



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Coagulantes naturales como alternativa en la remoción de la
turbiedad para el tratamiento de aguas superficiales**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Chuquicajas Mori, Jorge Valentin (ORCID: 0000-0001-7066-2673)

Julca Tenorio, Ada Nathalie (ORCID: 0000-0002-6025-1560)

ASESOR:

Mg. Sc. Pillpa Aliaga, Freddy (ORCID: 0000-0002-8312-6973)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

En primer lugar, dedicamos este trabajo de investigación a Dios, porque todos nuestros logros son gracias a él.

A nuestras familias, que en cada momento de nuestras vidas están presentes para alentarnos y brindarnos una mano cada vez que es necesario.

De la misma forma a todos nuestros amigos, aquellos que siempre tuvieron palabras positivas, algún consejo o apoyo y han hecho posible el desarrollo de esta tesis.

Chuquicajas Mori, Jorge Valentin

Julca Tenorio, Ada Nathalie

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por darnos vida y salud para poder alcanzar nuestras metas.

Nuestra profunda gratitud y agradecimiento a la Universidad César Vallejo, por los conocimientos brindados para poder elaborar de manera adecuada el presente trabajo de investigación.

Agradecemos profundamente a nuestras familias por su apoyo incondicional en todo momento.

Chuquicajas Morí, Jorge Valentín

Julca Tenorio, Ada Nathalie

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas..... | v |
| Índice de gráficos..... | vi |
| Resumen..... | vii |
| Abstract..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 13 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación | 13 |
| 3.2 Escenario de estudio..... | 13 |
| 3.3 Participantes | 13 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 14 |
| 3.5 Procedimientos | 14 |
| 3.5.1 Proceso de búsqueda | 15 |
| 3.5.2 Selección de artículos de investigación | 16 |
| 3.6 Rigor científico | 16 |
| 3.7 Método de análisis de información | 17 |
| 3.8 Aspectos éticos | 17 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 18 |
| V. CONCLUSIONES | 24 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 25 |
| REFERENCIAS..... | 26 |
| ANEXOS | 33 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Tabla de análisis de resultados..... | 14 |
| Tabla 2. Criterios de inclusión..... | 16 |
| Tabla 3. Artículos obtenidos en total..... | 16 |
| Tabla 4. Selección de artículos..... | 16 |
| Tabla 5. LMP de parámetros de calidad organoléptica..... | 20 |

Índice de gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Tabla de procedimiento de análisis de resultados | 15 |
| Gráfico 2. Artículos analizados categorizados por especies | 18 |
| Gráfico 3. Eficiencia de remoción | 18 |
| Gráfico 4. Eficiencia de remoción de la asociación de coagulantes | 18 |
| Gráfico 5. Eficiencia remoción de turbiedad con respecto al solvente..... | 19 |
| Gráfico 6. Eficiencia de remoción con respecto al tiempo de coagulación/floculación (C/F) | 19 |
| Gráfico 7. Eficiencia de remoción con respecto al tiempo de sedimentación ... | 19 |
| Gráfico 8. Comparación de los resultados con los LMP | 20 |
| Gráfico 9. Eficiencia de remoción vs. pH inicial | 20 |

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como principal objetivo determinar cuál es la eficiencia de los coagulantes naturales en la remoción de turbiedad, a través de una revisión sistemática a partir de artículos publicados en revistas indexadas de las bases de datos como Scopus, Science Direct, Scielo, Proquest, Dialnet y Doaj, de los cuales se revisaron 142 artículos. Se obtuvieron resultados de eficiencia de remoción los coagulantes naturales con y sin asociación de otros coagulantes. Llegando a concluir que los coagulantes naturales tienen mayor eficiencia de remoción cuando el agua se encuentra a altos niveles de turbiedad, que la *Moringa* y la *Opuntia ficus* fueron las especies más utilizadas, que también se puede aplicar en asociación con sulfato de aluminio, policloruro de aluminio. Se recomienda ampliar el conocimiento sobre la utilización de los coagulantes naturales en al ámbito nacional, explorar las actividades coagulantes de nuevas especies nativas.

Palabras Clave: Tratamiento de agua, coagulantes naturales, agua superficial, turbiedad

ABSTRACT

The main objective of this research work was to determine what is the efficiency of natural coagulants in removing turbidity, through a systematic review from articles published in indexed journals of databases such as Scopus, Science Direct, Scielo, Proquest, Dialnet and Doaj, of which 142 articles were reviewed. Results of removal efficiency of natural coagulants with and without association of other coagulants were obtained. concluding that natural coagulants have higher removal efficiency when the water is at high levels of turbidity, that Moringa and Opuntia ficus were the most used species, which can also be applied in association with aluminum sulfate, polychloride aluminum. It is recommended to expand the knowledge on the use of natural coagulants at the national level, explore the coagulant activities of new native species.

Keywords: Water treatment, natural coagulants, surface water, turbidity

I. INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1980, debido al crecimiento demográfico, el consumo del recurso hídrico se ha ido incrementando en 1% cada año, se espera que esta cifra se mantenga constante hasta el 2050, así mismo aproximadamente el 30% de la población mundial no tienen acceso a este recurso de manera segura para su consumo. (UNESCO, 2019 pág. 14)

A pesar de que el Perú cuenta con el 1.89% de la disponibilidad de agua dulce del mundo, por la geografía que presenta no se distribuye de forma equitativa con respecto a la población (Autoridad Nacional del Agua, 2020). Según el INEI (2020) el 5.2% de la población urbana y 27.3% de la población rural no cuenta con acceso al agua para consumo humano. Las personas se enfrentan a problemas de contaminación de agua ya que se abastecen de ríos, arroyos y otras fuentes de agua sin un tratamiento previo que garantice las condiciones óptimas para su consumo. (Tarqui, y otros, 2016 pág. 905)

Es de vital importancia, garantizar que el agua que es consumida por la población sea de calidad ya que puede impactar significativamente en la salud de las personas, causando enfermedades infecciosas como la diarrea, malaria, dengue, etc. Según Cabezas, (2018); Abhilasha, y otros, (2020) y Douterelo, y otros, (2020). La calidad de agua que consume una persona influye en su salud, pudiendo lograr prevenir o transmitir enfermedades. (Redondo, y otros, 2016 pág. 14).

Para que se pueda decir que el agua es potable, debió haber pasado por un tratamiento que garantice su calidad (García, y otros, 2016 pág. 20). Parte esencial de garantizar la calidad del agua es el proceso de clarificación, el cual se basa en disminuir la turbiedad del agua, (Maroušek, y otros, 2019 pág. 460).

A simple vista, se puede notar que el agua está turbia, esto se debe a la concentración de sólidos en suspensión que contiene el agua a analizar, sin embargo, no sucede lo mismo con la contaminación biológica (Stevenson, y otros, 2019 pág. 72). Un líquido con alta turbiedad, no indica la concentración de contaminantes, pero sí, una aglomeración de distintos contaminantes llega a generar distintos niveles de turbiedad. (Miljojkovic, y otros, 2019 pág. 1).

Evaluar la turbiedad resulta beneficioso debido a su facilidad de evaluación, bajo costo y confiabilidad, además que nos brinda información precisa sobre el agua (World Health Organization, 2017 pág. 1).

En la actualidad debido a la superioridad y disponibilidad en el mercado de los coagulantes convencionales como el sulfato de aluminio de frente a los coagulantes de origen natural, su uso se ha diseminado globalmente en el tratamiento de agua (Sook, y otros, 2014 pág. 2179). Sin embargo, su uso acarrea otros problemas como la producción de lodos los cuales no son biodegradables (Hussain, y otros, 2019 pág. 2). Parte del problema reside en qué, el aluminio residual del agua tratada con alumbre, ha sido vinculado a problemas de salud (Sook, y otros, 2014 pág. 2179). Estudios de investigación epidemiológica realizadas por: Bondy, y otros, (2017) y Exley, (2016) demuestran que niveles altos de sulfato de aluminio causada por una exposición prolongada por medio del agua, promueven la aparición y desarrollo de enfermedades neurodegenerativas y cancerígenas.

En consecuencia, los requisitos en cuanto a la calidad, factibilidad y economía son cada vez más rigurosos con respecto al uso de coagulantes convencionales (Saleem, y otros, 2018 pág. 3), como respuesta a estos problemas se han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento de agua (Ang, y otros, 2020 pág. 2). Estudios como los de Chin, y otros, (2019) y Fuentes, y otros, (2016), han demostrado resultados óptimos al emplear coagulantes de origen natural en el tratamiento de agua superficial para su potabilización. De manera que el uso de coagulantes de origen natural podría ser factible, debido a su biodegradabilidad, la baja toxicidad (Fatombi, y otros, 2013 pág. 35), además de que generan menos lodos contaminados químicamente que los coagulantes sintéticos (Chua, y otros, 2019 pág. 17).

Existen diferentes métodos para el tratamiento de agua, entre ellos el proceso de coagulación y floculación (CF) el cual es simple, de bajo costo y fiable (Nurudeen, 2015 pág. 175) y se puede lograr empleando coagulantes naturales (Sook, y otros, 2014 pág. 2180)

Es por ello que este estudio se realiza con el propósito de complementar y/o aportar al conocimiento ya establecido en estudios científicos, con el objetivo dar a conocer la capacidad de coagulación/floculación de las especies naturales en el tratamiento

de agua, a su vez ayudar a mejorar las diversas problemáticas debido no sólo a causa de la disponibilidad del agua, sino a los que provienen del tratamiento convencional de este recurso.

En concordancia con la realidad problemática expuesta el problema general de esta investigación es: ¿Cuál es la eficiencia de los coagulantes naturales en la remoción de turbiedad?, y se determinaron los siguientes problemas específicos: PE1 ¿A qué nivel de turbiedad inicial se logra una mayor eficiencia en la remoción de turbiedad por parte de los coagulantes naturales?; PE2 ¿Qué especies biológicas son más utilizadas como coagulantes en la remoción de turbiedad?; PE3 ¿Cuáles son las nuevas formas de aplicación de los coagulantes naturales en la remoción de turbiedad?; a partir de estos problemas, se desprende los objetivos, teniendo como objetivo general Determinar cuál es la eficiencia de los coagulantes naturales en la remoción de turbiedad, y como objetivos específicos: OE1 Determinar a qué turbiedad inicial los coagulantes naturales logran una mayor eficiencia de remoción; OE2 Determinar cuáles son las especies biológicas más utilizadas como coagulante en la remoción de turbiedad, OE3: Determinar cuáles son las nuevas formas de aplicación de los coagulantes naturales.

II. MARCO TEÓRICO

Saleem, y otros, (2018) en su estudio proporcionaron información del uso de los coagulantes de origen vegetal, a través de la revisión de investigaciones. Concluyendo que la mayoría de los ingredientes activos se encuentran en las plantas pertenecientes a *fabáceas* y *moringa oleífera*, con una reducción del 93.3% y 95.6% respectivamente demostrado la capacidad de sustituir al sulfato de aluminio.

Sook, y otros, (2016) en su investigación analizaron almidones de diferentes orígenes, como resultado el almidón de *Oryza satíva*, esterilizado en auto clave con una cadena de polímero supero a otros almidones de *Zea mays* y *Triticum* , con un 50% en la remoción de turbidez con una dosis optima de 120mg/L.

Taiwo, y otros, (2020) en su estudio investigaron las actividades de coagulación de una proteína purificada de semillas de Moringa Oleifera en el tratamiento de agua turbia sintetica, mediante el uso de la pruebas de jarras, obteniendo como resultado una reducción de la turbidez de 42.9%, con una dosis optima del 60mg/, recomendaron realizar investigaciones para comprender los mecanismos de acción de las proteínas de este biocoagulante.

Gandiwa, y otros, (2020) en su estudio estudio investigaron la optimización de la mezcla de coagulantes naturales *Moringa Oleifera* y *Cactus Opuntia Indica* con el sulfato de aluminio; mediante la prueba de jarras tomando como muestra agua de río, obtubieron como resultado una reducción de 29 NTU a 2.74 NTU, mientras que los lodos generados representa un 87% de peso organico por lo que beneficia su biodegradación.

Nystrom, y otros, (2020) en su estudio evaluó la factibilidad el tratamiento de coagulación / floculación usando coagulantes naturales y sintéticos, en aguas pluviales, a una turbiedad inicial de 650 NTU para el *sulfato de aluminio* y 1200 NTU para el *quitosano*, como resultado se obtuvo una turbiedad residual de 21 y 70 NTU, con una dosis óptima del 5mg/L y 2mg/L para el *sulfato de aluminio* y *quitosano* respectivamente, a pesar de ser menos eficientes el *quitosano* como coagulante naturales obtuvo resultados favorables en el tratamiento de coagulación / floculación.

Asharuddin, y otros, (2019) en su investigación examinaron el efecto sinérgico del almidón de la cáscara de yuca junto al alumbre, en la eliminación del Total de sólidos en suspensión y *Escherichia Coli* en agua de represa, se logró una eliminación de total de sólidos en suspensión y *Escherichia Coli* de 92.75% y 100% respectivamente con una dosis recomendada de 7.5 mg/L para el almidón de yuca y 50mg/L para el alumbre, debido a su doble funcionalidad se espera reducir la dosis de coagulantes y desinfectantes en el tratamiento de agua.

Vara, y otros, (2019) en su estudio evaluaron la eficiencia de coagulantes naturales y sintéticos, *Maranta arundinacea*, alumbre y quitina, para eliminar contaminantes del agua superficial, obteniendo como resultado una remoción de turbidez con 78.72% por alumbre; 69.15 por *Maranta arundinacea* a pH 7 con una dosis de coagulante 0.1 g/L y 0.3 g/L respectivamente y 67.73 por quitina a pH 6 con dosis óptima de 0.3 g/L.

Yamaguchi, y otros, (2020) Mediante su estudio realizaron un análisis exhaustivo del uso de la semilla de *Moringa Oleifera* en el tratamiento de agua por medio de la literatura disponible en artículos científicos, de su estudio concluyeron que su uso es más viable como coadyuvante de floculación, ya que es posible reducir la concentración de coagulantes químicos obteniéndose resultados favorables de remoción.

Wei, y otros, (2020) por medio de su investigación, a través de un estado de arte, realizaron un análisis del uso de los coagulantes naturales en el tratamiento de agua, de los cuales concluyeron que los coagulantes naturales tienen la capacidad de eliminar partículas coloidales y sólidos en suspensión, además enfatizan que se debe aplicar nuevas tecnologías de tratamiento en el proceso de tratamiento integrado/híbrido; la posibilidad de hibridar los coagulantes naturales con otros tipos de coagulantes; mejorar los métodos de extracción y purificación con la finalidad de mejorar los resultados obtenidos e impulsar su empleabilidad en la industria.

Elmolla, y otros, (2020) en su estudio, tuvieron por objetivo la optimización del proceso utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR), para la coagulación de aguas superficiales mediante el extracto de semillas de: albaricoque (ESA), durazno (ESD) y mango (ESM), a una turbidez inicial de 27.5 NTU, en las condiciones óptimas para cada uno, la turbidez residual fue; 9.13, 10.3, 5.81 NTU para ESA, ESD y ESM respectivamente; de los resultados, se concluyó que el tratamiento con ESM, podría optimizarse junto con el *sulfato de aluminio*.

Souza, y otros, (2019) en su investigación, evaluaron el rendimiento del Filtro de Arena Domestico Lento (FADL) en flujos continuos con *Opuntia cochenillifera* en el tratamiento de agua, usaron como muestra agua subterránea modificada con caolinita, como resultado del tratamiento con el coagulante natural se obtuvo una reducción de turbidez de 111 NTU A 7.83 NTU, con una dosis óptima de 30 mg/L, lo que permite un óptimo funcionamiento de los FADL.

Elsayed, y otros, (2020) En su trabajo de investigación, evaluaron el rendimiento de coagulación de diferentes extractos de coagulación de diferentes extractos de semillas (frijol, frijol lima, lenteja y fenogreco) utilizando agua turbia sintética, extrajeron los agentes activos de las semillas utilizando diferentes tipos de solventes, los resultados obtenidos fueron comparados los resultados del alumbre, el mejor resultado se obtuvo del fenogreco con un porcentaje de remoción de 98% frente a un 85% del alumbre, por lo tanto el uso de fenogreco como coagulante natural es una alternativa prometedora y sostenible.

Choque, y otros, (2020) En su investigación, tuvo por objetivo optimizar la capacidad floculante de tres variedades de cactus, en el tratamiento de agua residual artificial, se aplicó una dosis de coagulante al 1%, 2% y 3% de *Echinopsis pachanoi*, *Neoraimondia arequipenses* y *Opuntia ficus* respectivamente, se reportaron valores de remoción de turbiedad de 99.09%, 92.42% y 98.98% para *Echinopsis pachanoi*, *Neoraimondia arequipenses* y *Opuntia ficus* respectivamente.

Pereira, y otros, (2016) en su investigación evaluaron el impacto de las semillas de *Moringa oleifera* (MO) integral y semillas de MO con una cantidad reducida de aceite, como coagulante en el tratamiento de agua, en su estudio usaron agua con turbidez alta y baja, los resultados muestran que la extracción de aceite no es necesario cuando se usan las semillas de Moringa oleifera en procesos de coagulación/floculación/sedimentación obteniendo en la remoción de turbiedad hasta un 85% para aguas de alta turbidez con una dosis óptima de 50mg/L de polvo integral de semillas de MO.

Okoro, y otros, (2020) En su investigación, aplicaron 3 productos de coagulación vegetal (PCV), extracto de hexano, extracto salino y extracto crudo de semillas de kenaf (*Hibiscus cannabinus*) en aguas de alta, media y baja turbidez para determinar su rendimiento y capacidad de coagulación el cual fue >90% de

remoción de turbidez para el extracto hexano y extracto salino registrada en aguas de alta y media turbiedad a pH 7.

Ndahi, y otros, (2016) En su investigación evaluaron el desempeño de la remoción de turbidez en el agua sintética a 55 NTU utilizando okra (semillas, tallos, vaina y hojas), el agente activo se utilizando agua destilada y NaCl, del cual el mejor resultado de las semillas con un 64.5% de remoción de turbidez, sin embargo no es económicamente factible para ser utilizada como coagulante por lo que se puede reemplazar con la hoja debido a su similitud en la coagulación.

Othmani, y otros, (2020) en su investigación, estudiaron la efectividad de los coagulantes naturales en el tratamiento de agua a través de una revisión, el cual revelo la eficacia de cuatro productos naturales seleccionados (semillas de moringa, cladodios de cactus, vainas de quimbombó y semillas de mango), de los cuales la semilla de mango fue quién presento mejores resultados con un 98% de remoción de la turbidez por que se concluye que es ideal para la clarificación de agua dulce.

Alenazi, y otros, (2020) en su trabajo de investigación desarrollaron y analizaron la eficacia de coagulantes ecológicos derivados de la semilla de *Strychnos potatorum*, aplicado en agua turbia, de los cuales se obtuvo como resultado un 93% de la eliminación de la turbidez a pH neutro, sin embrago en ambientes ácidos o básicos no son eficientes.

Dollah, y otros, (2020) en su investigación "*Citrus aurantifolia* y *citrus microcarpa* residuos de cáscara de frutas como coagulantes naturales ecológicos" se centró en una combinación de *citrus aurantifolia* y *citrus microcarpa* como coagulantes para la eliminación de la turbidez, mediante la prueba de jarras en agua turbia con una combinación óptima de 80:20 se logró un 77.6% de remoción de turbiedad, demostrándose el potencial de la combinación de ambos coagulantes.

Lugo, y otros, (2020) en su investigación "Efectividad de la mezcla de almidón de nopal y yuca como sustancias clarificantes en la potabilización de agua: un estudio de caso Colombia" tuvieron por objetivo evaluar la eficiencia de la mezcla de mucílago de nopal y almidón de yuca para eliminar la turbidez en la potabilización, mediante la prueba de frascos se evaluaron dos muestras con turbidez de 316 y 80 NTU, como resultado se obtuvo que la remoción de la turbidez del nopal como único

coagulante fue del 60.4%, mientras que la combinación nopal-almidón de yuca fue 67%, lo que indica que con la mezcla se obtienen mejores resultados de remoción.

Kuera, y otros, (2020) en su estudio “Semillas de *Moringa oleífera* y quitosano como alternativas a los agentes de coagulación convencionales” compararon la eficiencia para reducir la turbidez en el agua cruda el alumbre, el quitosano y *Moringa oleífera*, el cual se llevó a cabo mediante una prueba de jarras, obteniendo como resultado un 94.84%, 82.04% y 80.66% para el alumbre, *Moringa Oleífera* y quitosano respectivamente, aunque el alumbre fue más eficaz la dosis óptima de quitosano fue más baja que los otros dos agentes.

Lawal, y otros, (2019) en su estudio, compararon los “Efectos de la semilla de yute sin aceite y los extractos de semilla de algodón como coagulantes poliméricos naturales para el tratamiento de aguas superficiales” con una turbidez inicial de 54.96 NTU, el análisis de las muestras tratadas arrojó valores de 55.5% y 64.56% de reducción de turbidez con dosis óptima de 30ml y 20ml para la semilla de algodón y semillas de yute respectivamente, concluyendo que ambos coagulantes pueden ser alternativos en el tratamiento de agua si se aplican en condiciones óptimas.

Devesa, y otros, (2020) En su investigación “Análisis de biomateriales como coagulantes verdes para controlar sólidos en suspensión para el tratamiento de aguas superficiales” exploraron el uso de tierras de diatomeas, lactato de calcio y ácido láctico como coagulantes/floculantes naturales, para reducir las partículas en suspensión del agua, para lo cual se utilizó la prueba de jarras, los resultados evidenciaron que el ácido láctico elimina hasta el 83% de la turbidez, representando una alternativa ecológica en el tratamiento de agua ya que se puede obtener a partir de los residuos lignocelulósicos.

Kuera, y otros, (2020) en su trabajo de investigación “Polímeros naturales como alternativas a los agentes de coagulación convencionales: investigación a escala de laboratorio con semillas de *Moringa oleífera* y quitosano” estudiaron coagulantes derivados de *Moringa oleífera* y quitosano en el tratamiento de agua cruda, para identificar su eficiencia en la eliminación de la turbidez, mediante la prueba de frascos se muestran una reducción del 80-82% de la turbidez, a su vez

recomiendan utilizar estos coagulantes en combinación con reactivos convencionales para mejorar su eficiencia.

Hussain, y otros, (2020) en su estudio “Evaluación comparativa de *Glycine max L.* (soya) y alumbre para el tratamiento de aguas turbias” evaluaron el polvo de semillas de soja cruda y desengrasada, como coagulante ecológico, se evaluó para el tratamiento de agua y se comparó con el alumbre, se usó agua turbia sintética con una turbidez inicial de 200 NTU, como resultado la soja cruda y desengrasada tuvieron una turbidez residual de 4 y 3 NTU en condiciones óptimas estos resultados eran comparables con el alumbre, sin embargo el tratamiento con soja es más económico en comparación con el alumbre.

Nascimento, y otros, (2019) en su estudio, realizaron experimentos con un coagulante natural *Moringa oleifera*, realizaron un análisis comparativo de la reducción de la turbidez con muestras recolectadas, la eficiencia máxima que se obtuvo fue del 95.3% de remoción de turbiedad, demostrando la eficiencia de los agentes naturales como coagulantes/floculantes.

Dollah, y otros, (2019) en su estudio tuvo como propósito determinar la eficiencia de los residuos de cáscara de cítricos, *citrus aurantifolia* y *citrus microcarpa* para actuar como coagulante natural en la eliminación de turbidez del agua, su rendimiento se evaluó utilizando la prueba de jarras en agua turbia sintética, los resultados indicaron que la eliminación de turbidez para *citrus microcarpa* y *citrus aurantifolia* fue del 75.6% y 74% respectivamente demostrando potencial en el tratamiento de agua.

Lugo, y otros, (2019) en su investigación realizaron una evaluación de procesos de agua no convencionales para depurar agua, a una turbidez inicial de 633 y 662 NTU, usaron *Moringa oleifera* y *Cassia fistula* de los cuales se tuvo como resultado una reducción de la turbidez de un 96% y 69% a una dosis óptima de 150mg/L y 25mg/L para *Moringa Oleifera* y *Cassia fistula*, respectivamente, a pesar de los resultados, el agua no cumple con los límites recomendados para el agua potable, por lo que recomiendan realizar estudios adicionales para aplicar las técnicas evaluadas.

Daverey, y otros, (2018) en su estudio, probaron extractos de plátano y semillas de frijol indio para eliminar la turbidez en una muestra de agua turbia sintética con una

turbiedad de 62 NTU, para ello utilizaron la prueba de jarras a una dosis de 0.2 a 1.0 mL/L, los mejores resultados se obtuvieron de las cáscaras de *Musa paradisiaca* y semillas de *Dolichos lablab* con una remoción máxima del 98.14% y 98.84% respectivamente a un pH 11.

Feria, y otros, (2016) en su investigación, evaluaron cinco especies naturales en solución salina: tallos de cactus, exudado gomoso de campano, corteza de guácimo y corteza y semillas de *Moringa oleifera* en muestras de agua de río, con ensayos de jarras se determinó la eficiencia de la eliminación de turbidez, el cual resultado el obtenido a partir de las semillas de *Moringa oleifera* con un 98% de remoción de la turbiedad a una dosis óptima de 20mg/L y 30mg/L.

Riaños, y otros, (2019) en su estudio evaluaron el poder coagulante de cinco mezclas de almidón de yuca y semillas de *Moringa oleifera* para clarificar el agua de humedal, el proceso se realizó mediante el test de jarras a una turbiedad inicial de 320 NTU y pH 7.2, se obtuvo como resultado una remoción de turbiedad hasta en 93.4% a una dosis óptima de 60mg/L en una proporción de 50:50, se concluyó que los coagulantes naturales son más eficientes cuando la turbiedad es alta, además que la cáscara de yuca no representa Ningún costo ya que es un residuo.

Buenaño, y otros, (2019) en su trabajo de investigación evaluaron las características coagulantes/floculantes de tres polímeros naturales: almidón de cáscara de plátano, pectina de cáscara de naranja y extracto de semillas de tamarindo, para la purificación de agua natural cruda de 5.32 NTU, los resultados muestran que estos coagulantes tienen nula eficiencia en aguas de baja turbidez, sin embargo en combinación con el alumbre mostraron propiedades de floculación.

Olivero, y otros, (2017) en su investigación compararon el desempeño de coagulantes naturales *Opuntia ficus indica* y *Moringa oleifera* frente al alumbre en la remoción de sólidos en suspensión para el tratamiento de agua de río, mediante un diseño experimental se comparó los resultados de los coagulantes por separado y mezclados, concluyendo que la mezcla de *Moringa oleifera* y *Opuntia ficus indica* tiene una eficiencia mayor al 90%, en comparación de la mezcla de alumbre y coagulante natural puede remover hasta un 99% de la turbidez.

Fuentes, y otros, (2016) en su estudio, evaluaron la eficiencia de los coagulantes naturales *Moringa oleifera*, *Opuntia ficus indica*, algas marinas y almidón de yuca

para la clarificación de agua de río, se analizaron muestras de alta y baja turbidez de 40.8 y 800 NTU, simulando fases de coagulación floculación, los mejores resultados en cuanto a eficiencia de remoción se fueron de 88.26% para *Moringa oleifera*, 79.73% para el almidón de yuca, con una dosis de 60 mg/L y 81.14% para algas marinas, que no presentó variación con las dosis aplicadas y 98.41% para *opuntia ficus indica*, con una dosis de 100mg/L

Chua, y otros, (2019) en su trabajo de investigación evaluaron los extractos de leguminosas como coagulantes naturales para la reducción de a turbidez, mediante microscopía electrónica evaluaron las propiedades fisicoquímicas, como resultado de su investigación el extracto de lenteja roja supero al alumbre en aguas residuales acidas con un 98.87% de remoción de turbidez y generó 15.6% de lodos, además de ser más económico.

Chua, y otros, (2020) en su estudio investigó la viabilidad de la goma de semilla de sesbania (SSG) como coagulante natural y cloruro férrico como coagulante sintético en el tratamiento de agua potable, en el tratamiento se logró una prometedora reducción de la turbidez del 98.3% con una dosis óptima de 10.2mg/L de FeCl₃ y 4.52mg/L de SSG.

Conceptos: sólidos en suspensión, según Maroušek, y otros, (2019 pág. 459), son partículas sólidas que se encuentran en suspensión en el agua y es responsable de la turbiedad, estas se encuentran sometidas a dos fuerzas opuestas constantemente, es por ello que se mantienen estables en el medio. Para Matthew, (2019 pág. 72) la turbiedad que se puede definir como el grado de transparencia que pierde el agua, esta falta de transparencia puede ser causada por partículas como arcilla y limo, precipitados químicos como el hierro y manganeso y partículas orgánicas como restos de vegetales y organismos. Para García, y otros, (2016 pág. 23) el color es el reflejo de luz que produce el agua, el cual es causado por la presencia de Hierro (Fe) y Manganeso (Mn) coloidal o en solución, o por contacto del agua con desechos orgánicos en diferentes estados de descomposición (hojas, raíces, madera, etc.). Asimismo, para Galindo, y otros, (2018 pág. 26) el pH indica la acidez de una sustancia, el cual tiene un rango de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral), un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica un rango básico. El proceso de coagulación, para Maroušek, y otros, (2019 pág. 459) consiste en el proceso de reducción del potencial repulsivo de la

doble capa eléctricas del coloide, convirtiéndolas en micro-partículas; estas micro-partículas durante el proceso de floculación que para Sook, y otros, (2014 pág. 2179) interactúan para formar partículas más grandes llamados flóculos, lo que facilita el proceso de sedimentación. Así mismo mencionaremos las teorías respecto a las fuerzas presentes en el agua, como el Movimiento Browniano, que, según Alcubierre, y otros, (2020 pág. 211) es el movimiento de partículas en un fluido producto de pequeñas colisiones con otras moléculas del medio a consecuencia del movimiento térmico de las moléculas de agua. Otra fuerza presente en el agua es la Fuerza de Van Der Waals, que según Xu, y otros, (2020 pág. 719) es la fuerza electrostática por la cual las moléculas de agua se atraen entre sí, estar a una distancia corta es fundamental para que se pueda realizar la ruptura de películas delgadas que envuelven a las moléculas y consecuentemente unirse. A continuación, se describen estas películas delgadas que envuelven a las moléculas, cuya primera capa se denomina carga eléctrica del coloide, que es la carga de las partículas del agua, la cual generalmente es negativa y la doble capa eléctrica que está comprendida por la carga eléctrica del coloide más los iones de carga opuesta ubicadas en la región interfacial, (Calle Idrovo, y otros, 2015 pág. 40). Mecanismos responsables del proceso de coagulación, que según Feria, y otros, (2020 pág. 107) es; a).Compresión de la doble capa eléctrica, que consiste en la desestabilización de las cargas eléctricas de los coloides, mediante agentes coagulantes con cargas contrarias a los iones de las partículas coloidales; b).Adsorción y neutralización de carga, la coagulación por medio de este mecanismo consiste en utilizar sales metálicas hidrolizadas de carga positiva para desestabilizar las partículas coloidales y eliminar la turbiedad del agua mediante la neutralización de carga, el cual está asociado a la compresión de la doble capa eléctrica; c).Coagulación por barrido se da a partir del exceso de coagulante, en el cual los coloides son arrastrados por los flóculos que van descendiendo por acción de la gravedad; d).Adsorción y formación de puente químico, sucede cuando la partícula coloidal del agua se adhiere al grupo químico de un polímero aniónico, y este a su vez busca otra partícula coloidal, formando así un puente químico.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El enfoque de la investigación es cualitativo, porque en este estudio no existe manipulación de variables y se realizó a través de la técnica de recopilación de datos, la cual se basa en la revisión de documentos, para así construir un conocimiento a partir de la experiencia de los participantes. (Hernandez, y otros, 2014 pág. 9).

El tipo de investigación es básica, porque cumple el propósito de producir conocimiento y teorías (Hernandez, y otros, 2018 pág. xxxiii) El presente trabajo complementará conocimientos con respecto a la remoción de turbiedad a partir de coagulantes naturales, mediante una revisión sistemática.

El diseño de investigación es bibliográfico, se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase. (Palella, y otros, 2012 pág. 87). En el siguiente trabajo se recopiló datos de diversos artículos, tesis, estudios científicos de diferentes bases de datos a través de una revisión bibliográfica.

El nivel de investigación de descriptiva, el propósito de este nivel es el de interpretar realidades de hecho (Palella, y otros, 2012 pág. 92). En el presente estudio se realizó una revisión y un análisis de los datos obtenidos empíricamente por parte de los participantes, para así llegar a una idea general.

3.2 Escenario de estudio

La investigación se realizará en base a los artículos de investigación de revistas indexadas de diferentes bases de datos, relacionados con la utilización de coagulantes naturales para remover la turbiedad en aguas superficiales.

3.3 Participantes

Los participantes de la investigación son los diferentes artículos de investigación de las revistas científicas indexadas que se obtuvieron de base

de datos como: Scopus, Science Direct, Scielo, Proquest, Doaj y Dialnet, relacionados con el empleo de coagulantes de origen natural en la remoción turbiedad de agua con fines de potabilización.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó una investigación sistemática los de artículos recopilados en las siguientes bases de datos: Scopus, Scielo, Science Direct, Proquest, Doaj y Dialnet, cuyo eje de estudio se basa en el análisis experimental de los coagulantes naturales, ya sea de origen vegetal o animal para la remoción de turbiedad, estos estudios fueron ingresados en una tabla de análisis y se realizó el filtrado según los criterios de inclusión y posteriormente analizados.

Tabla 1. Tabla de análisis de resultados

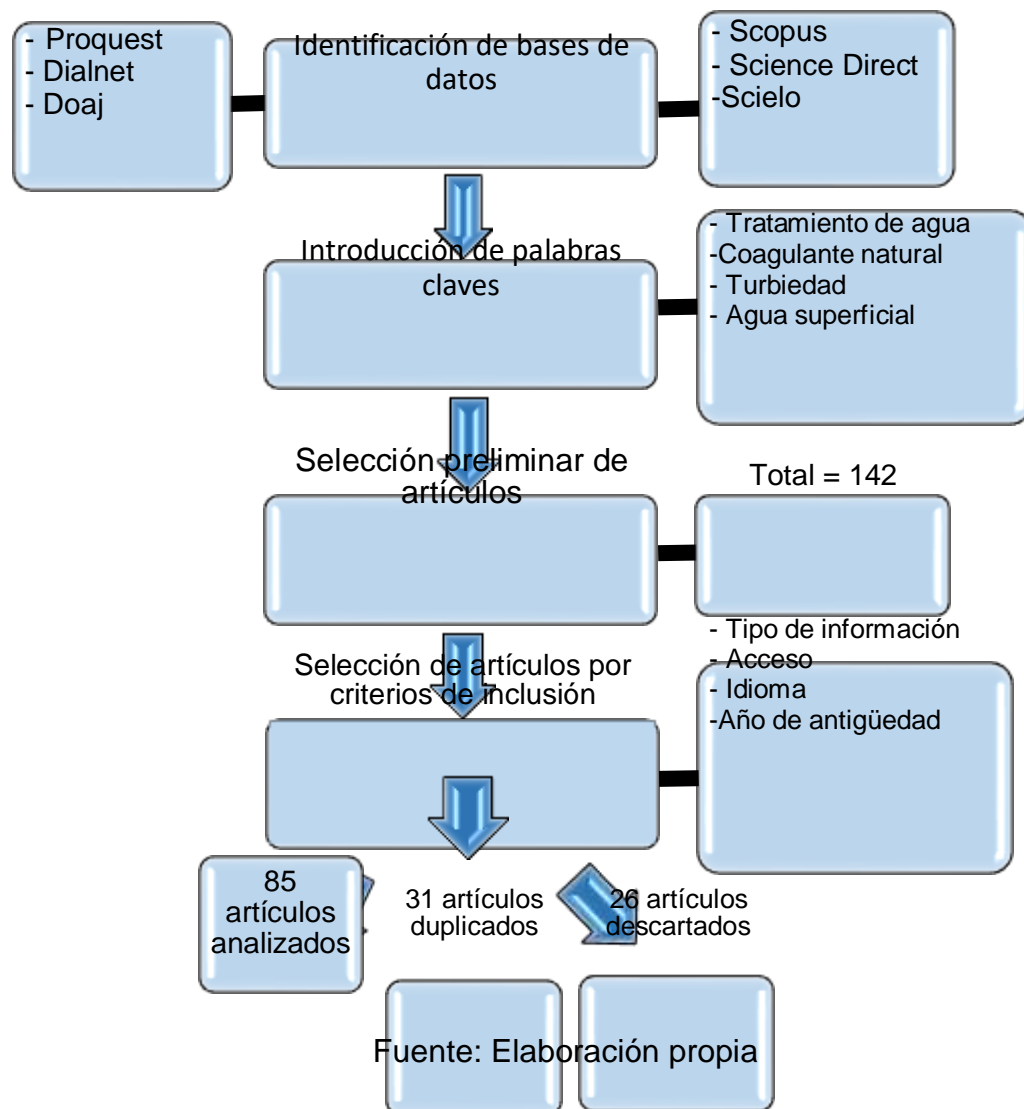
| | |
|---|----------------------|
| TITULO | |
| TIPO DE ESTUDIO | |
| REFERENCIA | |
| ESPECIE | |
| ASOCIACIÓN DE COAGULANTE | |
| PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COAGULANTE NATURAL | |
| SOLVENTE | |
| METODOLOGÍA | |
| TIEMPO DE COAGULACIÓN/ FLOCULACIÓN | |
| TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN | |
| DOSIS ÓPTIMA | |
| TIPO Y CANTIDAD DE MUESTRA | |
| TURBIDEZ | PARAMETROS INICIALES |
| PH | |
| TURBIDEZ | PARAMETROS FINALES |
| PH | |

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos

La metodología usada para realizar la búsqueda de los artículos de investigación relacionada con la utilización de coagulantes naturales para remover turbiedad en aguas superficiales fue la siguiente:

Gráfico 1. Tabla de procedimiento de análisis de resultados



3.5.1 Proceso de búsqueda

Se realizó una búsqueda de artículos de investigación de las bases de datos tales como: Scopus, Scielo, Science Direct, Proquest, Doaj y Dialnet. Así mismo para la selección y búsqueda específica de los artículos se utilizó palabras claves como: Tratamiento de agua, coagulante natural, turbiedad y agua superficial, del cual se obtuvo un total de 142 artículos.

3.5.2 Selección de artículos de investigación

Se tuvo en consideración los siguientes criterios de inclusión.

Tabla 2. Criterios de inclusión.

| CRITERIOS | N° DE ARTÍCULOS |
|---------------------|---------------------------|
| Tipo de información | Artículo de investigación |
| Acceso | Artículo disponible |
| Idioma | Inglés-portugués-español |
| Año de antigüedad | 2010-2020 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Artículos obtenidos en total

| BASE DE DATOS | N° DE ARTÍCULOS | PORCENTAJE |
|----------------------|------------------------|-------------------|
| Scopus | 63 | 44% |
| Science Direct | 30 | 21% |
| Scielo | 18 | 13% |
| Dialnet | 11 | 8% |
| Proquest | 11 | 8% |
| Doaj | 9 | 6% |
| Total | 142 | 100% |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Selección de artículos

| BASE DE DATOS | N° DE ARTÍCULOS |
|-----------------------|------------------------|
| Artículos duplicados | 31 |
| Artículos descartados | 26 |
| Artículos analizados | 85 |
| TOTAL | 142 |

Fuente: Elaboración propia

3.6 Rigor científico

Los artículos utilizados en la presente revisión sistemática fueron recopilados a través de una búsqueda exhaustiva de bases de datos confiables aceptados por la comunidad científica, cuyas publicaciones son artículos de

revistas científicas actuales lo cual da soporte al valor científico y a la veracidad de los datos.

3.7 Método de análisis de información

El método empleado para analizar los datos fue a través de tablas y gráficos, además de operaciones estadísticas en la cual se recopila toda la información necesaria para llegar a una conclusión de tipo sistemática.

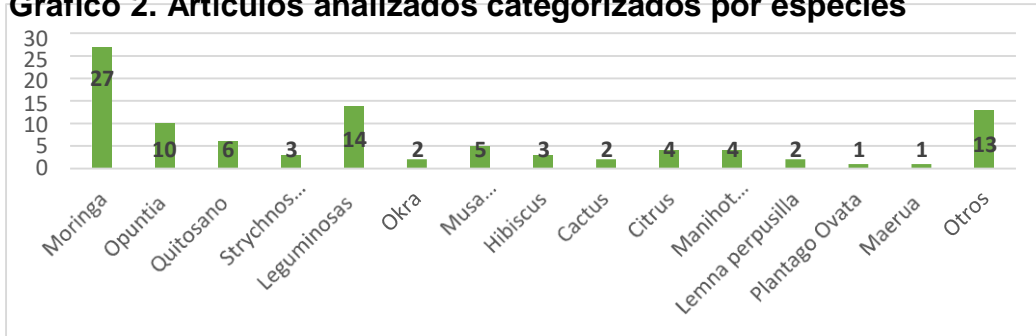
3.8 Aspectos éticos

La presente investigación se realizó dentro de las bases de datos confiables y aceptadas por la comunidad científica, teniendo en cuenta el valor ético y moral al momento de presentar resultados y conclusiones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la búsqueda realizada, se obtuvo 85 artículos para el análisis, estos artículos fueron agrupados por especies, resultando entre ellos un total de 97 especies, ya que se presentaron artículos que evaluaron más de un coagulante.

Gráfico 2. Artículos analizados categorizados por especies



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Eficiencia de remoción

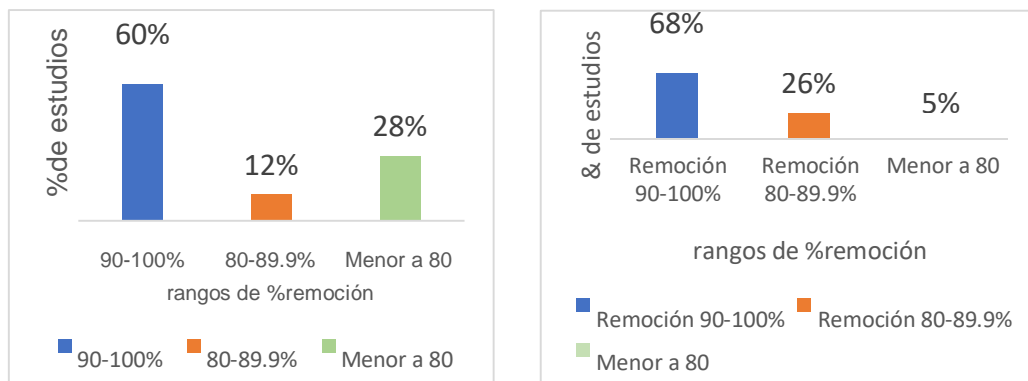


Gráfico (a): Estudios sin asociación.

Gráfico (b): Estudios con asociación.

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Eficiencia de remoción de la asociación de coagulantes



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Eficiencia remoción de turbiedad con respecto al solvente.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Eficiencia de remoción con respecto al tiempo de coagulación/floculación (C/F)

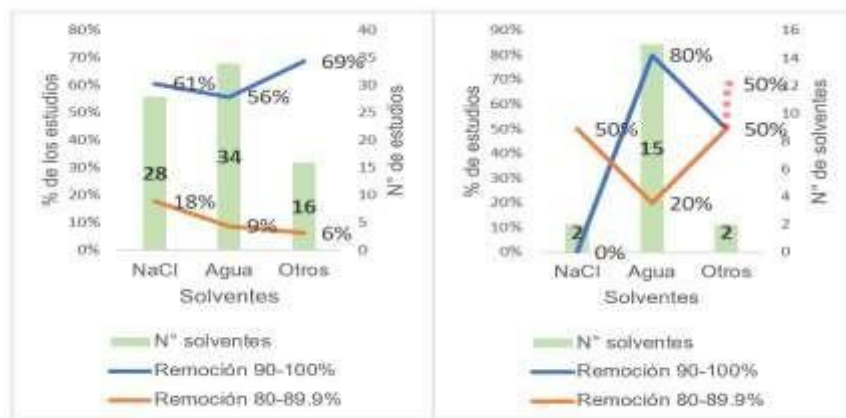


Gráfico (c): Coagulantes sin asociación

Gráfico (d): Coagulantes con asociación

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. Eficiencia de remoción con respecto al tiempo de sedimentación



Fuente: Elaboración propia

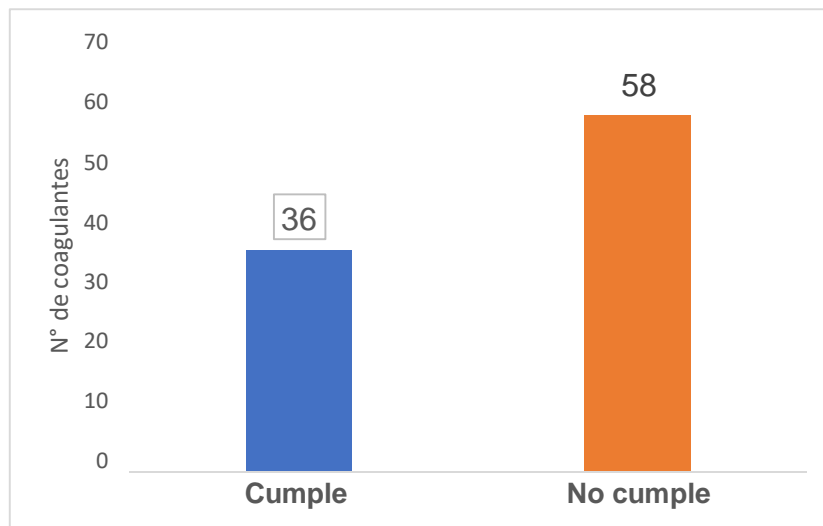
Tabla 5. LMP de parámetros de calidad organoléptica

| PARÁMETRO | LMP |
|-----------|-------|
| Turbiedad | 5 NTU |

Fuente: Adaptación del D.S N°031-2010-SA - ANEXO 2

*LMP: Límite máximo permisible

Gráfico 8. Comparación de los resultados con los LMP



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. Eficiencia de remoción vs. pH inicial



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°2, se establece que la Moringa es la especie más utilizada como coagulante natural en el proceso de coagulación/floculación, debido a que contiene proteínas que pueden emplearse en la clarificación de agua, según Pereira, y otros,

(2016). Estudios como el de Yamaguchi, y otros (2020) demuestran que la *Moringa oleífera* se puede utilizar con eficiencia para eliminar no sólo la turbidez del agua sino también bacterias, pudiéndose emplear también como un desinfectante. En el gráfico 3(a) se presenta la eficiencia de los 78 coagulantes naturales sin asociación; en él se visualiza que, el 60% de los estudios lograron una remoción del 90 al 100%, el 12% de los estudios obtuvieron una remoción del 80 al 89.9% y el 28% una remoción menor al 80%. En el gráfico 3(b) se presenta la eficiencia de 19 coagulantes naturales asociados, con un coagulante natural o sintético; en él se visualiza que, el 68% de los estudios lograron una remoción del 90 al 100%. Del anexo N°1 que evalúan los coagulantes empleados de manera individual, es decir sin asociación, se evidencia que, para el rango de turbiedad de 0-50 NTU sólo el 11% de los estudios (2) lograron una de remoción del 95 al 100%, para el rango de 51-100 NTU, el 18% de los estudios (2) lograron la misma de remoción del 95 al 100%, para el rango de 101-150 NTU, el 50% de los estudios (5), lograron también una remoción del 95 al 100%, para el rango de 151-250 NTU, el 50% de los estudios (5), lograron el mismo rango de remoción del 95 al 100%, para una turbiedad $251 \text{ NTU} \leq$ el 65% de los estudios (17) lograron esta misma remoción del 95 al 100%. Así mismo, Ndahi, y otros, (2016) al trabajar con un rango de turbiedad inicial de 200 NTU, empleando okra como coagulante natural, logró un porcentaje de remoción del 99% obteniendo como turbiedad final 2 NTU. En el gráfico N°4 se presenta la relación entre la eficiencia de remoción de turbiedad y el coagulante asociado, en el cual se puede observar que, el 70% de los estudios que utilizaron el sulfato de aluminio como coagulante asociado, lograron una remoción de turbiedad en un rango del 90 al 100%, mostrando una alta eficiencia, lo que concuerda con los resultados de Olivero, y otros, (2017) quienes al utilizar *Moringa oleífera* en asociación con Sulfato de aluminio en agua superficial a una turbiedad inicial de 462 NTU lograron una remoción del 99.05%. Del mismo modo Contreras, y otros, (2015) al emplear *Opuntia ficus indica* en asociación con sulfato de aluminio en agua superficial a una turbiedad inicial de 97,67 NTU, lograron una remoción de turbiedad del 98.18%. También se analizaron estudios donde se emplearon hasta 3 coagulantes, tal fue el caso de Gandiwa, y otros, (2020) que en su trabajo utilizó *Moringa oleífera*, *Aloe vera* y cloruro de polialuminio a una turbiedad inicial de 35 NTU logrando una eficiencia de remoción del 97%, siendo así que, los coagulantes inorgánicos como las sales de aluminio, el cloruro de polialuminio y el cloruro férrico,

se utilizan para mejorar la eficiencia del proceso de coagulación (Elsayed, y otros, 2020 pág. 1), estas asociaciones reduce la dosis de coagulante inorgánico empleado (Mohsen, y otros, 2020 pág. 7). El gráfico 5(c), presenta la eficiencia en la remoción de turbiedad de los coagulantes sin asociación con respecto al solvente, los cuales fueron cloruro de sodio, agua y otros, y se puede deducir que, la eficiencia de remoción no está influida en gran medida por el tipo de solvente, es decir que, en su uso, un 61% de los coagulantes que emplearon cloruro de sodio y un 56% de los coagulantes que emplearon agua, llegaron a un rango de remoción del 90 al 100%. Así mismo, en el gráfico 5(d) se presenta la eficiencia en la remoción de turbiedad de los coagulantes naturales en asociación, con respecto al solvente empleado, a partir de él, podemos decir que, el 80% de los coagulantes, en los cuales se utilizaron agua como solvente, lograron una remoción del 90 al 100%. Aunque se puede emplear el coagulante natural de forma directa en el agua después del secado y triturado (Saleem, y otros, 2018 pág. 10), existe un inconveniente con respecto al uso de los coagulantes naturales en el tratamiento de agua, debido a que estos aumentan la carga orgánica del agua si se utilizan extractos no purificados, ya que existe una relación directa entre las cargas orgánicas y la naturaleza del coagulante (Baptista, y otros, 2015 pág. 4), es por ello que utilizar una pequeña cantidad de solvente para extraer el coagulante mejora la eficacia ya que se libera el agente activo (Saleem, y otros, 2018 pág. 29). En la presente investigación los solventes más utilizados fueron el agua destilada y cloruro de sodio, mismos solventes que utilizaron Adedayo, y otros, (2019) y Aguirre, y otros, (2018), respectivamente. El gráfico N°6 presenta la eficiencia de remoción de turbiedad con respecto al tiempo de coagulación/floculación, del cual se infiere que; el 68% de los estudios que se encuentran en el rango de tiempo de 24 a 34 minutos, lograron una remoción del 90 al 100%. Del mismo modo, el 58% de los estudios que se encuentran en un rango de tiempo de 13 a 23 minutos obtuvieron también una remoción del 90 al 100%. A pesar de que el tiempo empleado no tuvo gran influencia en la remoción de turbiedad, podemos decir que el tiempo de coagulación/floculación de 24 a 34 minutos tuvo mejores resultados. El gráfico N°7 presenta la eficiencia de remoción de turbiedad con respecto al tiempo de sedimentación, del cual se puede decir que, el 59% de los estudios que se encuentran en el rango de tiempo de 0 a 30 minutos, lograron una remoción del 90 al 100%. Del mismo modo, el 67% de los estudios que se encuentran en un

rango de tiempo de 31 a 60 minutos obtuvieron también una remoción del 90 al 100%. A pesar de que el tiempo empleado no tuvo gran influencia en la remoción de turbiedad, podemos decir que el tiempo de sedimentación de 31 a 60 minutos tuvo mejores resultados. En la tabla N°6 se presentan los Límites Máximos Permisibles (LMP) de parámetros de calidad organoléptica, extraído del Reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano, el D.S N° 031-2010-SA, adaptado de manera que sólo se consideró el parámetro turbiedad y pH, cuyo límite es de 5 NTU de turbiedad y de 6.5 a 8.5 de pH. En el gráfico N°8 no se consideraron 3 estudios, debido a que éstos no indicaban la turbiedad final, quedando con un total de 94 estudios, entre coagulantes c/s asociación y se presenta los resultados en comparación con la normativa, siendo en total 36 estudios que se encuentran por debajo o igual a 5 NTU, cumpliendo con el LMP y 58 estudios que no cumplen. Según (Sook, y otros, 2016) y (Wei, y otros, 2020), los coagulantes orgánicos durante el proceso de clarificación de agua no consumen alcalinidad en comparación con los coagulantes sintéticos, es por ello que se pueden omitir ajustes de pH después del tratamiento, en el gráfico N°9 se presenta la eficiencia de remoción vs. el pH inicial, el cual indica que un 63% de los estudios que utilizaron un pH en el rango de 7 a 7.99 tuvieron una eficiencia de remoción de 90 al 100%, como lo hizo (Adedayo, y otros, 2019) en su estudio el cual empleo semilla de *Moringa oleífera* en una muestra de agua superficial a pH de 7,97 logró una eficiencia de remoción del 99%.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que:

- Los coagulantes naturales tienen una mayor eficiencia de remoción de turbiedad cuando el agua se encuentra a un nivel de turbiedad alto.
- La especie más empleada fue la *Moringa oleifera* y la *Opuntia Ficus*.
- Las nuevas formas de aplicación de los coagulantes naturales se realizan en asociación con sulfato de aluminio y policloruro de aluminio.
- El mejor rango de tiempo de coagulación/ floculación fue de 24-34 minutos, el tiempo de sedimentación fue de 31-60 minutos, el agua y el cloruro de sodio se pueden emplear como solventes de los coagulantes naturales, en todos los rangos de pH se evidencian remociones de turbiedad de 90 al 100%, y siendo el más utilizado el rango de 7 a 7.99.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Ampliar el conocimiento sobre la utilización de los coagulantes en el ámbito nacional, especialmente para su aplicación en zonas rurales.
- Explorar las actividades coagulantes de nuevas especies nativas.
- Explorar nuevas aplicaciones de los coagulantes naturales para mejorar su eficiencia, especialmente en asociaciones con coagulantes sintéticos.
- Emplear especies nativas para hacer más factible su aplicación en el ámbito nacional.
- Realizar estudios de viabilidad técnica de las siembras de las especies de los coagulantes naturales a escala industrial.

REFERENCIAS

- Abhilasha, Maheshwari, y otros. 2020. Scopus. *Optimization of disinfectant dosage for simultaneous control of lead and disinfection-byproducts in water distribution networks*. [En línea] 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111186>.
- Adedayo, Olusola, y otros. 2019. Scopus. *Response surface methodology approach to optimization of process parameter for coagulation process of surface water using Moringa oleifera seed*. [En línea] 18 de Fbrero de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2019.02.002>.
- Aguirre, Sonia, Piraneque, Nelson y Cruz, Rosmery. 2018. Scopus. *Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia*. [En línea] Junio de 2018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300059>.
- Alcubierre, Migel, Bauer, Mariano y otro. 2020. *Analogías y conexiones en la física*. Mexico : Coplt arXives, 2020. 78-1-938128-19-6.
- Alenazi, Majed, y otros. 2020. Scopus. *Turbidity removal using natural coagulants derived from the seeds of strychnos potatorum: statistical and experimental approach*. [En línea] 11 de Junio de 2020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/888/1/012064>.
- Ang, Lun y Mohammad, Abdul. 2020. Science Direct. *State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment*. [En línea] 23 de Marzo de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121267>.
- Asharuddin, Syazwani, y otros. 2019. Science Direct. *Flocculation and antibacterial performance of dual coagulant system of modified cassava peel starch and alum*. [En línea] 2 de Julio de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100888>.
- Autoridad Nacional del Agua. 2020. Perú: Paraíso del agua. [En línea] 2020. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>.
- Baptista, Aline, y otros. 2015. Science Direct. *Coagulation-Flocculation Process with Ultrafiltered Saline Extract of Moringa oleifera for the Treatment of Surface Water*. [En línea] 9 de Abril de 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2015.04.045>.
- Bondy, Stephen y Campbell, Arezoo. 2017. Scopus. *Chapter Five - Aluminum and Neurodegenerative Diseases*. [En línea] 2017. <https://doi.org/10.1016/bs.ant.2017.07.008>. 2468-7480.
- Buenaño, B, Vera, E y Aldás, M. 2019. Scielo. *Study of coagulating/flocculating characteristics of organic polymers extracted from biowaste for water treatment*. [En línea] 1 de Abril de 2019. <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v39n1.69703>.
- Cabezas, César. 2018. Scielo. *Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú*. [En línea] 3 de Julio de 2018. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3761>.

Calle Idrovo, Leonardo Daniel y Zambrano Torres, César Alfredo. 2015. Repositorio institucional de la Universidad de Cuenca. *Optimización del proceso de floculación y coagulación de la Planta Potabilizadora de la Junta de Agua Potable de Bayas*. [En línea] 2015. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22162>.

Chin, Siong, y otros. 2019. Scopus. *Red Lentil (Lens culinaris) Extract as a Novel Natural Coagulant for Turbidity Reduction: An Evaluation, Characterization and Performance*. [En línea] 14 de Agosto de 2019. 20734441.

Choque, David, y otros. 2020. Scopus. *Optimization of the flocculating capacity of natural coagulants in water treatment*. [En línea] 13 de Enero de 2020. <http://doi.org/10.15446/dyna.v87n212.80467>.

Chua, Siong, y otros. 2020. Scopus. *Optimized Use of Ferric Chloride and Sesbania Seed Gum (SSG) as Sustainable Coagulant Aid for Turbidity Reduction in Drinking Water Treatment*. [En línea] 14 de Marzo de 2020. <https://doi.org/10.3390/su12062273> -.

Chua, Siong, y otros. 2019. Scopus. *Red Lentil (Lens culinaris) Extract as a Novel Natural Coagulant for Turbidity Reduction: An Evaluation, Characterization and Performance*. [En línea] 14 de Agosto de 2019. <https://doi.org/10.3390/w11081686>. 20734441.

Contreras, Karen, y otros. 2015. Scielo . *El Nopal (Opuntia ficus-indica) como El Nopal (Opuntia ficus-indica) como en la clarificación de agua*. [En línea] 11 de Mayo de 2015. 1909-0455.

Daverey, Achlesh, Tiwari, Nisha y Dutta, Kasturi. 2018. Scopus. *Utilization of extracts of Musa paradisiaca (banana) peels and Dolichos lablab (Indian bean) seeds as low-cost natural coagulants for turbidity removal from water*. [En línea] 26 de Noviembre de 2018. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3850-9>. 09441344.

Devesa, Rosa, Gonzales, J y Urreola, Santiago. 2020. Scopus. *Analysis of Biomaterials as Green Coagulants to Control Suspended Solids for Surface Water Treatment*. [En línea] 19 de Marzo de 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051777>. 16617827.

Dollah, Z, y otros. 2020. Scopus. *Citrus aurantiifolia and citrus microcarpa fruit peels waste as eco-friendly natural coagulants*. [En línea] 20 de Noviembre de 2020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/476/1/012089>.

Dollah, Z, y otros. 2019. Scopus. *Citrus fruit peel waste as a source of natural coagulant for water turbidity removal*. [En línea] 6 de Agosto de 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1349/1/012011>.

Douterelo, I., y otros. 2020. Scopus. *Impact of phosphate dosing on the microbial ecology of drinking water distribution systems: Fieldwork studies in chlorinated networks*. [En línea] 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116416>.

Elmolla, E, y otros. 2020. Scopus. *Natural Products for Surface Water Coagulation: an Alternative Sustainable for Rural Areas*. [En línea] 22 de Junio de 2020. <https://doi.org/10.1007/s41742-020-00271-4>.

Elsayed, E, y otros. 2020. *Comparison of coagulation performance using natural coagulants against traditional ones*. [En línea] 21 de Julio de 2020. <https://doi.org/10.1080/01496395.2020.1795674>.

Exley, C. 2016. Scopus. *The toxicity of aluminium in humans*. [En línea] 2016. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2015.12.003>.

Fatombi, J, y otros. 2013. Science Direct. *A natural coagulant protein from copra (Cocos nucifera): Isolation, characterization, and potential for water purification*. [En línea] 20 de Mayo de 2013. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.05.015>.

Feria, Jhon, Mercado, Teobaldis y Jove, Fernando. 2020. Scielo. *Uso del quitosano como cuagulante natural en el tratamiento de aguas: una breve revisión*. [En línea] 8 de Agosto de 2020. <http://www.sweetpoison.revistaespacios.com/a20v41n32/a20v41n32p10.pdf>. 0798-1015.

Feria, Jhon, Rodiño, Johana y Paternina, Guillermo Gutiérrez. 2016. Scielo. *Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treatment by natural coagulants*. [En línea] 04 de Junio de 2016. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.n76a11.0120-6230>.

Fuentes, Natalia, Molina, Emiro y Ariza, Carla. 2016. Scielo. *Natural coagulants in continuous flow systems as a substitute of Al₂(SO₄)₃ for water clarification*. [En línea] 30 de Noviembre de 2016. <http://dx.doi.org/10.22507/pml.v11n2a4.1909-0455>.

Galindo, Yantas y Vitor, Rojas. 2018. *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado tipo b en la planta de tratamiento de agua potable Yurajhuanca – Emapa Pasco*. [En línea] 10 de Julio de 2018. <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/347/1/TESIS%20GIANCARLO%20GALINDO%20YANTAS1.pdf>.

Gandiwa, B, y otros. 2020. Science Direct. *Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (Moringa-Cactus Opuntia-alum blend)*. [En línea] 15 de Julio de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2020.07.005>.

García, María y Marca, Marina. 2016. Evaluación de la eficiencia del proceso de potabilización de agua de la planta Patamarca. [En línea] 09 de Noviembre de 2016. [Citado el: 15 de octubre de 2020.] <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26112>.

Hernandez, Roberto y Mendoza Torres, Christian Paulina. 2018. *Metodología de la investigación 6^{ta} edición*. s.l. : McGraw-Hill Interamericana, SA de CV, 2018. 978-1-4562-6096-5.

Hernandez, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación 6^{edición}*. México : s.n., 2014. 978-1-4562-2396-0.

Hussain, Ghulam y Haydar, Sajjad. 2020. Scopus. *Comparative Evaluation of Glycine max L. and Alum for Turbid Water Treatment*. [En línea] 11 de Enero de 2020. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4423-3>. 10.1007/s11270-020-4423-3.

Hussain, S., Ghouri, A.S. y Ahmad, A. 2019. *Pine cone extract as natural coagulant for purification of turbid water*. [En línea] Marzo de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01420>.

INEI. 2020. INEI. *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. [En línea] Junio de 2020. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf.

Kuera, T y Hofmanová, L. 2020. Scopus. *Moringa Oleifera seeds and Chitosan as alternatives to conventional coagulation agents*. [En línea] 2020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/800/1/012032>.

Kuera, T, Hofmanová, L. y Biela, R. 2020. Scopus. *Natural Polymers as Alternatives to Conventional Coagulation Agents – Lab-Scale Research with Moringa Oleifera Seeds and Chitosan*. [En línea] 2020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/800/1/012032>. 17551307.

Lawal, NS, y otros. 2019. Scopus. *Effects of De-Oiled Jute Seed and Cottonseed Extracts as Natural Polymeric Coagulants for Surface Water Treatment*. [En línea] 18 de Septiembre de 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/445/1/012018>. 17551307.

Lugo, José, y otros. 2020. Scopus. *Effectiveness of the mixture of nopal and cassava starch as clarifying substances in water purification: A case study in Colombia*. [En línea] 26 de Junio de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04296>.

Lugo, José, y otros. 2019. Scopus. *Evaluation of low-cost alternatives for water purification in the stilt house villages of Santa Marta's Ciénaga Grande*. [En línea] 12 de Diciembre de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03062>. 24058440.

Maroušek, J., y otros. 2019. *Ferrous sludge from water clarification: Changes in waste management practices advisable*. [En línea] Mayo de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.037>.

Matthew Stevenson, Cristián Bravo. 2019. Science Direct. *Advanced turbidity prediction for operational water supply planning*. [En línea] 26 de Febrero de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.02.009>.

Miljojkovic, D., Trepsic, I. y Milovancevic, M. 2019. *Assessment of physical and chemical indicators on water*. [En línea] Agosto1 de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121171>.

Mohsen, Manal y Jeff, Chen. 2020. Scopus. *Utilization of mangosteen pericarp (Mp) as a natural coagulant to reduce alum dosage in the removal of water turbidity*. [En línea] 25 de Marzo de 2020. <https://doi.org/10.1063/5.0000045>.

- Nascimento, João, Danieli, Soares y Bravin, Clainer. 2019. Scopus. *Natural agents as auxiliaries in water clarification: literature review and experimental evaluation*. [En línea] 17 de Diciembre de 2019. <http://periodicos.uem.br/ojs/acta>. 1807-8664.
- Ndahi, Alfred y Bridgeman, John. 2016. Scopus. *An assessment of the use of native and denatured forms of okra seed proteins as coagulants in drinking water treatment*. [En línea] 27 de Mayo de 2016. <https://doi.org/10.2166/wh.2016.015.978-303785937-7>.
- Nurudeen, Abiola Oladoja. 2015. Science Direct. *Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations*. [En línea] 24 de Abril de 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>.
- Nystrom, Fredrik, y otros. 2020. Science Direct. *Laboratory scale evaluation of coagulants for treatment of stormwater*. [En línea] 28 de Abril de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101271>.
- Okoro, Benjamin, y otros. 2020. Scopus. *Characterisation and performance of three Kenaf coagulation products under different operating conditions*. [En línea] 12 de Octubre de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116517>. 00431354.
- Olivero, Rafael, y otros. 2017. Scielo. *Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleífera en clarificación de aguas*. [En línea] 03 de Marzo de 2017. <http://dx.doi.org/10.22507/pml.v12n2a6>.
- Othmani, Bouthaina, Rasteiro, María y Khadhraoui, Moncef. 2020. Scopus. *Toward green technology: a review on some efficient model plant-based coagulants/flocculants for freshwater and wastewater remediation*. [En línea] 2 de Mayo de 2020. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01858-3>. 1618954X.
- Palella, Santa y Feliberto, Martins Pestana. 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas : FEDUPEL, 2012. 980-273-445-4.
- Pereira, Franciele, y otros. 2016. *The use of Moringa oleífera as a natural coagulant in surface water treatment*. [En línea] 8 de Diciembre de 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>.
- Prihatinningtyas, Eka. 2019. Scopus. *Comparative study between aluminium sulphate and Lemna Perpusilla as coagulants for water treatment: case study Lake Cibuntu, West Java*. [En línea] 29 de Agosto de 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/535/1/012012>. 17551307.
- Redondo, E. A. y López Guali, A. C. 2016. *Evaluación de la calidad del agua en la planta potabilizadora El Dorado (Bogotá D.C.) a través del análisis estadístico de series de tiempo*. [En línea] 11 de Agosto de 2016. <http://hdl.handle.net/11349/3458>.
- Riaños, Katerine, Meza, María y Mercado, Iván. 2019. Scielo. *Clarificación de agua de humedales mediante una mezcla de coagulantes naturales*. [En línea] 12 de Marzo de 2019. <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.73687>. 0012-7353.

- Saleem, Mussarat y Bachmann, Robert. 2018. Science Direct. *A Contemporary Review on Plant-Based Coagulants for Applications in Water Treatment*. [En línea] 15 de Diciembre de 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.12.029>.
- Sook, Yan, y otros. 2016. Performance of conventional starches as natural coagulants for turbidity removal. *Science Direct*. [En línea] 28 de Mayo de 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.082>.
- Sook, Yan, y otros. 2014. Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Science Direct*. [En línea] 11 de 10 de 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.09.024>.
- Souza, B y Sabogal, L. 2019. *Pretreatment using Opuntia cochenillifera followed by household slow sand filters: technological alternatives for supplying isolated communities*. [En línea] 12 de Febrero de 2019. <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1582700>.
- Stevenson, M. y Bravo, C. 2019. *Advanced turbidity prediction for operational water supply planning*. [En línea] Abril de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.02.009>.
- Taiwo, Adewole, Adenike, Kuku y Aderonke, Okoya. 2020. Science Direct. *Efficacy of natural coagulant protein from Moringa oleifera (Lam) seeds in treatment of Opa reservoir water, Ile-Ife, Nigeria*. [En línea] 15 de Enero de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03335>.
- Tarqui, Carolina, y otros. 2016. Scielo. *Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú*. [En línea] 9 de Julio de 2016. <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>.
- UNESCO. 2019. *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019*. [En línea] 2019. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>. 978-92-3-300108-4.
- Vara, Saritha, Manoj, Karnena y Bhavya, Dwarapureddi. 2019. Science Direct. *"Exploring natural coagulants as impending alternatives towards sustainable water clarification" - A comparative studies of natural coagulants with alum*. [En línea] 22 de Septiembre de 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100982>.
- Wambui, A, Fengting, L y Karanja, A. 2018. Scopus. *Sustainable treatment of drinking water using natural coagulants in developing countries: A case of informal settlements in Kenya*. [En línea] 2018. https://www.ewra.net/wuj/pdf/WUJ_2018_18_01.pdf.
- Wei, Lun y Wahab, Abdul. 2020. Science Direct. *State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment*. [En línea] 22 de Marzo de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121267>.
- World Health Organization. 2017. *Water quality and health - review of turbidity: information for regulators and water suppliers*. [En línea] 2017. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254631/WHO-FWC-WSH-17.01-eng.pdf>.

Xu, Xiaoyang, y otros. 2020. Science Direct. *Modeling of van der Waals force with smoothed particle hydrodynamics: Application to the rupture of thin liquid films*. [En línea] 3 de Marzo de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.03.003>.

Yamaguchi, Natalia, y otros. 2020. Science Direct. *A review of Moringa oleifera seeds in water treatment: Trends and future challenges*. [En línea] 20 de Septiembre de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.09.044>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de categorización apriorística

| Problemas Específicos | Objetivos Específicos | Categorías | Subcategorías |
|---|--|---|---|
| ¿A qué nivel de turbiedad inicial se logra una mayor eficiencia en la remoción de turbiedad por parte de los coagulantes naturales? | Determinar a qué turbiedad inicial los coagulantes naturales logran una mayor eficiencia de remoción | Eficiencia del coagulante natural Tiempo | Turbiedad inicial y final Porcentaje de remoción Tiempo de CF |
| ¿Qué especies biológicas son más utilizadas como coagulante en la remoción de turbiedad? | Determinar cuáles son las especies biológicas más utilizadas como coagulante en la remoción de turbiedad | Especies biológicas | Propiedad coagulante Frecuencia de uso como coagulante |
| ¿Cuáles son las nuevas formas de aplicación de los coagulantes naturales en la remoción de turbiedad? | Determinar cuáles son las nuevas formas de aplicación de los coagulantes naturales | Nuevas aplicaciones | Coagulantes asociados |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Eficiencia de remoción según turbiedad inicial

| Coagulante N. | Remoción de turbiedad de 0-50NTU | | | | |
|---------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| | ≤82.9% | 83-88.9% | 89-94.9% | 95-100% | total |
| <i>Moringa</i> | 4 | 0 | 3 | 0 | 7 |
| <i>Quitosano</i> | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| <i>Strychnos P.</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Leguminosas</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Hibiscus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Citrus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Manihot E.</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Lemna P.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Otros</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Total | 11 | 0 | 5 | 2 | 18 |

Anexo (a): Turbiedad inicial de 0-50 NTU

| Coagulante N. | Remoción de turbiedad de 51-100NTU | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| | ≤82.9% | 83-88.9% | 89-94.9% | 95-100% | total |
| <i>Moringa</i> | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| <i>Leguminosas</i> | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| <i>Abelmoschus E.</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Musa P.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Cactus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Otros</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Total | 6 | 1 | 2 | 2 | 11 |

Anexo (b): Turbiedad inicial de 51-100 NTU

| Coagulante N. | Remoción de turbiedad de 101-150NTU | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| | ≤82.9% | 83-88.9% | 89-94.9% | 95-100% | total |
| <i>Moringa</i> | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| <i>Opuntia Ficus</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| <i>Quitosano</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Lemna P.</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Otros</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| Total | 2 | 1 | 2 | 5 | 10 |

Anexo (c): Turbiedad inicial de 101-150 NTU

Fuente: Elaboración propia.

| Coagulante N. | Remoción de turbiedad de 151-250NTU | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| | ≤82.9% | 83-88.9% | 89-94.9% | 95-100% | total |
| <i>Moringa</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Opuntia ficus</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| <i>Leguminosas</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| <i>Abelmoschus E.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Musa paradisiaca</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Otros</i> | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Total | 2 | 1 | 2 | 5 | 10 |

Anexo(d): Turbiedad inicial de 151-250 NTU

| Coagulante N. | Remoción de turbiedad de 251NTU ≤ | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | ≤82.9% | 83-88.9% | 89-94.9% | 95-100% | total |
| <i>Moringa</i> | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 |
| <i>Opuntia ficus</i> | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| <i>Quitosano</i> | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| <i>Strychnos P.</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| <i>Leguminosas</i> | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 |
| <i>Musa P.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Hibiscus</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| <i>Cactus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Citrus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Manihot E.</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| <i>Plantago O.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Otros</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 5 | 1 | 3 | 17 | 26 |

Anexo (e): Turbiedad de 250 NTU ≤

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Registro de recolección de datos

| N° | TITULO | REFERENCIA | ESPECIE | ASOCIACIÓN | PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COAGULANTE NATURAL | SOLVENTE DEL COAGULANTE | TIEMPO (C-F) | TIEMPO (S) | DOSIS APLICADA | TIPO DE MUESTRA | CANTIDAD DE MUESTRA | PARAMETROS INICIALES | | PARAMETROS FINALES | | PORCENTAJE DE REMOCIÓN |
|----|--|---------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------------------------|--------------|------------|-------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|-----------|--------------------|-------------|------------------------|
| | | | (NOMBRE CIENTIFICO) | COAGULANTE | | NATURAL | | | | | | TURBIDEZ | PH | TURBIDEZ | PH | |
| 1 | El uso de Moringa oleífera como coagulante natural en el tratamiento de aguas superficiales | Pereira, y otros, (2016) | <i>Moringa Oleífera</i> | - | (semilla) Lavado, secado, molienda y presurización de aceite | 500ml NaCl 0.1M | 17 min | 120 min | 50 mg/L | agua turbia sintetica | 800 ml | 30 NTU | 7.15±0.04 | 3.3 NTU | 7.7±0.5 | 89% |
| 2 | Proceso de coagulación-floculación con extracto salino ultrafiltrado de Moringa oleífera para el tratamiento de aguas superficiales | Alves, y otros, (2015) | <i>Moringa Oleífera</i> | - | (semilla) Ultrafiltración de concentrado acuoso | 0.1L NaCl 0.1M | 18 min | 30 min | 4.01 mg/L | agua de río | 800 ml | 75 NTU | - | 8.44 NTU | 7.98 ± 0.10 | 88.75% |
| 3 | Estudio para investigar el potencial del extracto combinado de hojas y semillas de Moringa oleífera en la purificación de aguas subterráneas | Waqas, y otros, (2014) | <i>Moringa Oleífera</i> | - | (hojas y semillas) Lavado, secado y molienda, extracción soxhlet con n-exano | - | 40 min | - | 100 mg/L | agua subterránea | - | 14 NTU | 8,38 | 6.20 NTU | 7.10 ± 0.22 | 55.70% |
| | Optimización del uso de una mezcla de coagulantes naturales y sintéticos de origen vegetal para el tratamiento del agua: (mezcla de Moringa Oleífera-Cactus Opuntia-alumbre) | Gandiwa, y otros, (2020) | <i>Moringa Oleífera</i> | 5.823mg/L Cactus opuntia 20.16mg/L | (semilla) cortado en tiras, secado, molienda, tamizado | 500ml agua destilada | 12 min | 30 min | Moringa 19.01mg/L | Agua superficial | 1L | 29 NTU | 7.05 | 2.74 NTU | 6.99 | 90.50% |
| 5 | Elucidación del potencial del extracto de hojas de Moringa oleífera como una nueva alternativa al coagulante químico en el proceso de tratamiento de agua. | Pandey, y otros, (2020) | <i>Moringa Oleífera</i> | - | (hjoas) lavado, secado, triturado, pulverizado, extracción soxhlet con n-exano | - | 46 min | 20 min | 50 mg/L | agua cruda | 1L | 8.9 NTU | 8.1 | 6.1 NTU | 7.1 | 31.50% |
| 6 | Purificación de agua de río utilizando semilla de Moringa Oleífera y cobre para aplicación domiciliaria en el punto de uso | Varkey, (2020) | <i>Moringa Oleífera</i> | - | (semilla) Lavado, secado y molienda | agua destilada | 25 seg. | 4 hrs | 0.25 g/l | agua de río | 1L | 37.8 NTU | 6.6 | 3 NTU | 6.4 | 92% |
| 7 | Semillas de Moringa Oleífera y Quitosano como alternativas a los agentes de coagulación convencionales | Kucera y Hofmanová, (2020) | <i>Moringa Oleífera</i> | - | (semilla) Lavado, secado, pelado y molienda | 306 ml agua potable | 22 min | 60 min | 164.6 mg/l | agua de río | - | 8.92 NTU | 7.85 | 1.6 NTU | 7.5 | 82.04% |
| 8 | Uso de polvo de semillas de Moringa oleífera como biocoagulante para el tratamiento de aguas superficiales | Nhut, y otros, (2020) | <i>Moringa Oleífera</i> | - | (semilla) pulverizado | 200ml de agua destilada | 32 min | 30 min | 0.15mg/L | agua de río | 1L | 30.7 ± 3.5 NTU | 6.5 | 2.9 NTU | 6.5 | 90,46% |
| 9 | Evaluación de alternativas de bajo costo para la purificación de agua en las aldeas de palafitos de Ciénaga Grande de Santa Marta | Lugo Arias, (2019) | <i>Moringa oleífera</i> | - | (semilla) Molido y tamizado | 1L filtrado de agua cruda de río | 7 min | 2 horas | 150mg/L | Agua superficial | - | 650NTU | - | 26NTU | - | 96.00% |
| | Efecto de las soluciones salinas sobre el rendimiento | 10 de la coagulación de Moringa | stenopetala y Maerua subcordata para el | - | tratamiento de aguas turbias | - | - | - | - | Megersa, y otros (2019) | - | Moringa | - | Stenopetala | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|---------|---------|------|------------------|-------|---------|------|----------|-----|--------|
| (semilla) pulverizado horas 2 µg / mL | NaCl 0.5M | - | 3 | Agua turbia sintética | 1.6 absorban cia a 500nm | 0.15 absorbancia a 500nm | - | | | | | | | | | | 90.60% |
| 11 | Enfoque de metodología de superficie de respuesta para la optimización de parámetros de proceso para el proceso de coagulación de agua superficial utilizando semilla de Moringa oleifera | Adedayo, y otros (2019) | | <i>Moringa Oleifera</i> | - | (semilla) pelado y triturado | agua destilada | 120 min | 120 min | 3g/l | agua superficial | 300ml | 800 NTU | 7,97 | 5.49 NTU | 7.3 | 99% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|----------|---|-----------------------|--------|------------|-------|-----------|-------|---|
| 12 | Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia | Aguirre, y otros, (2018) | <i>Moringa Oleifera</i> | - | (semilla) despulpado, secado, macerado, tamizado, desengrasado con etanol | Nacl 0.5M | 30 min | 15 min | 2g/l | agua de río | 600 ml | 126.60 NTU | 7.41 | 4.1 NTU | - | 96.80% |
| 13 | Optimización de quitosano sostenible Moringa oleifera como coagulante coagulante para el tratamiento de agua turbia sintética - Un estudio sistémico | Vigneshwaran, y otros, (2020) | <i>Moringa oleifera</i> | Quitosano en polvo | (semilla) pulverizado | 250ml Nacl 0.1M | 10 min | 10 min | 0.2g/L | Agua turbia sintética | - | 254NTU | 6 | 41NTU | - | 84% |
| 14 | Evaluación del coagulante natural Moringa oleifera como pretratamiento para SODIS en agua turbia contaminada | Keogh, y otros, (2017) | <i>Moringa oleifera</i> | - | (semilla) trituración y tamizado | agua destilada | - | 24 horas | 200mg/L | Agua turbia sintética | - | 203NTU | - | 26NTU | - | 87% |
| 15 | Eficacia de una proteína coagulante natural de semillas de Moringa oleifera (Lam) en el tratamiento del agua del embalse de Opa, Ile-Ife, Nigeria | Scholes, y otros, (2020) | <i>Moringa oleifera</i> | - | (semilla) extracción de proteína | Nacl 0.6M | 3 min | 1 hora | 60mg/L | Agua superficial | 1L | 41.19 NTU | 6.95 | 23.51 NTU | - | 42.9% |
| 16 | Eliminación de la turbidez del agua potable mediante coagulantes naturales. | Muthuraman, y otros, (2013) | <i>Moringa oleifera</i> | - | (semilla) molieron y tamizaron Pulverizado | 1L Nacl 0.5M | 29 min | - | 250mg/L | Agua turbia sintética | 200ml | 500 NTU | 7 | 16.5NTU | - | 96.70% |
| 17 | Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleifera en clarificación de aguas | Olivero Verbel, y otros, (2017) | <i>Moringa Oleifera</i> | alumbre | (semilla) pelado, molienda y tamizado | agua destilada | 30 seg | 15 min | 45 mg/L (30% MO y 70% Alumbre) | Agua superficial | - | 462 NTU | 7 | 1.79 NTU | 8 | 99.50% |
| 18 | Clarificación del agua de un humedal usando una mezcla de coagulantes naturales | Riaños, y otros, (2019) | <i>Moringa Oleifera</i> | almidón de yuca | (semilla) pelado, molido y tamizado | agua destilada | 21 min | 15 min | 600 mg/L (50% MO y 50% Almidón de yuca) | agua de humedal | - | 320 NTU | 7.2 | 29.9 NTU | - | 93.40% |
| 19 | Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del Al ₂ (SO ₄) ₃ para clarificación de aguas | Fuentes Molina, y otros, (2016) | <i>Moringa Oleifera</i> | - | (semilla) cortado, pelado, secado, pulverizado, tamizado | 0.2M Ca(OH) ₂ | 26 min | 30 min | 60 mg/L | agua superficial | - | 800 NTU | 6.87 | 17.5 NTU | 6.99 | 98.01% |
| 20 | Comportamiento de la turbidez, pH, alcalinidad y color del agua cruda del río Sinú tratada con coagulantes naturales | Feria Diaz, y otros, (2014) | <i>Moringa Oleifera</i> | - | (semilla) secado en horno, molienda y tamizado de semillas | 1L NaCl 1,0% | 21 min | 20 min | 30 mg / L | agua de río | - | 301 NTU | 8.11 | 8.6 NTU | 4 NTU | 97% |
| 21 | Tratamiento de agua combinado con extracto de Moringa oleifera Lam natural y coagulante sintético | Cardoso Valverde, y otros, (2018) | <i>Moringa Oleifera</i> | policloruro de aluminio PAC | (semilla) pelado, molido y secado | 306 ml agua potable | 16 min | 15 min | 30mg/L MO + 5mg/L PAC | agua de río | 700 ml | 79NTU | 7.537 | 2 NTU | 7.466 | 97.46% |
| | Eficiencia de la semilla Moringa Oleifera como | 22 | coagulante natural | | para la remoción de la turbidez del río Sinú | Feria Diaz, y otros, (2014) | <i>Moringa Oleifera</i> | | | | | | | | | (semilla) pelado, secado, molienda y tamizado |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|-----|-------------------------------|--------------------|--------|--------|-----------|-------------|-----|--------------|-----|----------|---|------|--|--|--|
| 10ml de NaCl al 1% | 21 min | 30 min 17,5 mg/L agua de río 800 ml 364,66 NTU | 7.5 | | 7.5 NTU - % | 98,4 | | | | | | | | | | | | |
| 23 Mejora del proceso de floculación en el tratamiento de aguas utilizando extractos de semilla de Moringa oleifera | Sanchez, y otros, (2011) | <i>Moringa Oleifera</i> | - | (semilla)pelado y pulverizado | 10ml de NaCl 1M | 22 min | 1 hora | 32 mg / l | agua de río | 1 L | 123.3 NTU | 7.5 | 2.47 NTU | - | 98,% | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---|-------------------------------|--|---|--------------------------|--------|----------|--|------------------------|---------|------------|------|----------|------|--------------|
| 24 | Procesamiento de semillas de Moringa oleifera utilizando diferentes equipos para la obtención de solución coagulante | Arantes, y otros, (2012) <i>Oleifera</i> | <i>Moringa</i> | - | semilla) secado, pelado, molido | 100 mL de agua destilada | 11 min | 30 min | 500mg/l | agua turbia sintetica | 3 L | 106 NTU | - | 3 NTU | - | 97% |
| 25 | Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleifera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico | Meza Leones, y otros, (2018) | <i>Moringa Oleifera</i> | - | (semilla) pelado, triturado, molido, tamizado y extracción de aceite | 100ml de agua destilada | 21 min | 15 min | 750 mg/L | agua superficial | 1000 ml | 56,5 UNT | 7.27 | 20.6 NTU | - | 64% |
| 26 | Eliminación de turbidez mediante coagulación convencional y lastrada con coagulantes naturales. | Gaikwad, y otros, (2019) | <i>Moringa Oleifera</i> | Aloe Vera (AV)/ cloruro de polialuminio (PAC) | (semilla) secado al sol, triturado, molienda | 100ml de agua destilada | 21 min | 30 min | 100mg MO/L + 30mgAV/L+ 01.g/L | agua de río modificada | 1 L | 35 NTU | - | 1 NTU | - | 97.00% |
| 27 | Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales disponibles localmente | Asrafuzzaman, y otros, (2011) | <i>Moringa Oleifera</i> | - | (semilla) secado al sol, pelado, triturado, molienda | agua destilada | 18 min | 60 min | 100 mg/L | agua turbia sintetica | 1 L | 100 NTU | - | 5,9 NTU | - | 94.10% |
| 28 | Pretratamiento con Opuntia cochenillifera seguido de filtros de arena lentos domésticos: alternativas tecnológicas para abastecer a comunidades aisladas | Bárbara, y otros, (2019) | <i>Opuntia cochenillifera</i> | - | dodio) cortado, secado, pulveri | - | 21 min | 24 horas | 30mg/L | Agua superficial | - | 111 NTU | 6.25 | 7.83 NTU | 6.9 | 92.7% ± 2.81 |
| 29 | Optimización del uso de una mezcla de coagulantes naturales y sintéticos de origen vegetal para el tratamiento del agua: (mezcla de Moringa Oleifera-Cactus Opuntia-alumbre) | Gandiwa, y otros, (2020) | <i>Opuntia ficus indica</i> | Alumbre | (cladodio) cortado en tiras, secado, molienda, tamizado | 500ml agua destilada | 12 min | 30 min | 5.823mg/L Moringa 19.01mg/L Opuntia | Agua superficial | 1L | 29 NTU | 7.05 | 2.74 NTU | 6.99 | 90.50% |
| 30 | Efectividad de la mezcla de almidón de nopal y yuca como sustancias clarificantes en la potabilización de agua: un estudio de caso en Colombia | Lugo Arias, y otros, (2020) | <i>Opuntia ficus indica</i> | - | (cladodio) Lavado, cortado, molido, convinado con agua destilada , horneado y centrifugado. | agua destilada | 21 min | 20 min | 100 mg/l | agua de río | - | 360 UNT | - | 78 UNT | - | 73,4% |
| 31 | Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia | Aguirre, y otros, (2018) | <i>Opuntia ficus indica</i> | - | (cladodio) cortado, secado, triturado, tamizado, extracción con etanol al 96% y secado. | - | 30 min | 15 min | 0.1 g/l | agua de río | 600 ml | 126.60 NTU | 7.41 | 43.3 NTU | - | 57% |
| 32 | Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleifera en clarificación de aguas | Olivero Verbel, y otros) 2017 | <i>Opuntia ficus-indica</i> | Alumbre | (cladodio) secado solar, molienda y tamizado | agua destilada | 30 seg | 15 min | 40mg/L (10% OFI y 90% Alumbre) | Agua superficial | - | 462 NTU | 7 | 5.42 NTU | 7 | 98% |
| 33 | Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del Al2 (SO4)3 para clarificación de aguas | Fuentes Molina, y otros, (2016) | <i>Cactus Opuntia</i> | - | (cladodio) Lavado, secado y pulverizado | 0.2M Ca(OH)2 | 26 min | 30 min | 100mg/L | Agua superficial | - | 800NTU | 6.87 | 10.5NTU | 6.99 | 98.69% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------|---|---|--------|--------|---|------------------|----|-----------|------|----------|-----|--------|
| 34 | El Nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua | Contreras Lozano, y otros, (2015) | <i>Opuntia ficus-indica</i> | Alumbre | (cladodio) Lavado, cortado, triturado, secado, pulverizado, extracción soxhlet con etanol | - | 21 min | 30 min | 40mg/L (10% <i>Opuntia</i> y 90% Alumbre) | Agua superficial | - | 67NTU ± 4 | 7 | 1.78 NTU | - | 98.18% |
| 35 | Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal <i>Opuntia ficus-indica</i> | Olivero Verbel, y otros, (2013) | <i>Opuntia ficus-indica</i> | - | (cladodio) cortado en trozos, lavado, secado, molido, tamizado, extracción soxhlet con etanol | - | - | 60 min | 40 mg/L | Agua superficial | 1L | 276NTU | 7.22 | 18.63NTU | 6.9 | 93.25% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----------------------------|--|---|------------------------|------------------------------|--------|--------|------------|-----------------------|-------|---------|---|-------|---|--------|
| 46 | Eliminación de la turbidez del agua potable mediante coagulantes naturales. | Muthuraman, y otros, (2013) | <i>Strychnos Potatorum</i> | - | Pulverizado | 0,5 M de NaCl | 29 min | - | 1000mg/L | Agua turbia sintética | 200ml | 500NTU | 7 | 47NTU | - | 90.60% |
| 47 | Comparación del rendimiento de la coagulación utilizando coagulantes naturales frente a los tradicionales | Elsayed, y otros, (2020) | <i>Trigonella foenum-graecum</i> (Fenogreco) | - | molienda y pulverizado | 5 gr de polvo/50ml NaCl 0.3M | 30 min | 10 min | 15ml/500ml | agua turbia sintética | 500ml | 500 NTU | 8 | 10NTU | - | 98% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---------------------------------|---|---------|---|--------------------------------|--------|------------|--------------------|-----------------------|-------|--|-----|----------|---|--------|
| 48 | Tratamiento de aguas superficiales utilizando semillas de tamarindo como coagulantes mediante el proceso de coagulación | Zainol, y otros, (2020) | <i>Tamarindus indica</i> (Tamarindo) | - | molido y tamizado | 1L agua destilada | 21 min | 1 hora | 30mg/L | agua superficial | - | trabaja solo con porcentajes de remoción | 5 | - | - | 99.20% |
| | Uso optimizado de cloruro férrico y goma de semilla de sesbania (SSG) como ayuda coagulante | Siong-Chin, y | | Cloruro | | polvo/agua D. = p/v = 1/30 = | | | FeCl3= 10.2 mg/L | | | | | | | |
| 49 | sostenible para la reducción de la turbidez en el tratamiento del agua potable | otros, (2020) | <i>Sesbania</i> | Férrico | pulverizado | S Mezcla F.= S/etanol = v/v | 16 min | 2.5 min | Sesbania=4 .52mg/L | agua superficial | - | 285NTU | 6.4 | 4.9NTU | - | 98.30% |
| 50 | Evaluación comparativa de Glycine max L. (SOYA) y Alum para el tratamiento de aguas turbias | Hussain, y otros, (2020) | <i>Glycine max L. (SOJA)</i> | - | Lavado, secado, triturado, tamizado | agua destilada | 26min | 30min | 44mg/L | agua turbia sintética | - | 202NTU | 4 | 2.4NTU | - | <95% |
| 51 | Actividad de coagulación del extracto de semilla de <i>Zygia cauliflora</i> (WILLD.) KILLIP aplicado en tratamiento de agua | Aoki Domingues, y otros, (2020) | <i>Zygia cauliflora</i> | - | Pelado, molido, desengrasado con etanol al 95% y secado de cáscaras de semillas | 0.1L NaCl 0.0M | 15 min | 16 minutos | 2 mg/L | agua superficial | 1 L | 76.3 NTU | - | 22.9NTU | - | 70% |
| 52 | Evaluación de alternativas de bajo costo para la purificación de agua en las aldeas de palafitos de Ciénaga Grande de Santa Marta | Lugo Arias, y otros, (2019) | <i>Cassia Fistula</i> | - | pelado, molido y tamizado | 1L agua filtrada | 7 min | 2 horas | 25mg/L | agua superficial | - | 650NTU | - | 195NTU | - | 70% |
| 53 | Utilización de extractos de cáscaras de Musa paradisica (plátano) y semillas de Dolichos lablab (frijol indio) como coagulantes naturales de bajo costo para eliminar la turbidez del agua | Daverey, y otros, (2018) | <i>Dolichos Lablab</i> | - | pulverizado | polvo 1gr/100ml agua destilada | 22min | 60 min | 0.6ml/L | agua turbia sintética | 500ml | 62NTU | 11 | 0.7NTU | - | 98.84% |
| 54 | Extracto de lenteja roja (<i>Lens culinaris</i>) como un nuevo coagulante natural para la reducción de la turbidez: un estudio de evaluación, caracterización y optimización del rendimiento | Siong-Chin, y otros, (2019) | <i>Lens Culinaris</i> | - | lavado, secado, molido, tamizado | 1L agua destilada | 21min | 3 min | 26.3mg/L | agua turbia sintética | - | 800NTU | 4 | 9NTU | - | 98.87% |
| 55 | Evaluación de la eficiencia del coagulante natural obtenido por ultrafiltración de extracto de semilla de frijol común en remoción de turbidez de agua | Antov, y otros, (2012) | <i>Phaseolus vulgaris</i> | - | molido y tamizado | polvo 10gr/100ml NaCl 0.5M | 31 min | 1 hora | 1ml/L | agua turbia sintética | 1L | 35 NTU | 9.5 | 17.29NTU | - | 50.60% |
| 56 | Extractos de semillas de habas (<i>Vicia faba L.</i>) como coagulantes naturales | Kukic, y otros, (2015) | <i>Vicia faba L.</i> | - | triturado, molido, tamizado | polvo 10gr/1L NaCl | 32 min | 2 hora | 0.5ml/L | agua turbia sintética | 200ml | 90NTU | 7 | 47NTU | - | 48% |
| 57 | Eliminación de la turbidez del agua potable mediante coagulantes naturales. | Muthuraman, y otros, (2013) | <i>Strychnos Potatorum</i> | - | molido y tamizado | 1L NaCl 0.5M | 29min | - | 1000mg/L | agua turbia sintética | - | 500NTU | 7 | 63.5 | - | 87.30% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|-------|-------|---------|------------------|----|---------|------|---------|-----|--------|
| 58 | Estudio de las características coagulantes/floculantes de polímeros orgánicos extraídos de residuos para el tratamiento de agua | Buenaño, y otros, (2019) | <i>Tamarindus indica</i> (Tamarindo) | Sulfato de aluminio 60mg/L | hidratación, secado, triturado, tamizado | (polvo/agua destilada) al 5% | 21min | 30min | 0.6mg/L | agua superficial | - | 5.30NTU | 7.88 | 0.4NTU | 7.1 | 87.60% |
| 59 | Evaluación de la eficiencia del coagulante de tragacanto que ayuda a eliminar materiales coloidales y sólidos en suspensión que crean turbidez en el agua del río Karun | Farhadi, y otros, (2016) | <i>Tragacantha</i> | Policloruro de Aluminio 30mg/L | pulverizado | agua destilada | 32min | 30min | 1.5mg/L | agua superficial | 1L | 68.8NTU | 7 | 5.76NTU | - | 91.60% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|--|---------|------------|--|----------------------------|-------|---------|------|----------|------|--------|
| 60 | Ultrafiltración como método simple de purificación de un extracto de agua de semilla de frijol común como coagulante natural | Prodanović, (2020) | <i>Phaseolus vulgaris</i> | - | pulverizado | 10g de polvo/1L agua destilada | 31 minu | 1 hora | 0.4ml/L | agua turbia sintética | - | 220NTU | 5.5 | 20NTU | - | 91% |
| 61 | Una evaluación del uso de formas nativas y desnaturalizadas de proteínas de semillas de okra como coagulantes en el tratamiento del agua potable. | Ndahi Jones, y otros, (2016) | <i>Abelmoschus esculentus</i> | - | (semilla) triturado, pulverizado y tamizado | 100ml de NaCl 1.0 M | 31 min | 1 hora | 40mg/L | agua turbia sintética | 1L | 200NTU | 4 | 2NTU | - | 99% |
| 62 | Evaluación del desempeño de la okra (<i>Abelmoschus esculentus</i>) como coagulante para la eliminación de turbidez en el tratamiento de agua | Ridwan, y otros, (2013) | <i>Abelmoschus esculentus</i> | - | (semilla) cortado en trozos, secado, trituración y molido | 100ml NaCl 1.0M | 32min | 1 hora | 25mg/L | agua turbia sintética | 1L | 55NTU | 7 | 4.4NTU | - | 92% |
| 63 | Utilización de extractos de cáscaras de <i>Musa paradisiaca</i> (plátano) y semillas de <i>Dolichos lablab</i> (frijol indio) como coagulantes naturales de bajo costo para eliminar la turbidez del agua | Daverey, y otros, (2018) | <i>Dolichos Lablab</i> | - | pulverizado | polvo 1gr/100ml agua destilada | 22min | 60 min | 0.6ml/L | agua turbia sintética | 500ml | 62NTU | 11 | 0.7NTU | - | 98.14% |
| 64 | Médula de plátano como coagulante natural para aguas de río contaminadas | Kakoi, y otros, (2016) | <i>Musa paradisiaca</i> | - | Lavado, cortado, secado, molido y tamizado de semillas | agua destilada | 23 min | 30 min | 0,1 kg / m3 | agua de río | 500ml | 279 NTU | 4 | 4 NTU | - | 98.56% |
| 65 | Estudio de las características coagulantes/floculantes de polímeros orgánicos extraídos de residuos para el tratamiento de agua | Buenaño, y otros, (2019) | <i>Musa paradisiaca</i> | sulfato de aluminio (SA) | selección de cascara, lavado y molido empleando una proporción de piel: 1 500 ppm de solución de bisulfito de sodio y pectinasa a 0,2 mL / | agua destilada | 21 min | 30 min | 50mg/LSA + 0,2 mg/L SA | agua natural cruda | 1L | 200NTU | 7,00 | 30,5NTU | 7,00 | 91,4 % |
| 66 | Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano | Trujillo, y otros, (2014) | <i>Musa paradisiaca</i> | Sulfato de Aluminio SA | lavado, macerado, separación y ventrifugación , secado, pulverizado y empacado. | agua destilada | - | - | 50:50 porcentaje en peso: almidón de plátano + 20, 40, 60, 80 y 100 mg/L | agua superficial | - | 360 NTU | 7,89 | 3.9 NTU | - | 98.90% |
| 67 | Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante | Sierra Julio, y otros, (2019) | <i>Musa paradisiaca</i> | - | deshije, lavado, cortado, secado, triturado del seudotallo. | 100ml agua destilada | 80 min | 15 minutos | | agua de río | 1L | 210 NTU | 7,20 | 15.44NTU | - | 67,57% |
| 68 | Caracterización y rendimiento de tres productos de coagulación Kenaf en diferentes condiciones de funcionamiento | Okoro, y otros, (2020) | <i>Hibiscus cannabinus</i> | - | (semilla) lavado, secado, triturado y tamizado | solución al 5% (p/v) = polvo / NaCl 1.0M | 16.5min | 24horas | 67mg/L | agua turbia semi-sintética | - | 500NTU | 7 | 26NTU | - | 94.80% |
| 69 | Uso potencial del extracto de hoja de <i>Hibiscus Rosa-Sinensis</i> para la desestabilización del agua turbia | Nidheesh, y otros, (2016) | <i>Hibiscus Rosa-Sinensis</i> | - | (hojas) lavado, cortado, triturado hasta formar una pasta | 100 ml agua destilada | | 20minuto s | 1.5mg/L | agua turbia sintética | - | 325NTU | 6.8 | 78NTU | - | 76% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----------------------------|----------------------------|---|--|--|--------|------------|---------|-----------------------|--------|---------|------|----------|-----|-----|
| 70 | Una evaluación basada en fluorescencia del destino de la materia orgánica en el agua tratada con semillas de hibisco crudas purificadas como coagulante en el tratamiento de agua potable | Ndahi, y otros, (2018) | <i>Hibiscus</i> | - | (semilla) lavado, secado, molido, tamizado | solución al 2% (p/v) = polvo / NaCl 1.0M | 31 min | 1 hora | 50mg/L | agua turbia sintética | 1L | 8.4NTU | 7.6 | 1.60NTU | 7.4 | 81% |
| 71 | Comportamiento de la turbidez, pH, alcalinidad y color del agua cruda del río Sinú tratada con coagulantes naturales | Feria Díaz, y otros, (2016) | <i>Hylocereus Trigonus</i> | - | secado, molido y tamizado | agua destilada | 21 min | 20 minutos | 55 mg/L | agua de río | 500 ml | 301 NTU | 8.11 | 60.2 NTU | 8.2 | 80% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---|------------------------------------|------------|------------|---|-----------------------------|--------|-----------|------|-----------|------|---------|
| 72 | Tratamiento de agua cruda del río Sinú mediante coagulantes naturales | Rodiño Arguello, y otros, (2015) | <i>Hylocereus Trigonus</i> | - | secado en horno, molienda y tamizado de tallos | 1L cloruro de sodio salino al 1,0% | 21 minutos | 20 minutos | 30 mg / L | agua de río | 500 ml | 56.33 NTU | 8.11 | 21NTU | 7.6 | 63% |
| 73 | Citrus aurantiifolia y citrus microcarpa residuos de cáscaras de frutas como coagulantes naturales ecológicos | Dollah, y otros, (2020) | <i>Citrus Aurantiifolia</i> | Citrus Microcarpa (CM) | Lavado de cáscara, secado, molido de las cáscaras | 1 L NaCl 1,0M | 23 minutos | 60 minutos | 0.5 mg / l | agua sintetica | 500 ml | 134 NTU | 6.5 | 30 NTU | - | 77,6% |
| 74 | Residuos de cáscaras de cítricos como fuente de coagulante natural para eliminar la turbidez del agua | Dollah, y otros, (2019) | <i>Citrus Aurantiifolia</i> | - | lavado, secado, molido y tamizado | 30 ml de agua destilada | 16 minutos | 20 minutos | 60 mg / l | agua sintetica | 500 ml | 20.10 NTU | 6.5 | 5.22 NTU | - | 74% |
| 75 | Valorización de residuos de la industria de la naranja para formar un coagulante y adsorbente natural | Kebaili, y otros, (2018) | <i>Citrus sinensis</i> | - | secado, destilado, blanqueado, lavado y secado | 0.5 M NaOH | 35 minutos | 30 minutos | 6 mg / l | agua turbia sintetica | 1 L | 500 NTU | 8 | 1,62 NTU | 3 | 99.70% |
| 76 | Estudio de las características coagulantes/floculantes de polímeros orgánicos extraídos de residuos para el tratamiento de agua | Buenaño, y otros, (2020) | <i>Citrus sinensis</i> | Sulfato de aluminio | pectina se extrajo exclusivamente del albedo de piel de naranja (Citrus sinensis) | - | 21 minutos | 30 minutos | 60mg/LSA + 60 mg/L PCN | agua natural cruda | 1 L | 280 NTU | 7,88 | 30.24 NTU | 6,99 | 89,2% |
| 77 | Efectividad de la mezcla de almidón de nopal y yuca como sustancias clarificantes en la potabilización de agua: un estudio de caso en Colombia | Lugo Arias, y otros, (2020) | <i>Manihot esculenta</i> | - | pulverizado | solución al 1% con agua destilada | 21 minutos | 20 minutos | 25 mg/L | agua de río | - | 360 NTU | - | 31.7 NTU | - | 60.40% |
| 78 | Una coagulación mejorada utilizando un coagulante a base de almidón asistido por ácido polisilícico en el tratamiento de aguas superficiales simuladas y reales | Tang, y otros, (2020) | - | - | eterificación | - | 17 minutos | 20 minutos | 0.3 mg / L | agua superficial modificada | 250 ml | 30 NTU | - | 1.60NTU | - | 94.70% |
| 79 | Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del Al ₂ (SO ₄) ₃ para clarificación de aguas | Fuentes Molina, y otros, (2016) | <i>Manihot esculenta</i> | - | pelado, cortado, molido y tamizado. | NaOH | 26 minutos | 30 min | 60 mg/L | agua de río | - | 800 NTU | 6.93 | 17.5 NTU | 7 | 98.01% |
| 80 | Clarificación del agua de un humedal usando una mezcla de coagulantes naturales | Riaños et al., 2019 | <i>Manihot esculenta</i> | <i>Moringa oleifera</i> | pelado, molido y tamizado | ml de agua desti | 21 min | 15 min | 600 mg/L (50% MO y 50% Almidón de yuca) | agua de humedal | - | 320 NTU | 7.2 | 29.9NTU | - | 93.40% |
| 81 | Estudio comparativo entre el sulfato de aluminio y Lemna perpusilla como coagulantes para el tratamiento del agua: estudio de caso Lake Cibuntu, West Java | Prihatinningtyas, y otros, (2020) | <i>Lemna perpusilla</i> | - | lavado, secado, triturado, pulverizado y tamizado | 1L NaCl 1.0M | 16 minutos | 30 minutos | 5mg/L | agua superficial | 500ml | 13.5NTU | - | 0NTU | - | 100.00% |
| | Eliminación de turbidez en el tratamiento de aguas | Prihatinningtyas | <i>Lemna</i> | - | lavado, secado, triturado, | | 21minut | 30minuto | | agua turbia | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|-------------------------|-----------------------|---|--|-------------------|------------|------------|---------|-----------------------|--------|--------|------|---------|---|--------|
| 82 | con coagulante natural de Lemna perpusilla | E., 2019 | <i>perpusilla</i> | - | pulverizado y tamizado | 1L NaCl 1.0M | os | s | 30mg/L | sintética | 500ml | 150NTU | 11 | 12.5NTU | - | 91,65% |
| 83 | Rendimiento del coagulante natural extraído de la semilla de Plantago ovata para el tratamiento de aguas turbias | Dhivya, y otros, (2017) | <i>Plantago Ovata</i> | - | Lavado, secado, molienda, tamizado de semillas, desengrasado con etanol, centrifugado. | 100mL de NaCl 1 M | 32 minutos | 60 minutos | 30 mg/L | agua turbia sintética | 500 ml | 500NTU | 7.55 | 9.8 NTU | - | 98.04% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------|---------------|---------|---|--------------------------------|------------------|-----------------|------------------------|-----------|---------|--------|--------|
| | Efecto de las soluciones salinas sobre el rendimiento | Megersa, y otros, | <i>Maerua</i> | | | | | | | agua turbia | | 1.6 Absorvan | 0.08 | | | | |
| 84 | de la coagulación de <i>Moringa stenopetala</i> y <i>Maerua subcordata</i> para el tratamiento de aguas turbias | (2019) | <i>subcordata</i> | - | (tubérculo) triturado | 0.5 M NaCl | - | 3 horas | 2ug/ml | sintética | - | cia a 500nm | absorvancia a 500nm | - | 95% | | |
| | "Explorando coagulantes naturales como alternativas inminentes hacia la clarificación sostenible del agua" | Saritha, y otros, | <i>Maranta</i> | | | | | 40minut | 30minuto | | | | | | | | |
| 85 | - Un estudio comparativo de coagulantes naturales con alumbre | (2019) | <i>arundinacea</i> L. | - | Secado y pulverizado | - | | os | s | 0.3gr/L | agua superficial | - | 150NTU | 7 | 4.32NTU | - | 97.12% |
| 86 | Una nueva opción verde autóctona para la eliminación de la turbidez del sistema acuoso | Oladoja, y otros, (2017) | <i>Margaritarea discoidea</i> | - | (Semilla) molido | 5g/250ml de agua destilada | 32 minutos | 1 hora | 25ml/L | agua turbia sintética | 500ml | 175NTU | - | 3.5NTU | - | 98% | |
| 87 | Utilización de pericarpio de mangostán (Mp) como coagulante natural para reducir la dosis de alumbre en la eliminación de la turbidez del agua. | Mohsen, y otros, (2020) | <i>Garcinia mangostana</i> | Alumbre 7.5mg/L | (pericarpio) lavado, hervido, secado, pulverizado | 1L agua destilada | 18 minutos | 2 hora | 2.5mg/L | agua turbia semi- sintética | 500ml | 150NTU | 8 | 3NTU | - | 98% | |
| | La eficacia de la semilla de <i>Artocarpus heterophyllus</i> | Mahmood, y otros, | <i>Artocarpus</i> | | mezclado de semillas crudas | 500 mL de | 31 | 30 | | | | | | | | | |
| 88 | (yaca) cruda y seca como coagulante natural en el tratamiento del agua | (2019) | <i>heterophyllus</i> | - | y agua destilada como solvente | agua destilada | minutos | minutos | 60 mg/L | agua cruda | 500 ml | 47.8 NTU | - | 25.10 NTU | - | 47.49% | |
| 89 | Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia | Aguirre, y otros, (2018) | <i>Zea mays</i> | - | despulpado, secado, macerado, tamizado, desengrasado con etanol | NaCl (0.5 M) | 21 min | 15 min | 1.5 g/l | agua de río | 600 ml | 126.60 NTU | 7.41 | 49.6 NTU | - | 60.80% | |
| 90 | Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia | Aguirre, y otros, (2018) | <i>Azadirachta indica;</i> | - | despulpado, secado, macerado, tamizado, desengrasado con etanol | NaCl (0.5 M) | 21 min | 16 min | 0.8g/l | agua de río | 600 ml | 126.60 NTU | 7.42 | 69 NTU | - | 45% | |
| 91 | Potencial coagulante del extracto de roble iraní (<i>Quercus Branti</i>) como coagulante natural en la eliminación de turbidez del agua | Jamshidi, y otros, (2020) | <i>Quercus branti</i> | cloruro de polialuminio (PACl) | extracto macerado de bellota de roble | agua destilada | 31 minutos | 60 min | 50mg/L Extracto bellota + 35 mg/L PACl | agua turbia sintetica | 300 ml | 140 NTU | 6 | 20 NTU | - | 85% | |
| 92 | Extracto de piña como coagulante natural para la depuración de aguas turbias | Hussain, y otros, (2019) | <i>Pinus Pinea</i> | - | (piña) lavado, secado, molienda, segundo lavado, segundo secado y tamizado | 50gr/1L agua destilada | 30 minutos | 4 horas | 0,5ml/L | agua turbia sintética | 100ml | 75NTU | 10 | 28.5NTU | - | 62% | |
| | Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, | Fuentes Molina, y | | | pelado, cortado, molido y | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|----------------------------------|----------------------------|---|--|------------------------------------|------------|--------|-----------|-------------|---|-----------|------|----------|------|--------|
| 93 | como sustituto del Al ₂ (SO ₄) ₃ para clarificación de aguas | otros, (2016) | <i>Rhodophytas</i> | - | tamizado. | CaCl ₂ | 26 minuto | 30 min | 100 mg/l | agua de río | - | 800 NTU | 6.87 | 14.4 NTU | 6.99 | 98% |
| 94 | Tratamiento de agua cruda del río Sinú mediante coagulantes naturales | Rodiño Arguello, y otros, (2015) | <i>Hylocereus Trigonus</i> | - | secado en horno, molienda y tamizado de exudado gomoso | 1L cloruro de sodio salino al 1,0% | 21 minuto | 20 min | 31 mg / L | agua de río | - | 56.33 NTU | - | 10 NTU | - | 82.2% |
| 95 | Tratamiento de agua cruda del río Sinú mediante coagulantes naturales | Rodiño Arguello, y otros, (2015) | <i>Hylocereus Trigonus</i> | - | macerado de corteza | 1L cloruro de sodio salino al 1,0% | 21 minutos | 20 min | 40 mg / L | agua de río | - | 180 NTU | - | 15 NTU | - | 91.70% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|------------|--------|----------|-----------------------|--------|------------------|-----------|-----------|---|-------|
| 96 | El Extracto de Semillas de Mango (<i>Mangifera indica</i> L) como Coagulante Natural en la Potabilización de Aguas | Martínez Morris, y otros, (2017) | <i>Semillas de Mango (Mangifera indica L)</i> | - | pelados, lavado, secado, molienda, tamizado | agua destilada | 32 minutos | 30 min | 50 mg/L | Agua turbia sintética | 500 ml | 200 NTU | 6,9 ± 0,0 | 4.4 NTU | - | 97,8% |
| 97 | Evaluación de <i>Aloe arborescens</i> como coagulante para la eliminación de color y turbidez en tratamiento de agua convencional | Rodríguez, y otros, (2020) | <i>Aloe arborescens</i> | - | pelado, batido y filtrado | gel 100ml/100ml agua destilada | 32 minutos | 1 hora | 1.5 mL/L | agua de río | - | 17.01 ± 7.16 NTU | 7 | 10.88 NTU | - | 36% |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Validación N°2



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombre: GABRIEL BLAS SANTOS CONFESOR
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la EP Ingeniería Industrial-USP
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Metodología de la investigación
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Matriz de recolección de datos.
 1.5. Autor de instrumento: Jorge Valentin Chuquicajas Mori, Ada Nathalie Julca Tenorio.

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

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

| |
|---|
| X |
| X |

| |
|----|
| 95 |
|----|

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 04 de Febrero del 2021

Dr. SANTOS GABRIEL BLAS
 ING. INDUSTRIAL
 REGISTRO CIP N° 47862

Firma del experto

Anexo 8. Validación N°3



VALIDACION DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombre Judyth Risco Ouezada
- 1.2 Cargo e Institución donde labora Fiscalizadora en Bureau vernas del PeV
- 1.3 E11>«i11lidad o línea de Invesbgaelón Gestión ambiental
- 1.4 Nombre del Instrumento motivo de evaluadOn Matrz de recolecciOn de datos
- 1.5 Autor de instrumento Jorge Valentn CIWJqu,cejas Moti. Ada Nalhllhe Julce Tenol'IO

It. ASPECTOS DE VALIDACION

| CRITERIOS | INotCA0041ES | ACEPTABLE | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | [...] | | | | | | | | | | | | | X |
| 2. OBJETIVIDAD | [...] | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. FIABILIDAD | [...] | | | | | | | | | | | | | X |
| 4. ORGANIZACIÓN | [...] | | | | | | | | | | | | | X |
| 5. SUFICIENCIA | [...] | | | | | | | | | | | | | X |
| 6. FUNCIONALIDAD | [...] | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | [...] | | | | | | | | | | | X | | |
| 8. COHERENCIA | [...] | | | | | | | | | | | X | | |
| 9. METODOLOGÍA | [...] | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PRECISIÓN | [...] | | | | | | | | | | | | | X |

III. OPINION DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los

requisitos para su aplicación

El Instrumento no cumple con los

Requisitos para su aplicación



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Cl'imbo1e. 08 de lebrero del 2021


 JUDYTH RISCO OUEZADA
 FISCALIZADORA
 BUREAU VERNAS DEL PEV
 Firma del experto

Anexo 9. Instrumento de recolección de datos validado



MATRIZ DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| TITULO | REFERENCIA | ESPECIE (NOMBRE CIENTIFICO) | ASOCIACIÓN DE COAGULANTE | PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COAGULANTE NATURAL | SOLVENTE DEL COAGULANTE NATURAL | TIEMPO (C-F) | TIEMPO (S) | DOSIS APLICADA | TIPO DE MUESTRA | CANTIDAD DE MUESTRA | PARAMETROS INICIALES | | PARAMETROS FINALES | | PORCENTAJE DE REMOCIÓN |
|--------|------------|-----------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|--------------|------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|----|--------------------|----|------------------------|
| | | | | | | | | | | | TURBIDEZ | PH | TURBIDEZ | PH | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

- * C-F: Coagulación floculación
- * S: Sedimentación

Firmado digitalmente por Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento (DN):
 cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros del Perú, ou=CIP 196897,
 email=fpillpa@gmail.com, c=PE
 Fecha: 2021.01.20 08:36:23 -05'00'

Dr. SANTOS GABRIEL BLAS
 ING. INDUSTRIAL
 REGISTRO CIP N° 47862

JUDYTH RISCO QUEZADA
 ING. AGROINDUSTRIAL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 129162

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE LOS AUTORES

Nosotros, Jorge Valentín, Chuquicajas Mori y Ada Nathalie, Julca Tenorio, alumnos de la Facultad de Ingeniería ambiental de la Universidad César Vallejo Lima, declaramos bajo juramento que los datos e información que acompaña a la Tesis titulada “Coagulantes naturales como alternativa en la remoción de la turbiedad para el tratamiento de aguas superficiales”, son:

1. De nuestra autoría
2. La presente tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
3. La presente Tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente.
4. Los resultados presentados en la presente Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

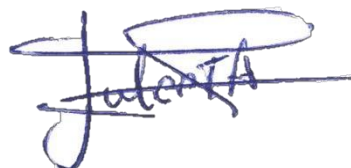
En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 19 de enero del 2021



CHUQUICAJAS MORI, Jorge Valentín

DNI: 70014932



JULCA TENORIO, Ada Nathalie

DNI: 7303787