



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Revisión Sistemática de la Eficacia de los Coagulantes Naturales en
el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTOR:

Alcantara Llovera, Aleida Cristhel (orcid.org/0000-0002-9839-6837)

ASESOR:

Mg. Silva Chuquipoma, Diego Honorato (0000-0001-9561-087X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de Gestión Ambiental

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

TRUJILLO-PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi padre, por su gran esfuerzo en brindarme una educación y hacerme una mejor persona; a mi madre, por su infinito amor, por sus consejos y paciencia; a mis hermanos, fueron mi mayor motivación, en terminar la carrera y demostrarles que sí se puede.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor de tesis, Mg. Diego Honorato, Silva Chuquipoma, por su guía, experiencia y sabiduría, reflejada en el desarrollo de esta investigación.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.1.1. Tipo de investigación	10
3.1.2. Diseño de investigación.....	10
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	10
3.3. Escenario de estudio	10
3.4. Participantes	11
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.6. Procedimientos	11
3.7. Rigor científico	14
3.8. Método de análisis de la información	14
3.9. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
REFERENCIAS	30
_Toc119423381ANEXOS	43

Índice de tablas

Tabla 1. Criterios de Inclusión y Exclusión	12
Tabla 2. Eficacia de los coagulantes naturales	16
Tabla 3. Comparación entre coagulantes naturales y sulfato de aluminio	21
Tabla 4. Eficacia de la <i>Moringa Oleífera</i>	25
Tabla 5. Matriz Apriorística	
Tabla 6. Instrumento de recolección de datos	

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de procedimientos	13
Figura 2. Artículos seleccionados por base de datos	15
Figura 3. Eficacia de los coagulantes naturales	19
Figura 4. Comparación entre coagulantes naturales y sulfato de aluminio	23
Figura 5. Porcentaje de búsqueda de Coagulantes naturales	25

RESUMEN

La presente revisión sistemática tuvo como objetivo describir la eficacia de los coagulantes naturales, así como también explicar el poder de remoción de estos frente al sulfato de aluminio e identificar el mejor coagulante natural en la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas; para ello se realizó la revisión a partir de bases de datos como ScienceDirect, Scopus, Scielo, Ebsco, Redalyc y ProQuest, utilizando criterios de inclusión y exclusión. Como resultados, los coagulantes naturales mostraron una gran eficacia en la reducción de turbidez, variando desde el 23.07% al 98.69%, así mismo se obtuvo que hay similitud entre los coagulantes naturales y sulfato de aluminio, siendo los naturales más ventajosos que los coagulantes convencionales y a la vez se reconoció que la *Moringa Oleífera* es la más eficaz en remoción de turbidez. En Conclusión, los coagulantes naturales son eficaces en reducción de turbidez, con valores de 23.07% y 99.60%, a su vez, los coagulantes naturales y el alumbre tienen una elevada similitud, con niveles de turbidez entre 53.85% hasta 99.44% y 70% a 98.69% respectivamente, por último, la *Moringa Oleífera*, remueve mayores niveles de turbidez, con valores entre el 53.85% al 99%.

Palabras Clave: Coagulantes naturales, coagulación, tratamiento de aguas, clarificación y turbidez.

ABSTRACT

The objective of this systematic review was to describe the efficacy of natural coagulants, as well as explain their removal power compared to aluminum sulfate and identify the best natural coagulant for removing turbidity in the treatment of domestic wastewater; For this, the review was carried out from databases such as ScienceDirect, Scopus, Scielo, Ebsco, Redalyc and ProQuest, using inclusion and exclusion criteria. As results, the natural coagulants showed a great efficiency in the reduction of turbidity, varying from 23.07% to 98.69%, likewise it was obtained that there is a similarity between the natural coagulants and aluminum sulfate, the natural ones being more advantageous than the conventional coagulants. and at the same time it was recognized that Moringa Oleífera is the most effective in removing turbidity. In Conclusion, natural coagulants are effective in reducing turbidity, with values of 23.07% and 99.60%, in turn, natural coagulants and alum have a high similarity, with turbidity levels between 53.85% up to 99.44% and 70%. to 98.69% respectively, finally, Moringa Oleífera, removes higher levels of turbidity, with values between 53.85% and 99%.

Keywords: Natural coagulants, coagulation, water treatment, clarification and turbidity.

I. INTRODUCCIÓN

Tras el avance del tiempo, la contaminación ambiental por aguas residuales domésticas ha ido aumentando significativamente, provocando que la calidad del agua se vea deteriorada, siendo necesaria la eliminación de contaminantes presentes en ella. (Ghimici, 2016, p. 1). La coagulación es un proceso importante en la remoción de turbidez, materia orgánica, sólidos suspendidos, entre otros (Guzmán, Taron y Núñez 2015, p.124) estas aguas generalmente son tratadas por coagulantes químicos como el sulfato de aluminio (alumbre) y óxido de calcio (cal), (Saritha, Srinivas y Srikanth, 2017, p. 451) siendo el aluminio el más utilizado por su eficiencia, bajo costo y disponibilidad, no obstante, trae consigo un gran impacto ambiental negativo, al no ser biodegradable aporta metales a los efluentes vertidos, formando lodos tóxicos; así también afecta a la salud con trastornos neuronales como el Alzheimer y Parkinson. Por lo tanto, utilizar productos y procesos más sostenibles al tratar las aguas residuales, reducirá los problemas generados. (Bondy, 2016, p. 222; Quintero, Murillo y Ceron, 2017, p. 35).

Los coagulantes naturales se obtienen generalmente de plantas, animales y microorganismos, estos son polímeros orgánicos y polielectrolitos que, a su vez, pueden ser catiónicos, aniónicos y no iónicos (Saleem et al., 2019, pp.281). Al añadirlos se obtienen proteínas solubles en agua, las cuales representan una carga que al unirse a los contaminantes (limo, arcilla, bacterias, sólidos suspendidos, etc.) reaccionan produciendo la coagulación, logrando que estos sedimenten, clarificando las aguas residuales. (Pereira et al., 2017, p.226). Estos productos al ser naturales, no son tóxicos, por lo contrario, son renovables, biodegradables y de bajo costo, son amigables con el ambiente, siendo una alternativa más eficiente en el proceso de clarificación de aguas residuales, por la rapidez con la que remueven contaminantes y reducir los niveles de turbidez contribuyendo con el cuidado del recurso hídrico. (Ang y Mohammad, 2020, pp.2; Orteaga, Cáceres y Castiblanco, 2020, pp.1.). La *Moringa Oleífera* es uno de los coagulantes naturales más eficientes en comparación a los coagulantes químicos existentes. (Grenda et

al., 2020, p.1). Esta especie es muy útil y beneficiosa, en sus hojas, se depositan gran cantidad de compuestos (Linares et al., 2022, p.47), así como también, sus semillas y aceites contienen proteínas catiónicas lo que representa gran utilidad en el tratamiento de aguas. (Villaseñor et al., 2018, p.151; Batista et al., 2021, p.1).

Como problema de investigación se planteó: *¿Cuál es la eficacia de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales domésticas? como problemas específicos:*

PE1: ¿Cuál es el poder de remoción de los coagulantes naturales frente a los coagulantes químicos en el tratamiento de aguas residuales domésticas?

PE2: ¿Qué coagulante natural es el mejor en cuanto remoción de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas?

Esta investigación pretende mediante la búsqueda de información de estudios ya realizados como artículos indexados a bases de datos confiables a partir de las propiedades coagulantes de los diferentes productos naturales en la remoción de contaminantes, para servir como base a futuras investigaciones relacionados al tema, dando a conocer la eficacia de los coagulantes de origen natural, en la remoción de contaminantes sin afectar la calidad del agua, ni la salud, al contraer alguna enfermedad neuronal. De la misma manera el objetivo general es describir la eficacia de los coagulantes naturales en la remoción de contaminantes de aguas residuales domésticas y como objetivos específicos, explicar el poder de remoción de los coagulantes naturales frente a los coagulantes químicos en el tratamiento de aguas residuales domésticas e identificar el mejor coagulante natural en la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales, un primer trabajo corresponde a Hussain, Ghouri y Ahmad (2019, pp.11), los autores evaluaron el desempeño de la piña de cactus como coagulante natural en la reducción de turbidez en las aguas residuales, la dosis utilizada fue 0.5 mg/l, turbidez inicial entre 67 y 75 NTU, densidad de 1.8 g/cm³ y valores de pH de 2 y 12. Como resultado se obtuvo que el coagulante a base de cactus es eficiente en un 82% siendo este extracto una fuente natural sostenible para la clarificación de las aguas contaminadas.

Para Murali et al. (2022, p. 24381) en su investigación utilizaron semillas de *Moringa Oleífera* como coagulante, para evaluar la remoción de turbidez y disminución de materia orgánica en las aguas residuales, este se realizó con 14.7 mg/l como dosis de coagulante, logrando reducir la turbidez en un 94% asemejándose a la reducción del químico alumbre, así mismo se logró que los contaminantes sedimenten de manera rápida y eficaz.

Amran et al. (2022, pp. 7793), analizaron el uso de *Carica papaya* como coagulante natural, a partir de una dosis de producto (50-200 mg/l), turbidez inicial 100 a 500 UTN y pH (3-7). El mejor resultado se obtuvo de la dosis 50 mg/l y turbidez 500 UTN, removiendo la turbidez a 97.2%, es así que las semillas de papaya funcionan mucho mejor que los coagulantes químicos al no aportar contaminantes a las aguas y no afectar a la salud, este procedimiento se puede llevar a cabo en la remoción de DQO, DBO y metales pesados en futuras investigaciones.

Barreto et al. (2019, pp. 105) en su trabajo compararon los coagulantes naturales (semillas de aguacate y mucílago de café) con el sulfato de aluminio a través de ensayos de jarras, obteniendo como resultados que los coagulantes naturales tienen mayor eficacia en la clarificación de agua, la semilla de aguacate removió la turbidez en un 44.27%, mientras que el mucílago de café logró remover el 64.29% de turbidez y 52.20% de color en las aguas, siendo extractos positivos en el tratamiento de aguas.

Por otro lado, Mejía et al. (2020, p.119) en su trabajo evaluaron la eficacia del coagulante a base de semillas de *Moringa Oleífera*, la cual se realizó con 0.74 g/l como dosis, logrando alcanzar valores de remoción de sólidos suspendidos totales y turbidez entre el 87.3% y 88.8%, así mismo se redujo el DQO5 y DBO en porcentajes de 25.9% y 26.3%. Sin embargo, los mejores resultados se obtienen al extraer previamente componentes de las semillas de moringa tales como aceites y grasas, siendo una mejor alternativa en futuros tratamientos.

Martínez et al. (2017, pp. 7) utilizaron 6 diversas dosis de coagulante en 7 diferentes valores de turbidez para evaluar la eficacia del coagulante *Mangífera indica* en el tratamiento de aguas residuales para remover los niveles de turbidez inicial. Se obtuvo mejores resultados en dosis de 100 mg/l, a una turbidez 75 UNT, removiéndose el 97.8% de turbidez y 75% de color. Por lo tanto, al comparar el coagulante natural con el sulfato de aluminio, no hay diferencias en cuanto a la reducción del nivel de turbidez, sin embargo, los productos naturales son más eficientes y sostenibles con el medio ambiente.

Moreira Jacquelin y Moreira Carlos (2022, pp. 54) elaboraron el estudio para determinar el poder coagulante de las semillas de *Prunus persica* y *Vicia faba*, con la turbidez inicial de 245 NTU para ambas muestras, resultando que el coagulante de durazno con dosis 16.02 mg/l y pH de 4.74, remueve el 89.07% de turbidez; mientras que el haba a una dosis 5 mg/l y pH de 9, remueve el 93.13% de turbidez. Se concluyó que ambos productos naturales son eficaces en la reducción de contaminantes en las aguas, demostrando ser una alternativa viable por su bajo costo, baja producción de lodos y beneficio al medio ambiente.

Según Prabhakaran, Manikandan y Boopathi (2020, pp.1), gracias al uso de semillas de Nirmali (*Strychnos potatorum*) y Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) como coagulantes naturales en el tratamiento aguas residuales para la eliminación de sólidos suspendidos a una dosis de 8-5 mg/l y un rango de turbidez entre 50–500 NTU, es así que estos coagulantes lograron remover un porcentaje de 53.85% y 23.07%, mostrando el Jacinto de agua mejores resultados que las semillas de Nirmali. Al ser productos naturales producen menor cantidad de lodos y costos en el tratamiento.

Santos y Vieira (2019, pp.153), Compararon la eficacia de los coagulantes naturales (*Cactus Opuntia* y *Moringa Oleífera*) frente al sulfato de aluminio o alumbre, coagulante químico mayor utilizado en las plantas de tratamiento de aguas, El alumbre con dosis de 45 mg/L y turbidez inicial de 28.4 UNT logra reducir la turbidez a 2.4 UNT, representando un 91.5% de remoción. Así mismo la *Moringa Oleífera* en una dosis de 50 mg/l redujo la turbidez a 3.2 NTU logrando así la remoción de turbidez del 88.7% y el *Cactus Opuntia* con 55 mg/l de coagulante, redujo a 3 NTU, siendo un porcentaje de remoción de 89.4%. Los resultados evidencian la efectividad de los coagulantes en comparación con los productos químicos, removiendo altos niveles de turbidez sin alterar drásticamente el pH inicial, si combinamos los coagulantes naturales, habrá mejores resultados sin afectar al medio ambiente.

Feria y Rodiño (2021, p.1) evaluaron cinco coagulantes naturales como los tallos de cactus, exudado gomoso de campano, corteza de guácimo y corteza y semillas de moringa, el estudio se realizó a pruebas de jarras, con una turbidez inicial entre 56 y 300 unidades UNT. La dosis aplicada fue entre 5 mg/l a 200 mg/l. Como resultado se obtuvo que los coagulantes naturales fueron eficientes en la remoción de turbidez, variando de 40% hasta 90% por los coagulantes, a su vez el extracto con más eficiencia fue las semillas de Moringa removiendo la turbidez hasta un 98% de turbidez, siendo una alternativa en los futuros tratamientos de potabilización a pequeña escala.

En el siguiente estudio Vara, Manoj y Bhavya (2019, pp.13) evaluaron la eficacia de los coagulantes naturales a base de almidón de sagú y quitina en comparación con el coagulante químico estándar (alumbre), la turbidez inicial de la muestra fue 150 NTU, a través del cual, el alumbre logró una remoción de turbiedad de 99.93% en comparación al sagú con un 97.28% a pH 7 con dosis de 0.1g/l y la quitina el 98.52% a pH 8 con dosis de coagulante 0.1g/l. Los resultados obtenidos muestran que los coagulantes naturales son similares a la de los químicos, con una alta remoción de turbidez en todas las dosis y rangos de pH realizada. Así mismo estos coagulantes aportaron altas cantidades de lodo sedimentado, reduciendo su peso en lodo seco hasta un 80%.

Taron, Guzmán y Barros (2017, pp. 77). usaron polvo de semilla de *Cassia fistula* como coagulante para determinar su comportamiento en los parámetros fisicoquímicos como DBO5, DQO, color, alcalinidad, turbidez y pH, mediante pruebas de jarras con dosis de 160 mg/L y una turbidez inicial de 95 UNT logrando una reducción de turbidez de 68.15% y una variación del color inicial en un 70%, así mismo se redujo (DBO5) en un 70%, el 0.83% para la DQO, sin afectar significativamente los valores de pH, lo cual evidencia que este extracto coagulante es eficiente al no aportar acidez al agua a diferencia de las sustancias químicas altamente corrosivas.

Carrasquero et al (2017, pp. 19). en su trabajo evaluaron la eficacia de las semillas de *Tamarindus indica*, sin desgrasar y desgrasadas, resultando que las semillas de tamarindo sin desgrasar lograron remover la turbidez en un 97.6% y el color a un 75%, siendo más efectivas en soluciones con turbidez elevadas (200 UNT), así mismo las semillas desgrasadas obtuvieron una remoción del 82.3% y 50% en la en la remoción de color, por lo que el usar semillas de tamarindo con o sin grasas disminuyen los niveles de turbidez, por lo que puede ser utilizada con éxito en futuros tratamiento de aguas residuales.

Ribeiro, Andrade y Dos Reis (2019, p. 1) Determinaron el poder de las proteínas catiónicas presentes en las semillas de *Moringa Oleífera* como coagulante natural para la remoción de turbidez de las aguas residuales, esta se realizó a través de una filtración directa y con pruebas de jarras, logrando en los parámetros iniciales, pH de 4.0 a 8.5 con una dosis ≥ 5 mg L⁻¹ de coagulante natural. Obteniendo como resultado que las semillas de Moringa logran una eficacia hasta un 98%, reduciendo la turbidez inicial, siendo una buena alternativa para lugares que no tienen un fácil o directo acceso de agua potable.

Saleem y Bachmann (2019, p.295) evaluaron los coagulantes de origen vegetal como la Moringa (*Moringa oleífera*), Árbol de nuez (*Strychnos potatorum. L*), Psyllium rubio (*Plantago ovate*), Fenogreco (*Trigonella foenu. G*) y Nopal (*Opuntia ficus*), si estos podrían sustituir fácilmente a las sustancias químicas como el sulfato de aluminio o cloruro férrico, por su contenido de polímeros orgánicos y polielectrolitos. Las semillas de Moringa al contener extractos catiónicos es el principal coagulante natural que mejor reemplaza al alumbre, siendo una alternativa prometedora para la sustitución de productos químicos y al disminuir costos en la eliminación de los lodos generados en este proceso.

En el ámbito nacional, Caso et al. (2021, pp.8) en su estudio analizaron el uso de almidón de papa como un coagulante natural en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, para ello se realizó el proceso con 4 dosis de fécula de papa de 25; 50; 75 y 100 mg/l, resultando la dosis de 50 mg/l más eficiente, reduciendo la turbidez de su valor inicial de 8.50 UNT a 0.55 UNT representado el 93.31% de remoción y manteniendo el pH inicial de 8.19 a 8.21, de tal forma que este tratamiento cumple con la normatividad nacional vigente (ECA Agua), siendo así una alternativa positiva en el tratamiento de aguas residuales y se reemplazaría fácilmente a los coagulantes inorgánicos.

Castillo y Avendaño (2020, p. 47) determinaron la eficacia de las semillas de *Moringa Oleífera*, diferenciando los coagulantes naturales de los químicos, para ello se realizaron 3 pruebas, con una dosis de 0.2 g/l la primera prueba fue en 132 UNT de turbidez inicial, al transcurrir una hora se logró sedimentar los contaminantes y reducir la turbidez del agua en un 95.8 % y al cabo de una hora y media, aumenta el efecto a un 97.04%, así también en la segunda prueba realizada con una turbidez inicial de 48.6 UNT, el porcentaje de remoción en una hora fue de 90.14% y 92.4% al aumentar media hora más. Como última prueba con 424 UNT inicial, clarificando en agua en una hora, logrando un 98.3% de reducción de turbidez, con media hora más, un 98.9%. De esta forma se concluyó que la Moringa como coagulante mejora la clarificación o remoción de contaminantes del agua residual, eliminando bacterias presentes en las aguas, al no ser tóxica, es así que su eficiencia es mayor al sulfato de aluminio.

Así mismo, Campos y Collachagua (2019, p.1), en su trabajo, con el objetivo de evaluar la eficacia que otorga el coagulante a base de *Moringa Oleífera* en la disminución de contaminantes en Pasco – Perú, para ello fueron 4 tratamientos con una dosis de 50 mg/l de coagulante natural y se obtuvieron como resultados de una turbidez inicial 8.52 NTU a 0.55 NTU representando una remoción de 93.31% y se mantuvo el pH en 8.19 y 8.21 así mismo. Se concluye que a través de los valores obtenidos los coagulantes naturales tienen una influencia positiva en el tratamiento de aguas.

Como teorías relacionadas al tema, según López et al. (2017, p.9), las aguas residuales se definen como la composición de agua y diversos contaminantes en ella, la cual puede ser de diversas fuentes tanto doméstica o industrial, estas aguas tienen altas concentraciones de compuestos orgánicos y sólidos suspendidos totales, aumentando la turbidez de estas, siendo un riesgo de transmisión de enfermedades por organismos patógenos. (Hameed et al., 2018, p.198).

Según Pardo et al. (2020, p.105) y Jiang (2015, p.36), la coagulación es un proceso primordial en el tratamiento de aguas tanto en plantas de agua residual y plantas de agua potable, ya que brinda una eficiente remoción de contaminantes presentes en ellas, así mismo a través de este se eliminan impurezas, como sólidos suspendidos, provocando que estas partículas se aglomeran y aumenten de tamaño, logrando separar y retirar estos contaminantes del agua más rápidamente.

Marín y Velasquez (2020, p.49) definen a la turbidez como la medida de transparencia que tiene el agua, la cual se basa en la cantidad de presentes, tales como sólidos suspendidos, agentes patógenos y material orgánico, la cual hace que esta tome colores más oscuros, disminuyendo el ingreso de luz a través del agua. La turbidez es el principal parámetro que mide el ingreso de luz a través del agua, de este modo se mide la calidad a través del color que hay en ella.

Para Barreto, et al. (2020, p.114) los coagulantes naturales al ser extraídos de plantas, árboles, se aprovecha sus componentes como las semillas, hojas, raíces, frutos y corteza, estos son una fuente alternativa que por sus ventajas podría reemplazar a los coagulantes químicos, al compararlos, estos tienen un similar potencial, en la remoción de contaminantes y reducción de turbidez inicial, aclarando de las aguas residuales. Por lo general, estas sustancias logran una alta aglomeración y sedimentación de partículas presentes, así también no aportan toxicidad a las aguas y no generan grandes cantidades de lodos en su proceso.

Los polielectrolitos son polímeros con grupos ionizables los cuales se encuentran unidos covalentemente, que cuando se agregan a un solvente con alta polaridad, las partículas se disocian, y se forma una cadena rodeada de contraiones. Estos son muy eficientes y se clasifican según su carga; los polielectrolitos catiónicos, con carga positiva que al añadirse al agua remueven partículas de carga negativa; los polielectrolitos no iónicos, pueden entrar en contacto con iones negativos y positivos. (Villalobos Martin 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación fue de carácter aplicada, se basó principalmente en el empleo de conocimientos teóricos recopilados en la revisión sistemática, para sintetizar y analizar el conjunto de trabajos existentes con respecto al tema escogido.

3.1.2. Diseño de investigación

Diseño de investigación cualitativa, descriptiva, a través de la recopilación de diferentes artículos de revistas indexadas a bases de datos confiables con respecto a los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales para su comparación con otros estudios ya existentes.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Como categorías se tuvo en cuenta la eficacia de los coagulantes naturales con las subcategorías: Eficaz, no eficaz, como segunda categoría se tendrá a la remoción de contaminantes con las subcategorías: Turbidez, pH, sólidos suspendidos y materia orgánica. Estas se evaluarán de acuerdo a los problemas y objetivos propuestos en la investigación a través de la matriz apriorística. (Ver Anexo 1).

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio se tuvo en cuenta las investigaciones previas, revistas científicas indexadas a bases de datos confiables respecto a los coagulantes naturales para la remoción de Turbidez en las aguas residuales.

3.4. Participantes

Los participantes de la investigación fueron los artículos científicos extraídos de bases de datos confiables como Science Direct, Scopus, EBSCO, Scielo, Redalyc y ProQuest, se considerarán en la búsqueda publicaciones dentro de los últimos 7 años, con las palabras claves como la "natural coagulants", "coagulación", "tratamiento de aguas", "clarificación" y "turbidity".

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de la investigación: Análisis documental para sintetizar, estructurar y analizar los artículos revisados a partir de la búsqueda, selección y organización de los documentos. Por otro lado, la investigación utilizó la ficha de investigación como instrumento de recolección de datos (Ver Anexo N°1) donde se especificó el autor(es), el año, título del artículo, idioma, base de datos y bibliografía, para lo cual se siguió criterios de inclusión criterios de exclusión. (Ver Tabla N°1).

3.6. Procedimientos

Inicialmente en la investigación se identificó y recopiló información a través de artículos indexados a bases de datos confiables como Science Direct, EBSCO, Scopus, Scielo, Redalyc y Proquest, según la fecha de publicación no mayor a 7 años. La búsqueda se realizó con las siguientes palabras claves: "natural coagulants", "coagulación", "tratamiento de aguas", "clarificación" y "turbidity".

Así mismo, para la selección de los trabajos incluidos, se aplicó diversos filtros, como la fuente de extracción de artículos, el año de publicación, títulos, resúmenes, metodología y resultados relacionados al tema investigados, los cuales cumplan con los criterios de inclusión y exclusión

Tabla 1. *Criterios de inclusión y exclusión*

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Artículos científicos de los últimos 7 años, publicadas en revistas indexadas a bases de datos confiables en idioma inglés y español sobre los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel mundial.	Artículos científicos mayores a 7 años, publicadas en revistas no indexadas, trabajos de fuentes no confiables y con tema no relacionado al problema de investigación.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se interpretaron los documentos obtenidos de manera estructurada a través de una lectura y subrayado, así también con el apoyo de gráficos y tablas para incluir en el trabajo de investigación solo los trabajos más relacionados con el tema.

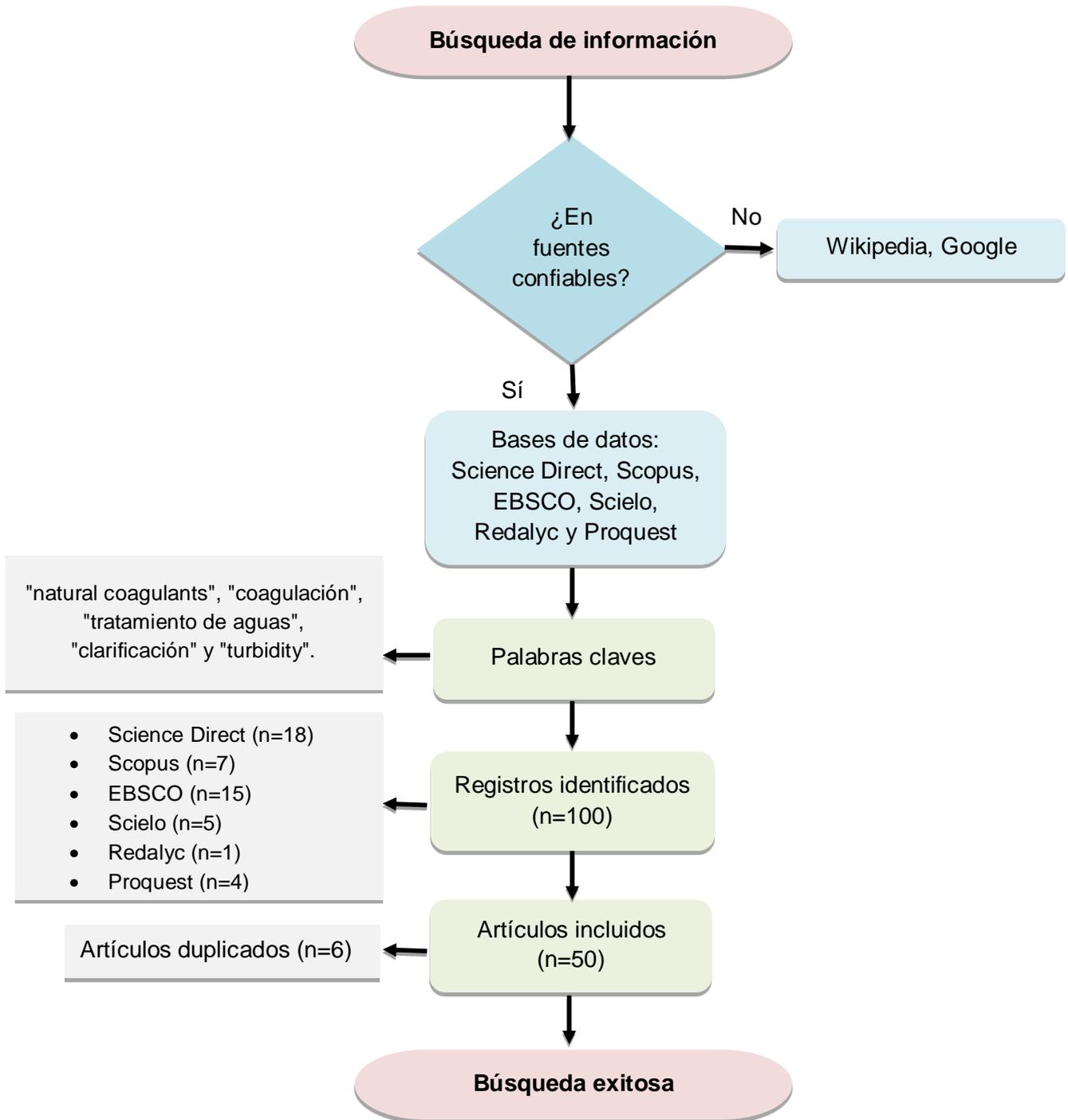


Figura 1. Diagrama de flujo de la selección de artículos

3.7. Rigor científico

El rigor científico en una investigación producirá confianza en los hallazgos, siendo la información verídica y precisa. (Casadevall y Fang, 2016, p.1). La presente investigación cumplió con los criterios de consistencia y credibilidad, mostrándose en su contenido, a través de la información recogida de artículos indexados en base de datos confiables y las técnicas e instrumentos aplicados para el análisis minucioso a fin de cumplir con los objetivos planteados.

3.8. Método de análisis de la información

El presente proyecto de investigación se realizó con el método analítico - sintético, basándose en la información recopilada de los artículos científicos, para su análisis y síntesis, revisando uno a uno, cada documento con respecto a los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales, así como también, el trabajo servirá de referencia bibliográfica a los futuros investigadores en la aplicación de este coagulante natural en plantas de tratamiento y reutilizar estas, contribuyendo positivamente en el cuidado del ambiente.

3.9. Aspectos éticos

Para la elaboración del trabajo se consideró aspectos éticos, a través de la búsqueda en fuentes de información verídicas y transparentes como bases de datos confiables, así también se citó apropiadamente con la norma correspondiente (ISO 690) respetando de esta manera la autenticidad de cada autor mencionado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la búsqueda y recolección de artículos científicos se obtuvo en la primera etapa 100 artículos de los cuales solo se seleccionaron 50, distribuidos de la siguiente manera: 7 Scopus, 18 ScienceDirect, 5 Scielo, 4 ProQuest, 15 Ebsco y 1 de Redalyc, los cuales se siguieron a través de los criterios de inclusión señalados anteriormente.

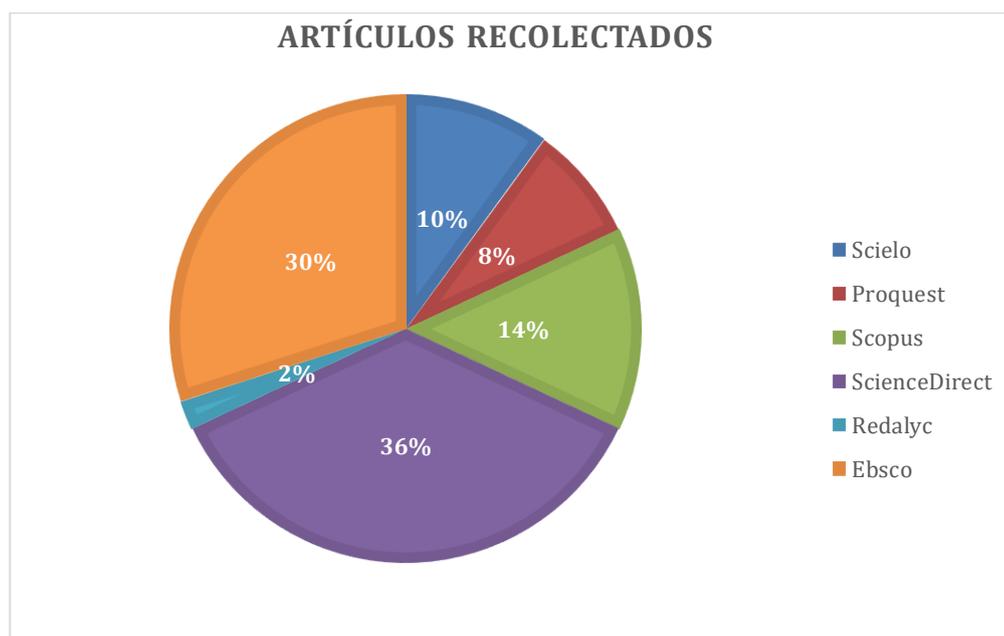


Figura 2. Artículos seleccionados por base de datos

Según el objetivo y pregunta de investigación principal, en cada trabajo citado, se describió la eficiencia de los coagulantes naturales en las aguas residuales domésticas, los cuales fueron plasmados en la Tabla 2. En su mayoría los coagulantes naturales derivan de especies vegetales como papaya (*Carica papaya*), mango (*Mangifera indica*), tamarindo (*Tamarindus indica*), sandía (*Citrullus lanatus*), maracuyá (*Passiflora edulis*), aguacate (*Persea americana*), durazno (*Prunus persica*), mucílago de café (*Coffea*), haba (*Vicia faba*), abeto (*Picea abies*), Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), cactus (*Cactus opuntia*), sagú (*Maranta arundinacea*), lluvia de oro (*Cassia fistula*), papa (*Solanum tuberosum*), mandaracu (*Cereus jamacaru*), palta (*Persea americana*), bellota (*Quercus robur*), almidón de plátano (*Musa paradisiaca*), garbanzo (*Cicer aruetinum*), frijol (*Lablab purpureus*), yuca (*Manihot esculenta*), aloe Vera (*Aloe*

barbadensis miller) y neem (*Azadirachta indica*, así como también biopolímeros como el quitosano y otros como la quitina, zeolita y agua termal, entre otros, los cuales brindaron grandes resultados en el tratamiento de aguas contaminadas.

Tabla 2. Eficacia los coagulantes naturales en remoción de turbidez

Especie natural	Dosis	Turbidez (UNT)	% Remoción turbidez	Autor (es) y año
Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	50 mg/l	200	99.6%	Carrasquero et al. (2017)
Residuos de café (<i>Coffea arabica</i>)	2.6 mg/l	520.90	99.04%	Cuesta, et al. (2022)
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	0.2 g/l	424	98.9%	Castillo y Avendaño (2020)
Quitosano	400 mg/l	26.67	98.35%	Jagaba et al. (2020)
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	5 mg L-1	25 ± 2	98%	Ribeiro, Andrade y Dos Reis (2019)
Quitina	0.1 g/l	150	98.52%	Vara, Manoj y Bhavya (2019)
Almidón de sagú (<i>Maranta arundinacea</i>)	0.2 g/l	150	97.5%	
Semillas de Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>)	50 mg/l	200	97.6%	Carrasquero et al. (2019)
Semillas papaya (<i>Carica</i>)	50 mg/l	500	97%	Amran et al. (2022)
Semillas de Mango (<i>Mangifera indica</i>)	100 mg/l	75	97%	Martinez et al. (2017)
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	14.7 mg/l	22.4	94%	Murali et al. (2022)

Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	50 mg/l	8.52	93.31%	Campos y Collachagua (2019)
Almidón de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	50 mg/l	8.50	93.31%	Caso et al. (2021)
Harina de haba (<i>Vicia faba</i>)	5 mg/l	245	93.13%	Moreira Jacquelin y Moreira Carlos (2022)
Semillas de durazno (<i>Pronus persica</i>)	16.02 mg/l	245	89.07%	
Zeolita	1000 mg/l	26.67	91.98%	Lopes et al. (2020)
Semillas de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)			91.5%	
Tanino Abeto (<i>Picea abies</i>)	1442 - 2650 mg/l	25.2	90%	Bello et al. (2020)
Mandaracu (<i>Cereus jamacaru</i>)	1 g/l	5	90%	Santos, Joicy & Viera, Maslandia (2019)
<i>Cactus Opuntua</i>	55 mg/l	220 – 273.33	89.4%	Santos y Viera (2019)
Semillas Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	50 mg/l		88.7%	
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	0.74 g/l	251.3	87 - 88.8%	Mejía. P., et al. (2020)
Piñas de pino (<i>Pinus</i>)	0.5 mg/l	67 – 75	82%	Hussain, Ghouri y Ahmad (2019)
Semilla de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>)		50 - 100	90%	

Tallos de Cactus (<i>Cactaceae</i>)	5 - 200 mg/l	150	80%	Ferias y Rodiño (2021)
Exudado gomoso de Campano (<i>Samanea saman</i>)				
Corteza de Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)		200		
Garbanzo (<i>Cicer aruetinum</i>)	666 mg/l	21.1	80.1%	Manikandan et al. (2021)
Fenogreco (<i>T. foenum – graecum</i>)			79.6%	
Neem (<i>Azadirachta indica</i>)			76.8%	
Frijol (<i>Lablab purpureus</i>)			73.0%	
Semillas de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	7.5 mg/l	146	72%	Muhammad, et al. (2020)
Aloe vera (<i>Aloe barbadensis miller</i>)	25 g/l	186.8	72%	Benalia et al. (2020)
Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	20 mg/l	62	70%	Padilla, Pimienta y Mercado (2020)
Semillas de Lluvia de oro (<i>Cassia fistula</i>)	160 mg/l	95	68.15%	Taron, Guzmán y Barros (2017)
Mucílago de Cardón Guajiro (<i>Stenocereus griseus</i>)	1400 mg/l	29.57	67.24%	Dunoyer, Cuello y Castillo (2020)
Semillas mucílago de café (<i>Coffea</i>),	10 g/l	155	64.29%	Barreto et al. (2019)

Semillas de aguacate (<i>Persea americana</i>),	10 g/l	155	44.27%	
Jacinto de agua (<i>Eirchorria crassipes</i>)	5 - 8 mg/l	50 - 500	53.85%	Prabhakaran, Maniikandan y Boopathi (2020)
Semillas de Nirmali (<i>Strychnos potatorum</i>)			23.07%	
Palta (<i>Persea americana</i>)	5 gr/l	1302	48.92%	Barbarán, López y Chico (2017)
Bellota (<i>Quercus robur</i>)	1 – 0.5 mol/l	35	27 - 42%	Mirjana et al. (2018)

Fuente: Elaboración Propia

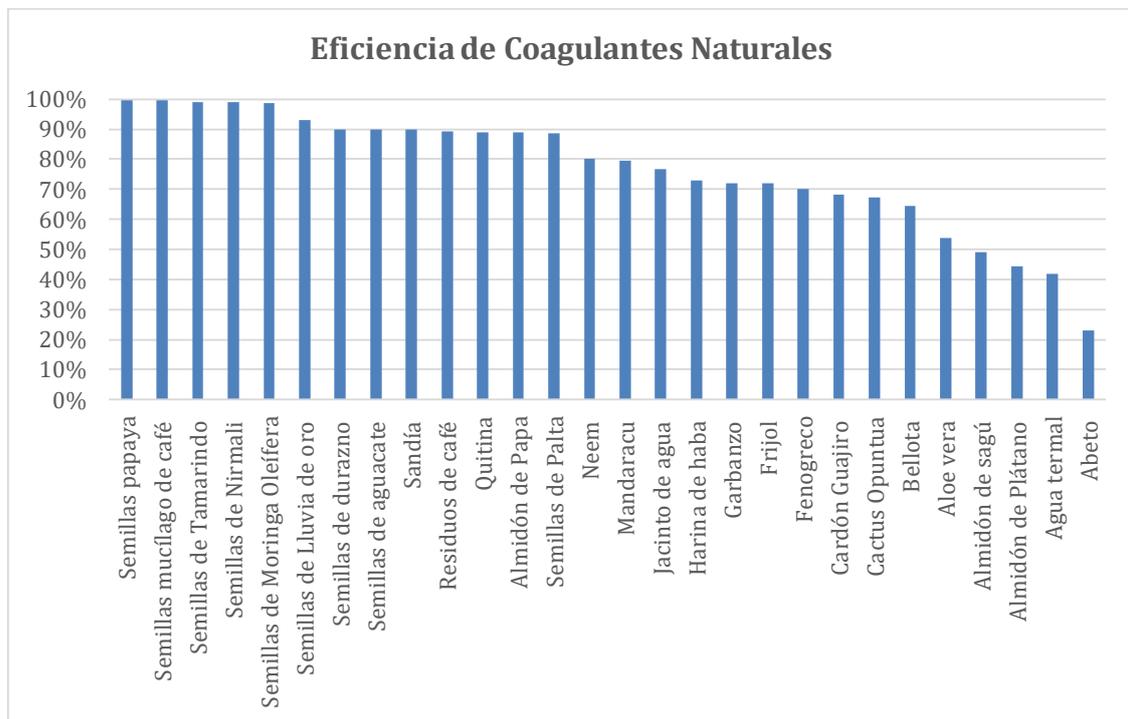


Figura 3. Eficacia de los Coagulantes naturales en remoción de turbidez

Los coagulantes con mayores resultados en la investigación fueron las semillas de *Carica papaya*, el mucílago de café, las semillas de tamarindo, las semillas de Nirmali y las semillas de *Moringa Oleífera* con un rango entre 98.52% - 99.60%; por otro lado, los coagulantes con menores resultados fueron el almidón de plátano, agua termal y abeto con un rango de 23.07% - 44.27%, siendo estos productos naturales eficaces en la remoción de turbidez, sin proporcionar ninguna afcción a las propiedades fisicoquímicas del agua descontaminada, como se evidencia, estos coagulantes no alteran drásticamente el pH inicial, siendo una alternativa sostenible, al no aportar contaminantes a las aguas y no generar repercusiones a la salud, es así que este procedimiento se puede llevar a cabo en la remoción de parámetros como DQO, DBO y metales pesados en futuras investigaciones.

Estos resultados coincidieron con los de Aguirre et al. (2018) quienes comprobaron la eficacia de los coagulantes naturales: Moringa (*Moringa Oleífera*), Cactus (*Opuntia ficus-indica*), Neem (*Azadirachta indica*) y Maíz (*Zea mays*); la Moringa redujo la turbidez en un 95%, el Cactus en 62%, Neem en 66.8%, y el Maíz en 45% siendo una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Por su parte Barbarán, López y Chico (2017) afirmaron que las semillas de durazno (*Pronus persica*) y semillas de aguacate (*Persea americana*) son eficaces en la reducción de altos niveles de turbidez, removiendo 92.95% y 48.92% respectivamente; de igual forma, Yimer y Dame (2021) evaluaron la eficacia del extracto de semilla de papaya (*Carica papaya*) el cual alcanzó una remoción de turbiedad alrededor del 96.19%. Igualmente, Marín y Arriojas (2020) demostraron que las cáscaras de *C. nucifera* contienen excelentes propiedades coagulantes para la remoción de turbidez y SST de 76.4% y 94.8%, a su vez Choque et al. (2018) obtuvieron resultados positivos de la sebácea *Echinopsis pachanoi*, con porcentaje de remoción de turbidez entre el 48.6% y 99.3%. Así mismo, Rianos, Meza y Mercado (2019) reconocieron que los productos naturales como el almidón de *Manihot esculenta* y semillas de *Moringa oleífera*, logran una remoción de turbidez de 93.4%; Y Onen, Yel y Beyazyuz (2018) indicaron que el coagulante Zeolita puede alcanzar una reducción de turbidez hasta el 99.1%, de tal modo que, estas sustancias en un futuro pueden sustituir a los químicos

utilizados en las plantas de tratamiento, evitando los riesgos a la salud generados y la contaminación actual.

Con referencia al primer objetivo específico, se explicó el poder de remoción de turbidez de los coagulantes naturales frente a los coagulantes químicos (Sulfato de aluminio) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, obteniendo como resultado que, a través de las investigaciones recopiladas, existe una gran similitud entre ambos coagulantes, sin embargo los productos naturales disminuyen la turbidez sin alterar el pH inicial y sin aportar toxicidad a la aguas, como también, no generan grandes cantidades de lodos al finalizar el proceso.

A continuación, se muestra la Tabla 3 donde se identifica la remoción presentada en cuanto a contaminantes de estas especies naturales comparándolas con los coagulantes químicos tradicionales utilizadas en los tratamientos de aguas residuales, teniendo en cuenta autor (es), el producto coagulante y rendimiento.

Tabla 3. Comparación entre coagulantes naturales y sulfato de aluminio (Alumbre)

% Remoción de turbidez Coagulante natural		% Remoción de turbidez Coagulante químico		Autor (es)
Residuos de café (<i>Coffea arabica</i>)	99.94%	Sulfato de aluminio	98.69%	Cuesta, et al. (2022)
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	53.85%	Sulfato de aluminio	98.68%	Jagaba et al. (2020)
Medula de banano (<i>Musa paradisiaca</i>)	67.57%	Sulfato de aluminio	97.65%	Prabhakaran, Maniikandan y Boopathi (2020)
Semillas de mango (<i>Mangifera indica</i>)	97.8%	Sulfato de aluminio	96.8 %	Ute et al. (2017)
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	64 %	Sulfato de aluminio	96%	Meza et al. (2018)

Fenogreco (<i>Trigonella foenum</i>)	79.6%	Sulfato de aluminio	95.3%	Manikandan et al. (2021)
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	80.1%			
Neem (<i>Azadirachta indica</i>)	76.8%			
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	73.0%			
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	88.7%	Sulfato de aluminio	91.5 %	Gandiwa et al. (2020)
Almohadillas de Cactus (<i>Cactus Opuntia</i>)	89.4%			
Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	71.06%	Sulfato de aluminio	70%	Padilla, Pimienta y Mercado (2020)

Fuente: Elaboración Propia

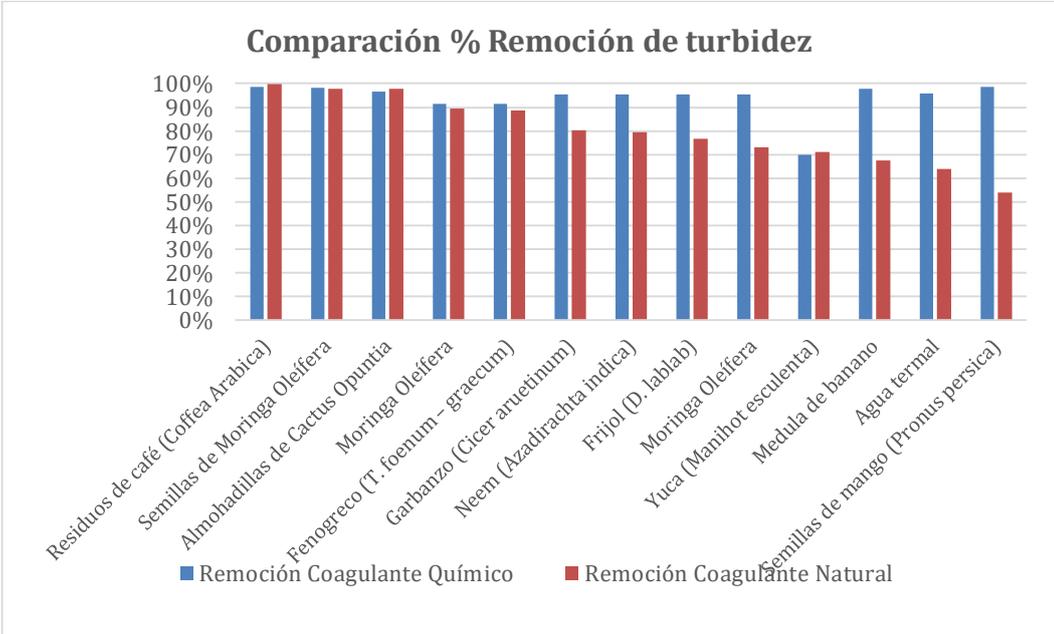


Figura 4. Comparación entre coagulantes naturales y Sulfato de aluminio (alumbre)

De acuerdo con la Tabla y Figura anterior, los coagulantes naturales que más se aproximaron en remoción de turbidez con respecto al sulfato de aluminio fueron: Los residuos de *Coffea arabica*, las semillas *Moringa oleífera*, las almohadillas de *Cactus opuntia*, *Trigonella foenum* y *Manihot esculenta*, con remociones de turbidez entre el 79.6% hasta el 99.94%, sin duda, estos productos tienen la capacidad de sustituir a los químicos convencionales en los futuros tratamientos.

En efecto Vara, Manoj y Bhavya (2019) afirmaron que los coagulantes naturales a base de almidón de sagú y quitina aportan porcentajes de remoción de turbidez semejantes al sulfato de aluminio, siendo el nivel de remoción (69,15%, 67,73% y 78.72%) respectivamente. Por otro lado, Santos y Vieira (2019) coincidieron con los resultados de la investigación, en la comparación que realizaron entre los coagulantes naturales *Cactus Opuntia* y *Moringa Oleífera* y el sulfato de aluminio o alumbre, demostraron que los coagulantes naturales remueven la turbidez hasta un 91.5%, sin embargo, si se combinan estos productos, se obtendrán mejores resultados.

Así mismo Pardo et al. (2020) confirmaron que los coagulantes naturales tienen un mayor poder de remoción de contaminantes que el sulfato de aluminio, es así que estas especies son un futuro reemplazo a los coagulantes químicos, al ser más rentables y sostenibles; al igual Ortega, Cáceres y Castiblanco (2020) reconocieron que los coagulantes naturales mejoran la calidad del agua, ya que al ser amigables con el ambiente, contribuyen con el cuidado del recurso hídrico, siendo una mejor opción que los coagulantes químicos convencionales.

Según Dotto et al. (2018) los coagulantes orgánicos obtenidos de las semillas de *Moringa oleífera* presentaron mejores resultados que el coagulante inorgánico (sulfato de aluminio), removiendo la turbidez hasta un 82.2% además este es capaz de remover el color aparente con 83.05% y DQO, 78.4%. En relación a lo anterior Padilla, Pimienta y Mercado (2020) coincidieron que el coagulante natural a base de almidón de yuca brinda mayores resultados con un 71.06% versus el 70% del sulfato de aluminio. Lo mismo que Servando et al. (2017) verificaron las

ventajas de los coagulantes naturales, por sus diversas propiedades al eliminar contaminantes en el proceso de clarificación de aguas, reduciendo costos y toxicidad a diferencia del aluminio el cual aporta tóxicos que son peligrosos para la salud, causando enfermedades como el Alzheimer.

Evidentemente, los coagulantes naturales como la *Moringa oleífera* y el almidón de *Manihot esculenta* son una alternativa viable en los tratamientos de aguas residuales, ya que, en la generación de lodos, se aportan nutrientes reutilizables en el ambiente, a diferencia de los coagulantes químicos que producen lodos tóxicos. (Tirado et al. 2022). De la misma manera los coagulantes naturales al ser extraídos de la naturaleza sin ningún proceso invasivo como la *Moringa oleífera* y diferentes tipos de cactus son una potencial alternativa que mejoran la calidad del agua removiendo partículas suspendidas y coloidales (turbidez), pudiendo reemplazar a los productos químicos industriales como el sulfato de aluminio, gracias a su bajo costo y a su actividad antimicrobiana, evitando así riesgos a la salud y al medio ambiente. (Ramírez y Jaramillo, 2015).

Con respecto al segundo y último objetivo específico, se identificó mediante la revisión sistemática que el mejor coagulante natural conforme a la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas fue la *Moringa Oleífera*, en la siguiente tabla y gráfico se mostró que la *Moringa* destacó con respecto a los demás coagulantes naturales con altos niveles de remoción de turbidez, es así, por su mayor aprovechamiento de sus componentes (semillas, hojas, tallos y aceite) siendo capaz de reducir altos niveles de turbidez clarificando las aguas turbias sin aportar ningún tóxico, ni alterar el ambiente, por lo contrario, este protege al más preciado recurso “ el agua”, de igual forma, este producto tuvo mayor porcentaje de búsqueda, confirmándose que es una mejor opción en los futuros tratamientos de aguas residuales.

Tabla 4. Eficacia de la Moringa Oleífera

Especie natural	Dosis	Turbidez (UNT)	% Remoción turbidez	Autor (es) y año
Semillas de Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>)	0.2 g/L	424	98.9%	Castillo y Avendaño (2020)
	5 mg L-1	25 ± 2	98%	Ribeiro, Andrade y Dos Reis (2019)
	14,7 mg/L	22.4	94%	Murali et al. (2022)
	50 mg/L	8.52	93.31%	Campos y Collachagua (2019)
	5 - 200 mg/L	50 - 100	90%	Ferías y Rodiño (2021)
	50 mg/L	220 – 273.33	88.7%	Santos y Viera (2019)
	0.74 g/L	251.3	87 - 88.8%	Mejía. P. et al. (2020)

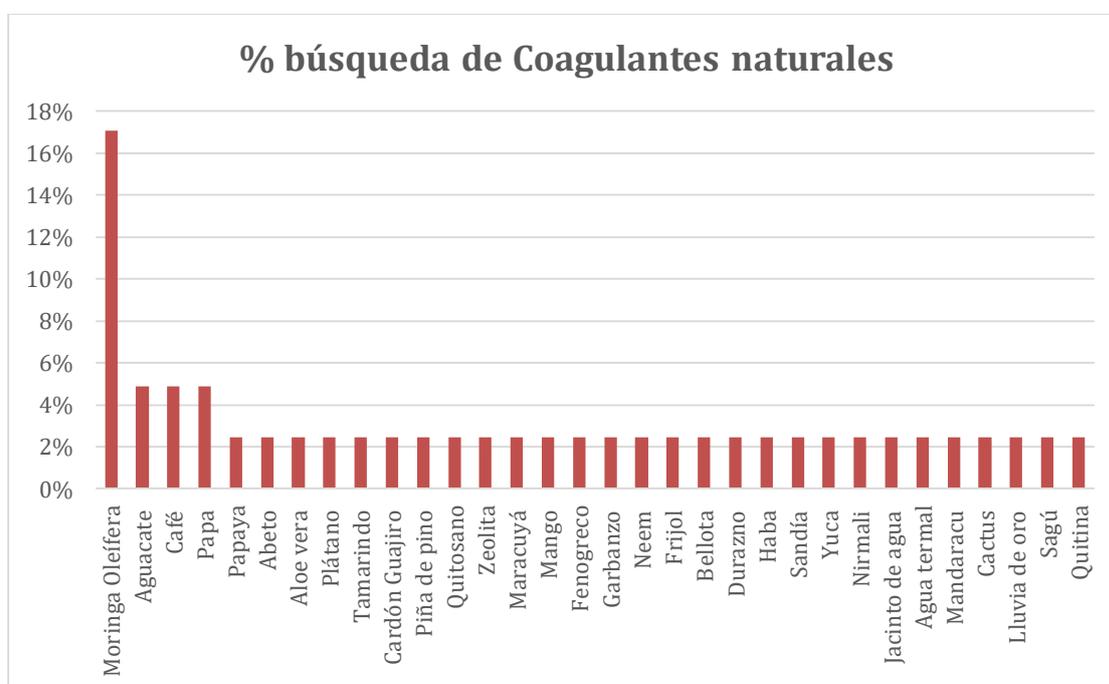


Figura 5. Porcentaje de búsqueda de Coagulantes naturales

Dichos resultados coincidieron con los de Linares et al. (2022) afirmando que la *Moringa Oleífera* es una especie benéfica, en sus hojas, se acumulan gran cantidad de compuestos, así como también, en sus semillas y aceites contienen proteínas catiónicas, ácidos grasos como la omega 9 y ácidos grasos saturados lo que representa gran utilidad en el tratamiento de aguas. (Villaseñor et al. 2018; Batista et al. 2021).

Por otro lado, Vega et al. (2021) constataron que las semillas de Moringa (*Moringa oleífera*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas son tan eficaces, que alcanzan altos porcentajes de turbidez hasta el 92%, así como también reducen el color aparente con un 66% y la carga bacteriana a 99%. Del mismo modo, Belbali et al. (2021) confirmaron que la *Moringa oleífera* es eficaz para aguas residuales de alta turbidez con una eliminación de hasta el 86.78%, revelando que es una alternativa rentable, que reduce la cantidad de producto y el tiempo requerido en cada tratamiento. Al mismo tiempo, Arias et al. (2017) mostraron que, con la aplicación de la dosis óptima, como es el caso de su investigación con (7500 mg/L) se puede lograr una eficacia de remoción del color y turbidez de aproximadamente 87% y 80%, respectivamente, siendo una ventaja al mejorar las características del agua residual.

Para Rondón et al. (2017) el uso de *Moringa Oleífera* cumple los parámetros indicadores de calidad para lograr la reducción de contaminantes en el agua, trayendo múltiples beneficios ambientales, económicas y sociales, la eficiencia del polielectrolito catiónico de la Moringa, es capaz de remover los contaminantes en un menor tiempo de sedimentación, reduciendo los problemas ocasionados por los sedimentos de aluminio encontrados en los residuos de aguas contaminadas. (Arintzy et al. 2021 y Vivas et al. 2022).

A su vez Veloso y Barbosa (2015) evaluaron la eficacia de la *Moringa Oleífera* y obtuvieron como resultado que el uso de semillas de Moringa, especialmente con cascarilla logran una mayor remoción de turbidez, eliminando un alto porcentaje en un 99%. Arias et al. (2017) en su análisis del coagulante de semilla de *Moringa*

Oleífera, obtuvieron como resultado que esta planta logra remover los contaminantes entre el 80% y 87%, evidenciándose que la Moringa brinda una mejora respecto a las características del agua residual, siendo una ventaja en futuros tratamientos de aguas residuales. Igualmente, Vunain et al. (2019) demostró que la *Moringa Oleífera* en el tratamiento de aguas residuales, tiene un alto potencial en la reducción de contaminantes, reducción de materia orgánica, sólidos suspendidos y turbidez inicial de 287 a 38.8 (NTU), representando una gran variación en comparación a los coagulantes convencionales.

V. CONCLUSIONES

- Se describió a los coagulantes naturales y su eficacia en la remoción de turbidez en las aguas residuales domésticas, el cuál fue en un rango de reducción de Turbidez entre el 23.07% y 99.60%, siendo una alternativa sostenible, que no aporta contaminantes a las aguas y no genera repercusiones a la salud.
- Se explicó que los coagulantes naturales tienen un poder de remoción similar al sulfato de aluminio o alumbre, logrando disminuir niveles de turbidez entre 53.85% hasta 99.44% y 70% a 98.69% respectivamente, estos productos naturales a diferencia de los químicos convencionales, no alteran o cambian drásticamente el pH inicial, ni incorporan toxicidad a las aguas, por lo contrario, reducen el lodo seco sedimentado en cada tratamiento hasta un 80%.
- Se identificó que el coagulante natural que más destacó tanto por su eficacia en la remoción de turbidez, fue la *Moringa Oleífera*, especialmente sus semillas, las cuales son capaces de remover altos niveles de turbidez con valores entre el 53.85% al 99%.

VI. RECOMENDACIONES

- Por lo anterior, se recomienda investigar a profundidad la eficacia del coagulante natural *Moringa Oleífera*, ya que esta especie es considerada una planta benéfica por su eficiencia y su disponibilidad, la cual podría ser un potencial reemplazo a los coagulantes químicos en futuros tratamientos.
- Se recomienda investigar las cantidades de lodo sedimentado en los tratamientos con coagulantes naturales, así como también su biodegradabilidad y reúso en otros procesos, a fin de demostrar la diferencia en peso y toxicidad de estos residuos con los coagulantes químicos.
- Se recomienda comparar distintas dosis de coagulante, para lograr la mayor eficiencia de remoción por cada valor suministrado y que a su vez demuestre sostenibilidad.

REFERENCIAS

AGUIRRE, Sonia, PIRANEQUE, Nelson y CRUZ, Rosmery. Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica* [en línea]. vol.29, n°.3, 2018. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300059>

ISSN: 0718-0764

AMRAN, Amir, MUHAMMAD, Bahrodin, NUR, Zaidi, KHALIDA Muda, AZMI Aris, NOOR Umor, MOHD Mohd y ACHMAD Syafiuddin Turbid water treatment using deshelled carica papaya seed: Analysis via factorial design. *Biointerface Research in Applied Chemistry* [en línea]. Vol.12, n°.6, 2022. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.33263/BRIAC126.77877795>

ISSN: 2069-5837

ANG, Wei y MOHAMMAD, Abdul. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. Vol.262, 2020. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121267>

ISSN: 0959-6526

ARIAS, Arnol, HERNANDEZ, José, CASTRO Andrés y SANCHEZ Nazly. Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la *M. oleífera* como coagulante natural. *Rev. Bio. Agro* [en Línea]. Vol.15, 2017. [Fecha de consulta: 13 de setiembre de 2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(EdiciónEspecial\)29-39](https://doi.org/10.18684/BSAA(EdiciónEspecial)29-39).

ISSN 1692-3561

BARBARÁN, Hellen, LÓPEZ, Jhanny y CHICO, Julio. Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*prunus persica*) y palta (*persea americana*). *Sagasteguiana* [en línea]. Vol. 5, n°.1, 2017. [Fecha de

consulta: 1 de setiembre de 2022]. Disponible en:
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/2611>

ISSN: 2309-5644

BARRETO, Sebastian, VARGAS, Diana, RUIZ, Lida y GÓMEZ, Sandra. Evaluación De Coagulantes Naturales en La Clarificación De Aguas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* [en línea]. Vol.11, n°.1, 2020. [Fecha de consulta: 5 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/21456453.3081>

ISSN: 2145-6453

BATISTA, Emilianny, FONSECA, Nadja, SILVA, Francinaldo, ALVES, José, DOS SANTOS, Magna y DOS SANTOS Everaldo. Effect of oil extraction on the composition, structure, and coagulant effect of *Moringa oleifera* seeds. *Journal of Cleaner Production* [en línea], Vol.279, n°.123902, 2021. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123902>

ISSN: 0959-6526

BELBALI, Abdelhek, BENGHALEM, Abderrezak, GOUTTAL, Khadidja y TALEB, Safia. Coagulation of turbid wastewater with an active component extracted from *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* [en línea], [Fecha de consulta: 4 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1995725>

ISSN: 0306-7319

BELLO, Adedayo, VIRTANEN, Virtanen, JUHA-PEKKA, Salminen y TIINA Leiviskä. Aminomethylation of spruce tannins and their application as coagulants for water clarification. *Sep Purif Technol* [en línea], Vol.242, 2020. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116765>

ISSN 1383-5866

BONDY Stephen. Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration,

NeuroToxicology. [en línea]. Vol. 52, 2016. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.12.002>
ISSN: 0161-813x

CAMPOS Sheyla y COLLACHAGUA Sally. Eficiencia de la *Moringa Oleífera* como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal Municipal Ninacaca – Pasco – Perú. Universidad Peruana Unión; Repositorio Institucional – UPEU. [en línea], 2019. [Fecha de consulta: 18 de mayo]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3119>

CARRASQUERO, Sedolfo, MONTIEL, Stefany, FARÍA, Emily, PARRA, Paola, MARIN, Julio y DÍAZ, Altamira. Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas. *Revista Facultad de Ciencias Basicas* [en línea], Vol.13, n°.2, 2017. [Fecha de consulta: 18 de mayo]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1941>
ISSN: 1900-4699

CASADEVALL Arturo y FANG Ferric. Rigorous Science: a How-To Guide. *mBio*. [en línea]. Vol. 7, n.º6, 2016. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/epdf/10.1128/mBio.01902-16?src=getfr>
ISSN: 2161-2129

CASO Gabriela, et al. Application of *Solanum tuberosum* (potato) starch as a natural coagulant in the water treatment of the Punrún lagoon – Perú. Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, *Education and Technology* [en línea]. Julio 2021. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.653>
ISSN: 24146390

CASTILLO Marcial y AVENDAÑO Egdardo. Efecto de las semillas de moringa (*Moringa oleífera lam.*) en las condiciones para la clarificación del agua del río Sama. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea]. Vol. 86, n.º1, enero-marzo 2020. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i1.272>

ISSN: 1810-634X

CUESTA, Diana, Extraction of Polyphenols from Unripened Coffee (*Coffea Arabica*) Residues and Use as a Natural Coagulant for Removing Turbidity, *Processes* [en línea]. Vol. 10, n°6, 2022, [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pr10061105>

ISSN= 2227-9717

DOTTO, Juliana, FAGUNDES, Márcia, TERESINHA, Márcia, MORENO, Soraya y BERGAMASCO, Rosangela. Desempeño de Diferentes Coagulantes en el Proceso de Coagulación / Floculación de Aguas Residuales Textiles. *Revista de producción más limpia* [en Línea]. Vol. 208, 2018. [Fecha de consulta: 14 de setiembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.112>

ISSN: 0959-6526

DUNOYER, Arnulfo, CUELLO, Rafael y CASTILLO, Fredy. Use of natural mucilage extracted from the stenocereus griseus (*Cardón guajiro*) plant as a coagulant in the treatment of domestic wastewater Tratamento primário de águas residuais domésticas a partir da mucilagem natural extraída da fábrica de stenocereus griseus (*Cardón guajiro*) como coagulante. *Revista Ambiente e Agua* [en Línea]. Vol. 16, n°3, 2020. [Fecha de consulta: 4 de setiembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2705>

ISSN: 1980-993X

GHIMICI Luminita. Cationic polyelectrolyte induced separation of some inorganic contaminants and their mixture (zirconium silicate, kaolin, K-feldspar, zinc oxide) as well as of the paraffin oil from water. *Journal of Environmental Management*. [en línea]. Vol.169, marzo 2016. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.007>

ISSN: 0301-4797

FERIA, Jhon y RODIÑO Johana. Tratamiento de agua cruda con extractos coagulantes naturales. Universidad Santo Tomás [en línea], 2021. [Fecha de

consulta: 2 de octubre de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.15332/dt.inv.2021.01864>

GANDIWA. B, MOYO. L, NCUBE. S, MAMVURA.T, MGUNI.L y HLABANGANA. N. 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*. [en línea], Vol. 34, 2020. [Fecha de consulta: 11 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2020.07.005>
ISSN:1026-9185

GREYDA, Kinga, GAMELAS, José, JULIEN, Arnold2, CAYRE, Olivier y RASTEIRO, María. Evaluation of Anionic and Cationic Pulp-Based Flocculants With Diverse Lignin Contents for Application in Effluent Treatment From the Textile Industry: Flocculation Monitoring. *Frontiers in Chemistry* [en línea]. Vol. 8, 2020. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00005>
ISSN: 2296-2646

GUZMAN, Luis, TARON Arnulfo y NÚÑEZ Antonio. Polvo de la semilla Cassia Fistula como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *Rev.Bio.Agro* [en línea]. Vol. 13, n.º2. 2015. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en:
[https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)123-129](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)123-129)
ISSN 1692-3561

HAMEED, Yasir, IDRIS, Azni, HUSSAIN, Siti, ABDULLAHA, Norhafizah, CHEMAN, Hasfalina y SUJAC, Fatimah. A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater as a pretreatment for biofilm process. *Journal of Cleaner Production*. [en línea]. Vol. 182, 2018. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.044>
ISSN: 0959-6526

HUSSAIN, Sajid, GHOURI, Awais y AHMAD, Ashfaq, Pine cone extract as natural coagulant for purification of turbid wáter, *Heliyon* [en línea]. Vol. 5, n.º.3, 2019. Fecha

de consulta: 12 de agosto de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01420>
ISSN: 2405-8440

JAGABA. A, KUTTY. S, LATIFF. A, AZIZ. N, UMARY. I, GHALEB.S, ABUBAKAR. S, LAVAL. I. y NASARA. M. Sustainable use of Natural and Chemical Coagulants for Contaminants Removal from Palm Oil mill Effluent: A Comparative Analysis. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea]. Vol.11, n°.4, 2020. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.01.018>.
ISSN: 2090-4479

JIANG Qian. The role of coagulation in water treatment, *Current Opinion in Chemical Engineering* [en línea]. Vol.8, 2015. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coche.2015.01.008>
ISSN: 2211-3398

LINARES, Claudia, QUIÑONES, Janet, PÉREZ, Aurora, CARVAJAL, Carol, RIVAS, Maribel, CID, Geeisy, PÉREZ, Lianny, GONZÁLEZ, Susett y CAPDESUÑER, Yanelis. Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleífera Lam* mediante el uso de diferentes métodos de extracción. *Biotecnología Vegetal* [en línea]. Vol. 18, n.º1, 2022. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=132912660&lang=es&site=ehost-live>.
ISSN: 1609-1841

LOPES, Gustavo, CARRARO, Alisson y FONSECA, Cristina. Rendimiento de coagulantes naturales obtenidos a partir de residuos agroindustriales en el tratamiento de aguas residuales lácteas mediante flotación por aire disuelto. *Revista de ingeniería de procesos de agua* [en línea]. Vol.37, 2020. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101453>
ISSN 2214-7144

MANIKANDAN. P, RAJKUMAR, K, INDHIRADEVI, P, DHIVYA, S y ARAVINDRAJ. R. Surface Water Pollution Study for Chinnandipalayam Lake, Tirupur and Remedial Measure by Wastewater Treatment. *Materials Science and Engineering; Bristol* [en línea]. n°.1, 2021. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1145/1/012014>

ISSN: 1757-8981

MARÍN Darío y ARRIOJAS Josefina. Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (*Cocos nucifera*) a nivel de laboratorio. *Revista ION* [en línea]. Vol. 33, n.º2, 2020. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020008>

ISSN: 0120-100X

MARTÍNEZ, Ute, MARQUINA, Carlos, CARRASQUERO, Sedolfo, MARTÍNEZ, Moisés, RODRÍGUEZ, Carlos y MORRIS, Anne. El Extracto de Semillas de Mango (*Mangifera indica L*) como Coagulante Natural en la Potabilización de Aguas. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology* [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.227>

ISSN: 2414-6390

MEJÍA. P., et al. Evaluación de la *Moringa Oleífera* en el tratamiento de aguas con alta turbidez y carga orgánica. *Ingeniería del Agua*, [en línea]. Vol.12, n.º2, 2020. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/ia.2020.12274>

ISSN: 1134-2196

MEZA, María, RIAÑOS, Katerine Y MERCADO, Iván. Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleífera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Atlántico. *Revista Uis Ingenierías* [en línea]. Vol.33, 2020. [Fecha de consulta: 27 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.029>

ISSN: 2214-7853

MIRJANA, Antov, SCIBAN, Marina, PRODANOVIC, Jelena, KUKIC, Dragana, VASIC, Vesna, DORVENIC, Tatjana y MILOSEVIC, Maja. Common oak (*Quercus robur*) acorn as a source of natural coagulants for water turbidity removal. *Industrial Crops and Products* [en línea]. Vol.117, 2018. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.022>

ISSN: 0926-6690

MOREIRA, Jacquelin y MOREIRA, Carlos. Aplicación de coagulantes naturales obtenidos de las semillas de habas (*Vicia faba*) y durazno (*Prunus persica*) en la potabilización del agua. *Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* [en línea]. Vol.9, n°.1, 2022. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en: https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/2618

ISSN: 2313-7819

MORENO, Arintzy, ÁLVAREZ, Gustavo, OROZCO, María y REYES, María. Tratamiento primario de aguas almacenadas en estanques rústicos mediante la aplicación de coagulantes químicos y biológicos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* [en línea], Vol.8, n°.2, 2021. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2734>

ISSN: 2007-9028

MURALI, Akshay, HILLSTEAD Kyle, WROBEL, Brendan, THOMAS, Daniel, GONETY Romuald y TARABARA, Volodymyr. *Moringa oleifera*-derived coagulants for water treatment: Floc structure, residual organics, and performance trade-offs. *Environmental science and pollution research international* [en línea]. Vol. 29, n.°16. febrero de 2022. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19071-8>

ONEN, V., BEYAZYUZ, P. y YEL, E. Removal of Turbidity from Travertine Processing Wastewaters by Coagulants, Flocculants and Natural Materials. *Mine*

Water & the Environment [en línea]. Vol.37, n°.3, 2018. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6976/1/3131769-2018-II-GC.pdf>

DOI: 10.1007/s10230-017-0499-4.

ORTEGA, Angie, CÁCERES, Luis y CASTIBLANCO, Laura. INTRODUCCIÓN AL USO DE COAGULANTES NATURALES EN LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. *Revista Ambiental Agua, Aire Y Suelo*. [en línea]. Vol.11, n°.2, 2020. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2020.4444>

ISSN: 1900-9178

PADILLA, Kevin, PIMIENTA Gisella y MERCADO Iván. Evaluación de la mezcla de un coagulante químico-natural en el proceso de clarificación de una ciénaga. *Revista UIS Ingenierías* [en línea]. Vol. 19, n°.3, 2020. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias

PARDO, Sebastián, VARGAS, Diana, RUIZ, Lida y GOMEZ, Sandra. Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental* [en línea]. Vol. 11, n°.1, 2020. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/21456453.3081>

ISSN: 2145-6453

PEREIRA, Franciele, SERRÃO, Vania, BERGAMASCO, Rosángela, RIBAU, Margarida. The use of *Moringa oleífera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. Vol.313, 2017. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>

ISSN: 1385-8947

PRABHAKARAN. G., MANIKANDAN. M. y BOOPATHI, M. Treatment of textile effluents by using natural coagulants. *Materials Today: Proceedings* [en línea].

Vol.33, Part 7, 2020. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.029>

ISSN: 2214-7853

QUINTERO, Javier, MURILLO, Walter y CERON, Ivonne. Use of thermal mater as a natural coagulant for domestic wastewater sustainable treatment. *Fac.Rev. Eng.* [en línea]. Vol. 26, n.º44, 2017. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01211129.v26.n44.2017.5770>

ISSN: 0121-1129

RAMÍREZ, Arcila y JARAMILLO, Jhoan. Agentes Naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Hildebrando Revista Facultad de ciencias básicas.* [en línea]. Vol.11, n.º.2, 2015. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1303>

ISSN 1900-4699.

RIANOS, Katerine, MEZA, Maria y MERCADO, Iván. Clarificación del agua de un humedal usando una mezcla de coagulantes naturales. *Dyna rev.fac.nac.minas* [en línea]. Vol. 86, n.º209, Setiembre 2019. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.73687>.

ISSN: 0012-7353

RIBEIRO Joao, ANDRADE Priscila, DOS REIS Adriano, *Moringa oleífera* seed as a natural coagulant to treat low-turbidity water by in-line filtration. *Revista Ambiente e Água* [en línea]. Vol. 14, n.º6, 2019. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2442>

ISSN: 1980-993X

RONDÓN, Maylin, DIAZ, Yosvany, RODRIGUEZ, Susana, GUERRA, Beatriz, FERNANDEZ, Elina, TABIO, Peligro. Empleo de semillas de *Moringa oleífera* en el tratamiento de residuales líquidos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental.* [en línea]. Vol. 38, n.º2, 2017. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=d1ce1fd0-97a0->

4681-83a9-a89083072dad%40redis

ISSN: 1680-0338

SALEEM, Mussarat Y BACHMANN, Robert. A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [en línea]. Vol.72, 2019. [Fecha de consulta: 18 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.12.029>

ISSN: 1226-086X

SANTOS, Joicy y VIEIRA, Maslândia, Use of mandacaru (*Cereus jamacaru*) as a natural coagulant for water treatment; *Periodico Tche Quimica* [en línea] Vol. 16, nº31, 2019. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.52571/PTQ.v16.n31.2019.33>

ISSN: 1806-0374

SARITHA. V, SRINIVAS. N y SRIKANTH. N. Analysis and optimization of coagulation and flocculation process. *Applied Water Science* [en línea]. Vol.7. marzo 2017. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0262-y>

DOI 10.1007/s13201-014-0262-y

SERVANDO, León, CERVANTES, Carlos, PÉREZ, Diana y GARCÍA, Iván. Coagulantes vegetales como alternativa para el tratamiento de aguas residuales en México. *Journal of Negative and No Positive Results* [en línea] Vol.2, nº12, 2017. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.jonnpr.com/PDF/1650.pdf>

DOI: 10.19230/jonnpr.1650

TARON, Arnulfo, GUZMAN, Luis y BARROS Israel. Evaluación de la fístula de *Cassia* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *Orinoquía* [en línea]. 2017, vol.21, nº.1. [Fecha de consulta: 24 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/20112629.396>

ISSN: 0121-3709.

TIRADO. E., PORTUGAL. M., APAZA ATENCIO, J., y TIRADO REBAZA, (2022). Optimización de dos coagulantes naturales coadyuvados por hidróxido de sodio para la potabilización de aguas del río Caplina. *Revista Veritas Et Scientia - Upt*, [en línea]. Vol.11, n°.1, 2022. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.47796/ves.v11i1.600>

VARA, Saritha, MANOJ, Kumar y BHAVYA, Kavitha, “Exploring natural coagulants as impending alternatives towards sustainable water clarification” – A comparative studies of natural coagulants with alum, *Journal of Water Process Engineering*. [en línea] Vol.32, 2019. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100982>.

ISSN 2214-7144

VEGA, Priscila, FERREIRA, Carolina, CARVALHO, Maria, KOGA, Cristiane y Gonçalves, Adriano. Use of *Moringa oleífera* seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation, *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. Vol.40, 2021. [Fecha de consulta: 18 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101859>

ISSN 2214-7144

VILLALOBOS Martin. Síntesis de polielectrolitos mediante modificación química de polímeros naturales y sintéticos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [en línea], 2019. [Fecha de consulta: 18 de mayo]. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2330>

VILLASEÑOR, Déborah. Wastewater treatment using *Moringa oleífera* Lam seeds: A review, *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. Vol. 23, 2018. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.03.017>

ISSN: 2214-7144

VIVAS Holanda, CALDERÓN, José, Mendoza, Laura y Cedeño, José. Remoción de contaminantes en aguas residuales mediante el polielectrolito catiónico extraído de las semillas de *Moringa oleífera*. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea]. Vol. 43, n.º2, 2022. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://eds.s.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=c3619b78-e9c1-4542-a9c1-c30912152f3b%40redis>

ISSN: 1680-0338

VUNAIN Ephraim, MASOAMPHAMBE, Effita, MIKE, Gabriel y MONJEREZI, José. Evaluation of coagulating efficiency and water borne pathogens reduction capacity of *Moringa oleífera* seed powder for treatment of domestic wastewater from Zomba, Malawi. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. Vol. 7, n.º3. 2019. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103118>

ISSN: 2213-3437

YIMER, Anwar y DAME, Bayisa. Papaya seed extract as coagulant for potable water treatment in the case of Tulte River for the community of Yekuset district, Ethiopia. *Environmental Challenges* [en línea]. Vol. 4, 2021. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100198>.

ISSN:2667-0100

ANEXOS

Tabla 5. Matriz apriorística

PROBLEMAS	OBJETIVOS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS
¿Cuál es la eficacia de los coagulantes naturales en las aguas residuales domésticas?	Describir la eficiencia de los coagulantes naturales en la remoción de contaminantes de aguas residuales domésticas.	Eficacia de los coagulantes naturales	Eficaz No eficaz
¿Cuál es el poder de remoción de los coagulantes naturales frente al sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas residuales domésticas?	Explicar el poder de remoción de los coagulantes naturales frente al sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas residuales domésticas.	Remoción de contaminantes	Turbidez Sólidos suspendidos Materia orgánica
¿Qué coagulante natural es el mejor en remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales domésticas?	Identificar el mejor coagulante natural en remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.	Coagulante	Vegetal Animal Microorganismo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. *Instrumento de recolección de datos*

N°	AUTOR(ES)	AÑO	TÍTULO	IDIOMA	BASE DE DATOS	BIBLIOGRAFÍA

Fuente: Elaboración Propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SILVA CHUQUIPOMA DIEGO HONORATO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Revisión Sistemática de la eficacia de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales domésticas", cuyo autor es ALCANTARA LLOVERA ALEIDA CRISTHEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, 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.

TRUJILLO, 05 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SILVA CHUQUIPOMA DIEGO HONORATO DNI: 47196626 ORCID: 0000-0001-9561-087X	Firmado electrónicamente por: DSILVA el 17-12- 2022 20:30:07

Código documento Trilce: TRI - 0472656