coagulantes de origen vegetal en el tratamiento de aguas, por ello también se recomienda que los investigadores continúen buscando métodos nuevos y detallados para extraer coagulantes naturales mediante el uso de más especies.
- ❖ Se recomienda que las autoridades implementen este tratamiento con coagulantes de origen vegetal en áreas de bajos recursos para descontaminar aguas residuales y superficiales, utilizar estas aguas tratadas para el riego de plantas y usar los lodos producidos como fertilizantes para las plantas.
- ❖ Se recomienda mantener refrigeradas las soluciones biocoagulantes por un periodo menor a un mes, ya que pueden perder su eficacia.
- ❖ Se recomienda que futuros estudios tomen en cuenta parámetros físico-químicos como la dosificación óptima, pH y velocidades de mezcla para un perfil más completo en los procesos de coagulación y floculación, así como una caracterización de la fuente hídrica de donde se obtendrán las muestras con la finalidad de comprender y analizar cómo se comporta las partículas coloidales en el tiempo de sedimentación. También se recomienda repetir los ensayos para obtener resultados más fiables a través del análisis estadístico.

REFERENCIAS

ARIAS-Hoyos, Arnol, et al. tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la m. oleifera como coagulante natural. biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 2017, vol. 15, no spe, p. 29-39.

Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe/v15nspea04.pdf>

ARENAS Diaz, Elizabeth Margarita. Efecto de la remoción del aceite de las semillas de Moringa oleifera en el tratamiento de aguas por coagulación-floculación. 2019.

Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3916>

ARIAS Gonzáles, José Luis; Covinos Gallardo, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021.

Disponible en <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

ARRIBAS Llópis, Pavel Ernesto, et al. La comunicación científica en investigaciones que asumen el enfoque cualitativo: una mirada valorativa. EduMeCentro, 2021, vol. 13, no 2, p. 172-191.

Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/edu/v13n2/2077-2874-edu-13-02-172.pdf>

AGUIRRE, Sonia E.; Piraneque, Nelson V.; Cruz, Rosmery K. Sustancias naturales: alternativa para el tratamiento de agua del río Magdalena en Palermo, Colombia. Información tecnológica, 2018, vol. 29, no 3, p. 59-70.

Disponible en <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n3/0718-0764-infotec-29-03-00059.pdf>

AZUERO, Ángel Enrique Azuero. Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 2019, vol. 4, no 8, p. 110-127.

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>

BEDOYA, Victor Hugo Fernández. Tipos de justificación en la investigación científica. Espíritu emprendedor TES, 2020, vol. 4, no 3, p. 65-76.

Disponible en <http://espirituempredortos.com/index.php/revista/article/view/207>

BOULAADJOUL, Soumia, et al. A novel use of Moringa oleifera seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluent. *Chemosphere*, 2018, vol. 206, p. 142-149.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518307720>

CÁCERES Duran, Luis Gabriel; Castiblanco Molina, Laura Ximena. Evaluación de la opuntia ficus indica (cactus) como coagulante natural para el tratamiento de agua potable de la empresa Emservilla en el municipio de Ubaté. 2020. Tesis de Licenciatura. Fundación Universidad de América.

Disponible en <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/8103>

CASTILLO Cohaila, Marcial Alfredo; Avendaño Cáceres, Edgardo Óscar. Efecto de las semillas de moringa (*Moringa oleifera* lam.) en las condiciones para la clarificación del agua del río sama. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2020, vol. 86, no 1, p. 47-57.

Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2020000100047&script=sci_arttext&tlng=pt

CANAZA Chicasaca, Gabi Jasmin; Mamani Condori, Yasel. Revisión del uso de coagulantes naturales para remoción de turbidez del agua. 2020.

Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3334>

CAMONES Villanueva, Jesús Ivan; Pahuara Silva, Angelo Martín. Propuesta de implementación de un sistema complementario de abastecimiento de agua para uso sanitario proveniente de las aguas pluviales para cubrir los periodos de desabastecimiento del servicio de agua potable municipal SEMACEL, en la Institución Educativa Manuel de Piérola Castro del distrito de Celendín, departamento de Cajamarca.

Disponible en <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/658122>

CALLA Paniura, Aurelia; Escriba Sulca, Wilber Rene. Revisión sistemática: tipos de coagulantes para la remoción de metales en aguas contaminadas. 2021.

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75245>

CHAVES, Diego Chaverri. Delimitación y justificación de problemas de investigación en ciencias sociales. *Revista de Ciencias Sociales*, 2017, no 157.

Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/sociales/article/view/32189>

CHEN, Weiwei, et al. Research advances in the mutual mechanisms regulating response of plant roots to phosphate deficiency and aluminum toxicity. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, vol. 23, no 3, p. 1137.

Disponible en <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/3/1137>

CHOUDHARY, Manisha; RAY, Madhumita B.; NEOGI, Sudarsan. Evaluation of the potential application of cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a bio-coagulant for pre-treatment of oil sands process-affected water. *Separation and Purification Technology*, 2019, vol. 209, p. 714-724.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618316046>

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618316046>

CHOQUE-Quispe, David, et al. Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 2018, vol. 38, no 2, p. 298-309.

Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852018000200008&script=sci_arttext&tlng=en

COLLACCI, Anggela. La situación de aguas residuales en Lima. *Clima de Cambios PUCP*, 2018.

Disponible en <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/la-situacion-de-las-aguas-residuales-en-lima/>

COHEN, Néstor; Gómez Rojas, Gabriela. *Metodología de la investigación, ¿para qué?* Editorial Teseo, 2019.

Disponible en <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1363>

CLOSSET, Marie, et al. Effects of Aluminium Contamination on the Nervous System of Freshwater Aquatic Vertebrates: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, vol. 23, no 1, p. 31.

Disponible en <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/1/31>

CUADROS Pulido, Leidy Mayerlin, et al. Evaluación de la remoción de la turbidez del agua del Rio Fucha por medio del fruto de la planta Arbustiva Cactus (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural. 2020.

Disponible en <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34251>

DOTTO, Juliana, et al. Performance of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 208, p. 656-665.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618331263>

DOMINGUEZ-VILLANUEVA, Jorge Emmanuel, et al. Co-digestión anaerobia de lodos residuales y estiércol porcino para mejorar la producción de biogás. *RINDERESU*, 2021, vol. 5, no 2.

Disponible en <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/89>

EXLEY, Christopher. Aluminum should now be considered a primary etiological factor in Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's disease reports*, 2017, vol. 1, no 1, p. 23-25.

Disponible en <https://content.iospress.com/articles/journal-of-alzheimers-disease-reports/adr170010>

GANDIWA, Bruce I., et al. Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment:(*Moringa Oleifera*-*Cactus Opuntia*-alum blend). *South African Journal of Chemical Engineering*, 2020, vol. 34, p. 158-164.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918520300378>

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918520300378>

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918520300378>

GALLARDO Echenique, Eliana Esther, et al. Metodología de Investigación: manuales autoformativos interactivo. 2017.

Disponible en <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4278>

HASSAN, R. A., et al. Enhancement of water quality using natural coagulant in Shah Alam Lakes, Malaysia. En IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. p. 012051.

Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/646/1/012051/meta>

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto, et al. Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana, 2018.

Disponible en

<https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf>

HOA, Nguyen Thanh; HUE, Cao Thi. Enhanced water treatment by Moringa oleifera seeds extract as the bio-coagulant: role of the extraction method. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 2018, vol. 67, no 7, p. 634-647.

Disponible en <https://iwaponline.com/aqua/article/67/7/634/64015/Enhanced-water-treatment-by-Moringa-oleifera-seeds>

IBARRA-Rodríguez, Diana, et al. Capacity of 'nopal' pectin as a dual coagulant-flocculant agent for heavy metals removal. Chemical Engineering Journal, 2017, vol. 323, p. 19-28.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894717306332>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894717306332>

INGA Diaz, Gilmer. Disminución de coliformes totales y turbidez mediante coagulantes naturales (Opuntia ficus) del río Cunas, provincia de Chupaca. 2019.

Disponible en <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5540>

JAGABA, A. H., et al. Sustainable use of natural and chemical coagulants for contaminants removal from palm oil mill effluent: A comparative analysis. Ain Shams Engineering Journal, 2020, vol. 11, no 4, p. 951-960.

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920300411>

JESUS AVILA PELTROCHE, José Giovanni, et al. Remoción de nitratos y fosfatos por cepas nativas de *Chlorella* sp.(Chlorellaceae) y *Chlamydomonas* sp.(Chlamydomonadaceae) libres e inmovilizadas en aguas residuales municipales. *Arnaldoa*, 2018, vol. 25, no 2, p. 499-514.

Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992018000200010&script=sci_arttext&lng=en

KAKOI, Beatrice, et al. Optimization of *Maerua* Decumbent bio-coagulant in paint industry wastewater treatment with response surface methodology. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 164, p. 1124-1134.

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617314099>

LASTEROS PATILLA, Irving; MEJIA QUISPE, Elizabeth. Revisión sistemática de la aplicación de coagulantes naturales de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales industriales, 2020. 2020.

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60351>

LALOPÚ RAFAEL, Estephany; ZAÑA BRAVO, Jesús Adrián. Utilización de abonos orgánicos para lograr un óptimo rendimiento en el cultivo de *Asparagus officinalis* (espárrago verde). *Revisión Sistemática* 2021.

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86776>

LÓPEZ PÉREZ, Malena. Evaluación del uso de la cactácea *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural para el tratamiento de aguas. 2018.

Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3541>

MALLQUI BRICEÑO, Yaneli Mariley; MENDOZA MINCHOLA, Jhon Luis. Revisión sistemática de la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales. 2021.

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84137>

MAGALHÃES, Emilianny Rafaely Batista, et al. Effect of oil extraction on the composition, structure, and coagulant effect of Moringa oleifera seeds. Journal of Cleaner Production, 2021, vol. 279, p. 123902.

Disponible

en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620339470>

MANIKANDAN, P., et al. Surface Water Pollution Study for Chinnandipalayam Lake, Tirupur and Remedial Measure by Wastewater Treatment. En IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2021. p.

012014.

Disponible

en

[https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1145/1/012014/meta)

[899X/1145/1/012014/meta](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1145/1/012014/meta)

MAXWELL, Joseph A. Diseño de investigación cualitativa. Editorial Gedisa, 2019.

Disponible en <https://www.gedisa.com/autor.aspx?codaut=1305>

MELLENDEZ Huaroc, Leslie Lorena. eficiencia de la moringa oleífera como coagulante natural en la remoción de turbidez del agua residual doméstica del efluente del uasb-citrar. 2021. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

Disponible en <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/576>

MELGAREJO URIBE, Sergio Gonzalo. Evaluación comparativa de la capacidad clarificadora entre los biocoagulantes extraídos de la papa (solanum tuberosum) y la tuna (opuntia ficus-indica) en el tratamiento de agua del río Rímac: una revisión de la literatura científica. 2020.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25639>

MONTOYA FLORES, Mayra Lucía. Análisis de Ciclo de Vida de la potabilizadora de La Atarjea, ubicada en la ciudad de Lima.

Disponible en <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18712>

MOREJÓN DÍAZ, Bayro Javier. Utilización del mucílago de tuna (opuntia ficus-indica) en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, en la comunidad de Pusir Grande, provincia del Carchi. 2017. Tesis de Maestría.

Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6621>

MOKHTAR, Nuevo México; PRIYATHARISHINI, M.; KRISTANTI, RA Estudio sobre la eficacia del coagulante de cáscara de plátano en la reducción de la turbidez de aguas residuales sintéticas. *Revista internacional de tecnología y ciencias de la ingeniería*, 2019, vol. 6, nº 1, pág. 82-90.

Disponible en <https://journal.ump.edu.my/ijets/article/view/2109>

NONFODJI, Odilon M., et al. Performance of Moringa oleifera seeds protein and Moringa oleifera seeds protein-polyaluminum chloride composite coagulant in removing organic matter and antibiotic resistant bacteria from hospital wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 33, p. 101103.
Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714419316897>

NOVITA, Elida, et al. Moringa Seeds (Moringa olifera L.) Application as Natural Coagulant in Coffee Wastewater Treatment. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 012019.

Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/347/1/012019/meta>

ÑAUPAS, H., et al. Metodología de la investigación Cuantitativa–Cualitativa y Redacción de la Tesis. 5ta edición. Bogotá: Ediciones de la U; 2018. 2018.

Disponible en <https://fdiazca.files.wordpress.com/2020/06/046.-mastertesis-metodologicc81a-de-la-investigaciocc81n-cuantitativa-cualitativa-y-redacciocc81n-de-la-tesis-4ed-humberto-ncc83aupas-paitacc81n-2014.pdf>

OLIVEIRA, Vagne Melo, et al. Aluminium sulfate exposure: A set of effects on hydrolases from brain, muscle and digestive tract of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 2017, vol. 191, p. 101-108.

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1532045616301284>

OLIVERA HUACASI, Maritza. Remoción de cromo VI de aguas residuales de curtiembres utilizando el polvo de la semilla de Moringa oleífera como coagulante natural en la región Puno, 2018.

Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1681>

OKUDA, Tetsuji, et al. Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution. *Water research*, 2001, vol. 35, no 2, p. 405-410.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135400002906>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135400002906>

RACHDI, Raouen; SRARFI, Feyda; SHIMI, Najet Slim. Cactus Opuntia as natural flocculant for urban wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 2017, vol. 76, no 7, p. 1875-1883.

Disponible en <https://iwaponline.com/wst/article/76/7/1875/19682/Cactus-Opuntia-as-natural-flocculant-for-urban>

RÍOS, Roger. Metodología para la investigación y redacción. Málaga-España. Servicios Académicos Intercontinentales SL Primera Edición Digital, 2017.

Disponible en <https://www.eumed.net/libros-gratis/2017/1662/1662.pdf>

RODRÍGUEZ, Ciro Rodríguez; ORÉ, Jorge Luis Breña; VARGAS, Doris Esenarro. *Las variables en la metodología de la investigación científica*. 3Ciencias, 2021.

Disponible en <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2021/10/Las-VARIABLES.pdf>

SALAZAR, Dasmylis Del Castillo; ABRAHANTES, Taimí Nereida Rodríguez. La ética de la investigación científica y su inclusión en las ciencias de la salud. *Acta médica del Centro*, 2018, vol. 12, no 2, p. 213-227.

Disponible en <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=78592>

SANTISTEBAN TINEO, Eleazar Nilver. Aplicación de *Opuntia ficus-indica* (Nopal) como coagulante natural para la biorremediación de aguas residuales: Revisión sistemática. 2020.

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60247>

SÁNCHEZ CARLESSI, Hugo; REYES ROMERO, Carlos; MEJÍA SÁENZ, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. 2018.

Disponible en <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>

SULCA QUISPE, Liduvina. Bioestimulantes y biofungicidas en el control de la mancha necrótica en *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. distrito de Tarata. 2022.

Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5373>

TRACY, Sarah. Calidad cualitativa: ocho pilares para una investigación cualitativa de calidad. *Márgenes Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, 2021, vol. 2, no 2, p. 173-201.

Disponible en <https://revistas.uma.es/index.php/mgn/article/view/12937/13375>

TRIQUES, Carina Contini, et al. Influence evaluation of the functionalization of magnetic nanoparticles with a natural extract coagulant in the primary treatment of a dairy cleaning-in-place wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 243, p. 118634.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619335048>

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619335048>

VALVERDE, Karina Cardoso, et al. Combined water treatment with extract of natural *Moringa oleifera* Lam and synthetic coagulant. *Revista Ambiente & Água*, 2018, vol. 13.

Disponible en

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/bWzCKG8vFvLyn6VbRQBFcdK/abstract/?lang=en>

VARGAS RODRIGUEZ, Jose Luis. Comparación de la capacidad coagulante del opuntia ficus indica mill de tres departamentos para el tratamiento de aguas del Rio Chillón-AAHH Santa Cruz del Norte-Lima 2018. 2018.

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21095>

VARKEY, Alakaparampil Joseph. Purification of river water using Moringa Oleifera seed and copper for point-of-use household application. *Scientific African*, 2020, vol. 8, p. e00364.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620301022>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620301022>

VIDAL-TOVAR, C. R., et al. Evaluation of the coagulating power of the *Opuntia ficus indica* for removal of turbidity in waters of the Guatapuri River (Colombian Caribbean). En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. p. 012003.

Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/844/1/012003/meta>

VIGNESHWARAN, Sivakumar, et al. Optimization of sustainable chitosan/ *Moringa oleifera* as coagulant aid for the treatment of synthetic turbid water—A systemic study. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 2020, vol. 2, p. 132-140.

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590182620300199>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590182620300199>

YNOFUENTE QUISPE, Lizbeth; FLORES CONDORI, Magali. Uso de coagulantes naturales como alternativas de reducción de la turbidez. Una revisión. 2020.

Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3297>

ZAID, Aziz Qannaf, et al. Experimental optimization of *Moringa oleifera* seed powder as bio-coagulants in water treatment process. *SN Applied Sciences*, 2019, vol. 1, no 5, p. 1-5.

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-0518-0>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de categorización apriorística

Revisión Sistemática de la *Opuntia ficus indica* y *Moringa oleifera* como biocoagulantes para la clarificación de aguas, Lima - 2022

AMBITO TEMATICO	PROBLEMA	OBJETIVO	CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	AUTORES
Calidad y gestión de los recursos naturales	General	General	Característica fisicoquímica	Turbidez (NTU)	(Arias et al 2017, Aguirre et al 2018 y Castillo y Avendaño 2020, (Nonfodji et al 2020)
	¿Cuál es el efecto del uso de las sustancias extraídas de las semillas de <i>Moringa oleifera</i> y <i>Opuntia ficus indica</i> al ser empleadas como biocoagulantes en la clarificación de aguas?, a partir de las fuentes bibliográficas seleccionadas para este trabajo de investigación.	Analizar el efecto del uso de las sustancias extraídas de las semillas de <i>Moringa oleifera</i> y <i>Opuntia ficus indica</i> al ser empleadas como biocoagulantes en la clarificación de aguas, a partir de las fuentes bibliográficas seleccionadas para este trabajo de investigación.			
	Específicos	Específicos	Fuente de agua	Superficial	(Dotto et al 2018, Canaza y Mamani 2020)
	¿Qué características fisicoquímicas presentan las aguas superficiales y residuales?	Describir las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales.		Residual	(Jagaba et al 2020, (Novita et al 2019, Choudhary et al 2018))
	¿Cuáles son las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo del biocoagulante para la clarificación de aguas superficiales y residuales?	Identificar las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo del biocoagulante para la clarificación de aguas superficiales y residuales	Parte de la planta (Fuente orgánica)	Agente coagulante	(Valverde et al 2018)
				Materia Prima (fuente de extracción)	(Manikandan et al 2021)
	¿Cuáles son las condiciones operacionales para la utilización de biocoagulantes en el tratamiento de clarificación de aguas?	Describir las condiciones operacionales para la utilización de biocoagulantes en el tratamiento de clarificación de aguas	Condiciones Operacionales	Dosis	(Hassan et al 2020, Ibarra et al 2017)
				Ph	(Nguyen et al 2018, Vargas Rodríguez 2018)
		Velocidades de mezcla		(Zaid et al 2019, López, 2018)	
			Tiempo de coagulación, floculación y sedimentación	(Batista et al 2020, Boulaadjoul et al 2018 y Triques et al 2019)	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

	FICHA DE ANALISIS DE CONTENIDO
Institución	: Universidad Cesar Vallejo
Título	: Revisión Sistemática de la <i>Opuntia ficus indica</i> y <i>Moringa oleifera</i> como biocoagulantes para la clarificación de aguas, Lima - 2022
Autora	: Ramos Artica, Ana Madeline
Enfoque	: Cualitativo
Tipo de investigación	: Básica o teórica
Diseño de investigación	: Narrativo
Asesor	: Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)
Año de publicación	: 2022
Lugar de publicación	: Lima - Perú

Título de la fuente bibliográfica	:						
Autores	:						
Palabras clave	:						
Objetivo	:						
Resultados	:						
Conclusiones	:						
Características fisicoquímicas	Tipo de agua		Procedencia			Turbidez inicial (UNT)	
Fuente orgánica	Fuente vegetal		Agente de Extracción			Agente coagulante	
Condiciones operacionales	Dosis de coagulante (mg/L)	Ph	Velocidad de mezcla rápida (rpm)	Velocidad de mezcla lenta (rpm)	Tiempo de coagulación (seg.)	Tiempo de floculación (min.)	Tiempo de sedimentación (min.)

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 3. Procedimiento y proceso de revisión sistemática

PRIMERA ETAPA: BÚSQUEDA EN PLATAFORMA INDEXADA							
Palabras clave	: Opuntia ficus indica, Moringa oleifera, biocoagulante, coagulante natural, clarificación de aguas.						
Plataforma indexada	: SCOPUS	EBSCO	DOAJ	ProQuest	Science Direct	DIALNET	Repositorios institucionales
SEGUNDA ETAPA: SELECCIÓN DE INFORMACIÓN							
Primer criterio de exclusión							
Selección de documento por Idioma	Ingles					Español	
Segundo criterio de exclusión							
Selección de documentos por fecha	Años: 2017 – 2021 ()						
Tercer criterio de exclusión							
Selección de fuentes bibliográficas de interés	- Clarificación de aguas superficiales y residuales empleando como biocoagulante a la especie Moringa oleifera						
	- Clarificación de aguas superficiales y residuales como biocoagulante a la especie Opuntia ficus indica						
	- Clarificación de aguas residuales y superficiales con biocoagulantes						
TERCERA ETAPA							
Análisis de la información bibliográfica seleccionada							

Fuente: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Revisión Sistemática de la Opuntia ficus indica y Moringa oleifera como biocoagulantes para la clarificación de aguas, Lima - 2022", cuyo autor es RAMOS ARTICA ANA MADELINE, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 17 de Setiembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS DNI: 31662440 ORCID 0000-0002-0750-2877	Firmado digitalmente por: SCREYNAR el 17-09- 2022 01:31:40

Código documento Trilce: TRI - 0429451