



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales  
con metales pesados a nivel mundial: Una revisión  
sistemática los últimos 5 años**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Asto Huamani, Edison ([orcid.org/0000-0002-0840-7978](https://orcid.org/0000-0002-0840-7978))

Chahuasoncco Curi, Stefany Dayana ([orcid.org/0000-0003-2842-596X](https://orcid.org/0000-0003-2842-596X))

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio ([orcid.org/0000-0002-3419-7361](https://orcid.org/0000-0002-3419-7361))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamientos y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

Dedico a Dios, por haberme bendecido con mi madre querida, Lucia Huamani, mi padre, mis hermanos, a mis hijos y a mi compañera de vida para llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

### **Asto Huamani, Edison.**

Le dedico a mi madre Haydee, a mi padre Luis Alberto, a mis hermanos y a mi pequeño hijo Gustavo, que son mi motivo de seguir adelante y cumplir mis metas.

### **Chahuasoncco Curi, Stefany Dayana**

## **Agradecimiento**

Agradecer a mi asesor por su continua orientación y recomendación, así también a mis hermanas Rosa y Esmilda que han sido de apoyo fundamental para esta investigación.

### **Asto Huamani, Edison**

Agradecer a mi asesor por brindarnos su orientación y sabiduría, a mi compañero de tesis por la paciencia y apoyo.

### **Chahuasoncco Curi, Stefany Dayana.**

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Índice de anexos .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III.METODOLOGÍA.....	20
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3. Escenario de estudio .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4. Participantes .....</b>	<b>21</b>
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.6. Procedimiento.....</b>	<b>23</b>
<b>3.7. Rigor científico .....</b>	<b>26</b>
<b>3.8 Método de análisis de datos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.9. Aspectos éticos.....</b>	<b>28</b>
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES .....	53
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	55
<b><u>ANEXOS</u></b>	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Nombres de las fichas de recolección de datos .....	22
<b>Tabla 2.</b> Validación de Juicio de expertos.....	22
<b>Tabla 3.</b> Distribución porcentual de los documentos seleccionados. ....	25
<b>Tabla 4.</b> Tipos de coagulantes en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.....	29
<b>Tabla 5.</b> Tiempo de coagulación la velocidad de agitación y la dosis óptima de los coagulantes naturales .....	33
<b>Tabla 6.</b> Remoción de metales pesados con coagulantes naturales. ....	40
<b>Tabla 7.</b> Porcentaje de remoción del coagulante Moringa Oleifera .....	43
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje de remoción del coagulante Opuntia Ficus indica .....	44
<b>Tabla 9.</b> Nivel máximo de remoción de los coagulantes Goma de guar, Leucaena leucocephala, Quitosano y Tacca leontopetaloides.....	45
<b>Tabla 10.</b> Coagulantes más utilizados en la remoción de metales.....	46

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Diagrama de bloque de análisis de los artículos seleccionados.	23
<b>Figura 2:</b> Distribución porcentual de los documentos seleccionados	25
<b>Figura 3:</b> Artículos consultados a nivel mundial	29
<b>Figura 4:</b> Origen de los coagulantes naturales	30
<b>Figura 5:</b> Proceso de coagulación con la Moringa Oleifera a mezcla rápida.	33
<b>Figura 6:</b> Proceso de coagulación con la Moringa oleifera a mezcla lenta	34
<b>Figura 7:</b> Proceso de coagulación con Opuntia ficus Indica a mezcla rápida.	34
<b>Figura 8:</b> Proceso de coagulación con Opuntia ficus Indica a mezcla lenta	35
<b>Figura 9 :</b> Proceso de coagulación con Goma de guar, Leucaena leucocephla, Quitosano, Tacca leontopetaloides, conchas de crustáceo y cortezas de pino a mezcla rápida	36
<b>Figura 10:</b> Proceso de coagulación con Goma de guar, Leucaena leucocephla, Quitosano, Tacca leontopetaloides, conchas de crustáceo y cortezas de pino a mezcla lenta.	37
<b>Figura 11:</b> Tipos de aguas tratadas con coagulantes naturales.	41
<b>Figura 12:</b> cantidad de los coagulantes naturales.	46

## Índice de anexos

<b>Anexo 1:</b> Matriz de Operacionalización de variables	63
<b>Anexo 2:</b> Instrumentos de validación	64

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, se analizaron un total de 30 artículos científicos y se determinó que el coagulante más utilizado fue la *Moringa Oleifera*, del mismo modo se encontraron otros coagulantes en la remoción de metales pesados y fueron los siguientes: Tuna, Guaje, Chitosan, Pino, Cascaras de cangrejo, Cascaras de huevo de gallina, Cascaras de naranja, Arrurruz polinesio, y Guaran ; por otro lado al tiempo de coagulación, la velocidad de agitación y la dosis óptima de coagulante, fueron factores importantes en el proceso de coagulación, de igual manera las remociones máximas de los metales pesados fueron las siguientes: Moringa Oleifera removió el Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu en un 99.99%, 99.98%, 99.99%, 91.67%, 90.49%, 22.70%, 76%, 93.73% respectivamente; la Opuntia ficus indica removió el Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, As, Ni en un 98.14%, 40.00%, 40.00%, 90.00%, 90.00%, 60.00%, 40% respectivamente, con la Goma de guar se removió el Pb en un 83%; con la Leucaena leucocephala se removió el Cr en un 40,05%, con el quitosano se removió el Pb, Cd, Mn, Zn en un 86,87%, 94.91%, 91.31%, 76.0% respectivamente; finalmente con la tacca leontopetaloides se removió el Zn, Pb, Ni y Cd en un 98.5%, 80%, 98%, 93% respectivamente.

**Palabras clave:** coagulante natural, metales pesados, aguas residuales, Moringa Oleifera.



## Abstract

The objective of this research was to determine the most used natural coagulant in the treatment of wastewater with heavy metals, a total of 30 scientific articles were analyzed and it was determined that the most used coagulant was Moringa Oleifera, likewise other coagulants were found in the removal of heavy metals and they were the following: Tuna, Guaje, Chitosan, Pine, Crab shells, Hen egg shells, Orange shells, Polynesian arrowroot, and Guaran ; on the other hand to the coagulation time, agitation speed and optimal dose of coagulant, were important factors in the coagulation process, likewise the maximum removals of heavy metals were as follows: Moringa Oleifera removed Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu by 99.99%, 99.98%, 99.99%, 99.99%, 91.67%, 90.49%, 22.70%, 76%, 93.73% respectively; Opuntia ficus indica removed Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, As, Ni by 98.14%, 40.00%, 40.00%, 40.00%, 90.00%, 90.00%, 90.00%, 60.00%, 40% respectively, with guar gum Pb was removed by 83%; with Leucaena leucocephala Cr was removed by 40.05%, with chitosan Pb, Cd, Mn, Zn were removed by 86.87%, 94.91%, 91.31%, 76.0% respectively; finally with tacca leontopetaloides Zn, Pb, Ni and Cd were removed by 98.5%, 80%, 98%, 98%, 93% respectively.

**Keywords:** natural coagulant, heavy metals, wastewater, Moringa Oleifera.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el incremento de la contaminación del agua residual, es un problema generalizado que viene siendo afectado por diversas actividades antropogénicas, donde la presencia de metales pesados como cobre (Cu), cromo (Cr), zinc (Zn), níquel (Ni), boro (B), hierro (Fe), molibdeno (Mo), plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y plata (Ag), son los principales contaminantes del agua residual (Sylwan y Thorin, 2021, p.1), por lo cual aproximadamente el 40% de los lagos y ríos del planeta han sido contaminados por metales pesados (Zamora, et al., 2021, p.3), en ese contexto las aguas residuales, llegan al medio ambiente, amenazando la salud humana y el ecosistema, es por ello que los metales pesados no son biodegradables y pueden ser cancerígenos, por lo tanto, la presencia de estos metales en el agua podría ocasionar problemas de salud crítico para los organismos vivos (Qasem, et al., 2021, p.2).

Así mismo, las aguas residuales se generan principalmente del ensamblaje, la fabricación de productos electrónicos, textiles, uso de fertilizantes, pesticidas y actividades mineras (Ali, 2018, p.1), en tal sentido se afirma que las aguas residuales contienen gran cantidad de contaminantes tóxicos y dañinos, tales como contaminantes orgánicos, contaminantes inorgánicos y contaminantes biológicos (Chouhan, et al., 2018, p.1), es por ello que en actualidad la contaminación de las aguas residuales se ha convertido en una seria amenaza para los organismos vivos debido a su bioacumulación y la no biodegradabilidad en la naturaleza (Igiri, et al., 2018, p.2).

Por otro lado el tratamiento de aguas residuales, es crucial para reducir de manera eficiente la carga orgánica del agua contaminada, esto se viene realizando por medio de la coagulación, un mecanismo esencial que involucra la adición de coagulantes naturales responsables de la desestabilización y neutralización de partículas suspendidas (Preciosa, et al., 2021, p.2), este tratamiento de coagulación resulta ser un método ecológico y económicamente viable para la eliminación de este tipo de contaminantes y así salvaguardar la vida en los ecosistemas acuáticos (Harsha, et al., 2019, p.2), estos coagulantes están compuestos principalmente por polímeros y pueden ser extraídos de las plantas, animales y algas, resultando ser

eficientes en muchos casos para la remoción de metales pesados(Lun y Wahab, 2020, p.2).

En América latina, la gestión de las aguas residuales enfrenta grandes desafíos para alcanzar un estado sostenible. Aunque se ha construido suficiente infraestructura para tratar alrededor del 40% de las aguas residuales, solo entre el 15 y el 20% se trata de manera efectiva, y la infraestructura abandonada o defectuosa es algo común, situación que viene afectando de manera directa a la población (Benavides, et al., 2018, p.1), frente a esta situación los diversos gobiernos Latinoamericanos se han enfocado en desarrollar nuevas estrategias que permitan reducir la contaminación de estos efluentes por medio de la construcción de infraestructuras modernas que logren reducir en gran medida esta contaminación del agua proporcionándoles a la población calidad de vida (Abello, et al., 2020, p.194).

Del mismo modo el Perú no deja de ser ajeno a la problemática de las aguas residuales, se ha reportado que cerca de 2.2 millones de metros cúbicos de este tipo de efluentes, solo el 32% recibe un tratamiento adecuado, mientras que el resto de aguas contaminadas son vertidos de manera directa a cuerpos naturales de agua (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014, p.8), en consecuencia el riesgo para los seres humanos en contraer enfermedades por aguas residuales es cada día mayor (Custodio, et al., 2020, p.4), debido a que estas aguas se encuentran contaminadas por metales pesados como Cd, As, Cu, Cr, Pb, Sb, Zn y Ni, considerados altamente tóxicos para la salud de la población peruana (Pari, et al., 2020, p.4).

Por lo tanto, la problemática se centra en las aguas residuales contaminadas por metales pesados, donde las actividades antropogénicas como la metalurgia, minería, curtiembres, pintura, baterías, fertilizantes, etc.; son las principales causas de la contaminación del agua residual (Bahadur, et al., 2019, p.2), a raíz de esta problemática se ha generado consecuencias negativas que ponen en riesgo la vida de las diversas especies de flora y fauna en un determinado ecosistema, a ello se suma que estas consecuencias afectarían la salud humana ya que los metales pesados son compuestos androgénicos, mutagénicos y cancerígenos siendo

altamente tóxicos, no biodegradables y residen en varios estados de oxidación durante largos periodos en el medio ambiente (Sharma, et al., 2021, p.4), en ese contexto el estudio busca generar un mayor aporte a la investigación, donde el conocimiento sea divulgado para el mejor entendimiento de los lectores y como ellos deben tratar las aguas residuales con metales pesados.

Para dar sustento a lo anteriormente descrito se formula el siguiente **problema general** de la investigación: ¿Cuál es el coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados a nivel mundial? mientras que los **problemas específicos** de la investigación son los siguientes: **PE1**: ¿Cuáles son los tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados?, **PE2**: ¿Cuáles son los parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados? y **PE3**: ¿Cuál es el porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales?

El motivo que induce a realizar la investigación se justifica desde la parte metodológica, ambiental, teórica y económica; en relación a la parte metodológica el estudio se justifica porque generara un nuevo método o estrategia que permita generar un conocimiento valido y confiable para tratar aguas residuales con metales pesados, en tal sentido con las estrategias utilizadas se reducirán en gran medida el nivel de contaminación de las aguas residuales con metales pesados, respecto a la parte ambiental se justifica porque los coagulantes naturales al tener un origen natural no generaran contaminación al ambiente, lo cual resulta ser una alternativa eficiente para recuperar las aguas residuales por metales pesados, en ese sentido se deben usar siempre coagulantes naturales que permitan ser más amigables con el ambiente y logren disminuir la contaminación del agua en gran medida, en cuanto a la parte teórica el estudio se justifica porque generará reflexión sobre el conocimiento existente en relación a los coagulantes naturales, el cual permitirá aplicar tratamientos eficientes para reducir la contaminación del agua, es por ello que con la búsqueda de la información en las diversas fuentes bibliográficas será crucial para generar un mayor conocimiento, en cuanto a la parte económica el estudio se justifica porque al utilizar coagulantes naturales permite reducir costos

al momento de tratar el agua contaminada por metales pesados, es por eso que al usar estos materiales vegetales de bajo costo y de fácil acceso, será sumamente importante para las personas que pretenden descontaminar aguas con metales pesados.

El **objetivo general** de la investigación es: Determinar el coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados a nivel mundial, mientras que los **objetivos específicos** serán: **OE1:** Determinar los tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, **OE2:** Determinar los parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados y **OE3:** Determinar el porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales.

## II. MARCO TEÓRICO

Para dar sustento teórico a la investigación, a continuación, se presentan los siguientes antecedentes en el ámbito internacional.

Barreto et al. (2020) en su investigación tuvieron como objetivo medir el nivel de concentración del coagulante natural a base de semilla de aguacate y mucílago de café en la remoción de aguas residuales, la metodología empleada fue aplicada de diseño pre experimental, para llevar a cabo la parte experimental se utilizó la prueba de jarras donde se emplearon un total de 7 jarras con un litro de agua residual, las jarras fueron dosificadas con concentraciones de coagulante de 60, 120, 180, 240, 300 y 360 mg/L, los resultados del estudio fueron que el coagulante a base de semilla de aguacate logró una remoción de 44.27% en la turbiedad, muy por el contrario el coagulante a base de mucílago de café logró una remoción del 64,29% de la turbiedad, se concluye que los coagulantes naturales son eficientes en la reducción de la turbidez de aguas residuales.

Precious et al. (2021) en su investigación tuvo como objetivo medir el tiempo óptimo en el proceso de coagulación utilizando cáscaras de huevo; la metodología empleada fue de tipo experimental, en tal sentido el proceso de coagulación se aplicó a las aguas residuales, se investigaron los efectos de la dosis de coagulante (10–60 mg/L) y el tiempo de sedimentación para la eliminación de turbidez, color y sólidos suspendidos totales. Un probador de jarras JTL6 operando en condiciones de 150 rpm durante 2 min (mezclado rápido) y 30 rpm durante 15 min (mezclado lento). Los resultados mostraron una eliminación de aproximadamente el 80% de los contaminantes, se concluyó que a una dosis óptima y un tiempo de sedimentación de 20 mg/L y 30 min, respectivamente, se demostró claramente que el rendimiento de tratabilidad es viable para el tratamiento de aguas residuales.

Hariz, et al. (2018) en su investigación tuvo como objetivo conocer los costos de los coagulantes naturales respecto a los coagulantes químicos, en ese contexto se aplicó una metodología descriptiva, los resultados del estudio mostraron que el coagulante natural es mucho más económico que el coagulante químico, asimismo los coagulantes químicos, como el alumbre, necesitan ayuda para tratar eficazmente el agua de alta turbidez, lo que hace que sea más costoso y difícil de

usar en los países pobres. Mientras que los coagulantes naturales son mucho más baratos y se pueden extraer de varios desechos de plantas, lo que reduce en gran medida el costo del tratamiento. Sin embargo, se debe cumplir con un recurso abundante y disponible localmente para usar comercialmente el coagulante natural, se concluye que los coagulantes naturales son muchos más económicos que los coagulantes químicos.

Shaban, et al. (2020) en su investigación tuvieron como objetivo utilizar semillas de Moringa Oleifera para eliminar la turbidez del agua. Durante el trabajo experimental, muestras de agua de 250 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) se mezclaron con diversas cantidades de semillas de Moringa Oleifera en el laboratorio a temperatura ambiente durante 90 minutos. Cada 10 minutos. Además, se investigó el impacto del tiempo de mezclado, la dosis de Moringa Oleifera y el pH en la remoción de la turbidez. El resultado mostró que la turbidez del agua tratada disminuye con el aumento de la dosis de Moringa Oleifera y el tiempo de mezclado. Sin embargo, se notó que la eficiencia de eliminación de la turbidez disminuye cuando el valor de pH es superior a 7. La eliminación de la turbidez del agua del 92% se logró utilizando 8 g/l de Moringa Oleifera durante 80 minutos.

Jaradat, et al. (2021) en su investigación tuvieron como objetivo utilizar cáscara de huevo calcinada (CES) para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales. En el experimento de coagulación, la adición de alumbre a una dosis óptima (3,0 g/L) redujo los sólidos suspendidos totales (TSS) en un 80 %, mientras que el Fe, Pb, Zn, Cu, Ni, y Cr se redujeron en un 80 %, 77 %, 76 %, 73 %, 56 % y 49 %, respectivamente. En las condiciones hidrodinámicas aplicadas actuales, el uso de la columna de arena antes de la columna CES mejorar las eficiencias de eliminación de Fe, Pb, Cu, Zn, Ni y Cr del 50 % al 92 %, del 55 % al 93 %, del 60 % al 87 %, 53 % a 76%, 45% a 65% y 41% a 60%, respectivamente. Los resultados completos ilustran que CES puede ser competitivo con GAC para la eliminación de metales pesados de los lixiviados de vertederos, principalmente si se aplica después de la eliminación de MP mediante filtración con arena.

Orathi, et al. (2022) en su investigación tuvieron como objetivo investigar la condición óptima del residuo de cáscara de huevo de pollo (CES) y CES quemado

a 1-4 horas para la precipitación de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Zn (II). Se encontró que CES 1 g. con  $96,02 \pm 0,39$  % de  $\text{CaCO}_3$  podía eliminar cuatro metales pesados en 25,0 mg/ L de cada solución con un pH de 7 y un tiempo de precipitación de 30 min con un % de eliminación ( $98,30 \pm 0,17$ ,  $99,96 \pm 0,01$ ,  $99,98 \pm 0,05$ , y  $99,97 \pm 0,02$ ), respectivamente, mientras que, 1 hora de quema de CES1 sólo 0,5 g. dio la eficiencia de eliminación de cuatro metales pesados en la misma condición. Debido a que CES1 tenía mayor cantidad de óxido de calcio óxido. Que es más fácil de disolver y de compuesto de hidróxido con cada metal pesado, se llegó a concluir que el residuo de cáscara de huevo de gallina es más adecuado para la precipitación de metales pesados que la cáscara de huevo de gallina y puede utilizarse como coagulante de bajo coste para la eliminación de cuatro metales pesados.

Gumfawar y Buddharatna, (2017) en su investigación tuvieron como objetivo utilizar el proceso de coagulación para la eliminación del cromo hexavalente y el cadmio utilizando semillas de calabaza (*Cucurbita pepo*) y de la soja (*Glycine max*) para eliminar el Cr (VI) y el Cd (II), la metodología empleada fue de tipo experimental, los resultados de la investigación fueron que La máxima remoción de Cr(VI) fue de alrededor del 90,2% a una dosis de 8g/ L con una concentración inicial de 0,5mg/L a pH 6 usando soya como coagulante. La remoción de Cr (VI) usando semilla de calabaza como coagulante se encontró alrededor del 92.2% a la dosis de 6g/L. La remoción de Cd (II) con una concentración inicial de 1mg/L usando semilla de soya fue de 93.5% con dosis de 6g/L a pH 7. En el caso de Cd (II) la remoción usando semilla de calabaza fue de 93.3% con dosis de 4g/L, se llegó a concluir que la remoción de Cr (VI) y Cd (II) del agua, la semilla como coagulante natural resultó eficiente.

Viridiana, et al. (2022) en su investigación tuvo como objetivo utilizar el mucílago *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural en la remoción de metales pesados presentes en muestras de agua del río Yautepec, Morelos México. La metodología empleada fue de tipo experimental. Los resultados mostraron que el mucílago de *Opuntia ficus* tenía una reducción de la turbidez del agua turbidez del agua superior al 70% y una capacidad de eliminación superior al 90% para el hierro (Fe) y el manganeso (Mn), y mayor del 60% para el cromo (Cr) y el arsénico (As), y menos



del 40% para el cadmio (Cd), el níquel (Ni) y el plomo (Pb). Estos porcentajes mostraron una dependencia de las condiciones iniciales de pH, las concentraciones iniciales de metales pesados, así como de la concentración de mucílago de *Opuntia ficus* utilizada, se llegó a concluir que la utilización del coagulante *Opuntia ficus* es un coagulante eficiente en la remoción de los metales pesados, lo cual sería una alternativa eficiente en tratar aguas contaminadas por metales pesados.

Tanko, et al. (2020) en su investigación tuvo como objetivo utilizar semillas de *Moringa oleifera* en la eliminación de metales pesados de las aguas residuales de curtiduría en Challawa, Kano, Nigeria, la metodología empleada fue tipo experimental. Los resultados muestran que los niveles finales de metales pesados tras la aplicación de extractos de semillas de *Moringa Oleifera* estaban dentro de los límites aceptables. Las eficiencias de eliminación de metales pesados fueron las siguientes: 99,29% para el cadmio, el cromo y el hierro mientras que el 96,03%, el 95,56%, el 96,84%, el 87,41% y el 91,35% para el cobre, el cobalto, el plomo, el manganeso y el zinc, respectivamente, se llegó a concluir que El material barato, fácil y ecológico llamado *Moringa oleifera* podría recomendarse a las empresas para la eliminación eficaz de los metales pesados, con el fin de conseguir un entorno seguro y no contaminante y evitar que se ponga en peligro la vida de los animales acuáticos.

Ezeamaku, et al. (2018) en su investigación tuvieron como objetivo tratar agua contaminada con plomo utilizando sulfato de aluminio y *Moringa oleifera*, la metodología aplicada fue de tipo experimental, los resultados de la investigación fueron que el sulfato de aluminio tiene una mayor remoción de 71.36% a 600 C mientras que *moringa oleifera* tiene una eliminación del 64,54% a 600 C, del mismo también se encontró que la *Moringa oleifera* que a una dosis óptima de 2.00g remueve un 71.59% como porcentaje de remoción; mientras que el sulfato de aluminio en un 2.50g remueve un 74,99%, se llegó a concluir que la *moringa oleifera* es mejor que el sulfato de aluminio porque es un polímero natural que no daña la salud humana, es respetuoso con el medio ambiente y está disponible en el mercado y se puede plantar como un árbol económico en Nigeria.

Ndive, et al. (2021) en su investigación tuvo como objetivo utilizar Cactus Opuntia (COE), en la remoción de metales pesados, la metodología empleada fue de tipo experimental; los resultados revelan que la eficiencia de eliminación de la turbidez y la concentración de iones de cromo se vio muy influenciada por los efectos de los parámetros del proceso, como la dosis de coagulante, el pH del efluente, la concentración inicial del efluente y el tiempo de sedimentación. La eficiencia de remoción óptima se registró a una dosis de 3 g/l para coagulantes COE a pH 6. Las eficiencias máximas obtenidas fueron del 99,6 % y 98,14 % para la remoción de turbidez y concentración de iones de cromo usando COE, respectivamente, se llegó a concluir que el Cactus Opuntia (COE) muestra ser eficiente en la remoción de metales pesados.

An et al. (2021, p.2) en su investigación tuvo por objetivo utilizar la torta prensada de la Moringa oleífera para eliminar metales pesados en aguas residuales, la metodología de la investigación consistió en cosechar la torta prensada de Moringa Oleífera (MOPC) en el mercado de Mianyang, China, posteriormente se procedió al prensado, para luego ser remojado durante 24 horas con el fin de eliminar el aceite del MOPC, luego de obtenido el MOPC, se preparó a diferentes soluciones. Los resultados arrojaron que luego del tratamiento con MOPC. La eliminación de cromo y cadmio (2 mg/L) fue del 92,85 % y 89,84 %, para (4 mg/L) el cromo y el cadmio fue del 82,30 % y 81,23 %, mientras que para (6 mg/L) el cromo y el cadmio se anotó como 81.53% y 79.52%, en relación al parámetro de la turbidez se observó que de un 47.7 NTU, se redujo a un mínimo de 9.7 NTU luego de agregar MOPC en una solución de MOPC con un óptimo de 20,000 ppm, se concluye que la torta prensada de Moringa oleífera es un buen coagulante y removedor de metales pesados.

Abbas (2018, p.1) en su investigación tuvo por objetivo utilizar semillas de Moringa Oleífera para la eliminación de metales pesados en aguas residuales de Indorama Eleme Fertilizer Company Limited, la metodología para obtener el coagulante primeramente se recogió la semillas de Moringa, se retiró las cascarras, se lavó, se secó y finalmente se molió hasta obtener un polvo fino, la investigación consistió en recolectar muestras de aguas residuales donde se prepararon muestras de la siguiente manera: muestra de agua residual sin tratar, muestra de agua residual

tratada con semilla de moringa, y muestra de agua residual tratada con semilla de moringa activada. El resultado indicó que la muestra de agua residual tratada con semilla de moringa y la muestra de agua residual muestra tratada con semilla de moringa activada tiene eficiencia de remoción 89,67%; 90.60%; 80.76% para Cobre, Zinc y Hierro respectivamente, se concluyó que las semillas de Moringa Oleífera es un biosorbente eficaz para eliminar los metales pesados de las aguas residuales.

Vargas et al. (2022, p.5) en su investigación tuvo como objetivo medir la capacidad del mucílago de *Opuntia ficus -indica* como material coagulante para la remoción de metales pesados, la metodología consistió en recolectar diez muestras de agua en diferentes sitios del río Yautepec, para que posteriormente sean sometidas a un proceso de coagulación por el método de jarras, luego de aplicado el proceso de coagulación, los resultados demostraron que el porcentaje de remoción de turbidez del agua se redujo a un 70%, mientras que la capacidad de remoción de un 90% fue para el hierro (Fe) y manganeso (Mn), seguidamente también se encontró que a un 60% se logró remover a metales como cromo (Cr) y arsénico (As), y finalmente con un 40%, se removió metales como cadmio (Cd), níquel (Ni) y plomo (Pb), con estos resultados encontrados se demuestra que el Mucílago de *Opuntia Ficus-Indica* es un coagulante eficiente en la remoción de metales pesados.

Ali y Tien (2018, p.2) en su investigación tuvo por objetivo eliminar metales pesados haciendo uso de la proteína coagulante Moringa oleífera (MOPC) en aguas residuales del río Balok Gebeng –Malasia, la metodología aplicada consistió en obtener la torta prensada de Moringa Oleífera (MOPC), para que sea sometido a diversos procesos y se obtenga un coagulante de MOPC, Luego de obtenido el coagulante se prepararon diversas soluciones con diversos tratamientos, haciendo uso de la prueba de jarras. Los resultados de la investigación muestran que El MOPC removió 69.99 % Fe, 88.86 % Cu y 93.73 % Cr a concentración óptima de 10000 ppm, 5000 ppm y 15000 ppm, respectivamente, además se determinó que el MOPC redujo el 34,94 % de la DQO y el 81,6 % de la turbidez, se llegó a concluir que el MOPC es un buen removedor de metales pesados. A medida que asciende la concentración de MOPC, se aumenta el porcentaje de eliminación de metales pesados hasta que se utiliza la concentración óptima.

Nithya y Abirami (2018, p.2) en su investigación tuvo por objetivo utilizar coagulantes naturales a base corteza de pino y quitosano en la eliminación de lixiviados, la metodología de la investigación consistió en recolectar los coagulantes naturales y someterlos a diversos procesos hasta obtener un polvo del coagulante, para que sea aplicado en diferentes dosis y así evaluar la eficiencia de dichos coagulantes. En base a la turbidez, el resultado de la coagulación mostró que los coagulantes naturales eran más eficaces en condiciones ácidas y condiciones neutras. Con la dosis de coagulante de quitosano 0,6g/mL la eliminación de la turbidez fue del 85,2% y en el pH óptimo 6 la eliminación máxima de turbidez fue del 91,3% y para la de corteza de pino de 4g/mL la eliminación de la turbidez es del 83,3% y a un pH óptimo de 7, la eliminación de la turbidez fue del 85,2%, de la investigación se concluye que el polvo de quitosano y la corteza de pino son eficientes en la eliminación de diversos parámetros lo cual resulta una alternativa eficaz para tratar este tipo de efluentes.

Espinoza y Zuluaga (2018, p.2) en su investigación tuvo como objetivo analizar la capacidad del coagulante *Moringa Oleifera* para eliminar las cargas de contaminantes en el efluente final de la empresa textil INRUZZ S.A.S, la metodología empleada fue de enfoque mixto, con método de investigación deductivo, la parte experimental de la investigación consistió en aplicar el coagulante en diferentes dosis y concentraciones con el fin de conocer cuál sería el tratamiento más efectivo es eliminar este tipo de efluentes. Los resultados arrojaron que la *Moringa* fue el coagulante que más suficiencia de remoción obtuvo, alcanzando valores de 66,20% de turbidez, 25,50% para DQO, 62,50% para Color y 74,80% para SST, con estos resultados obtenidos se llegó a concluir que la *Moringa oleífera* es un coagulante natural sumamente eficiente en la reducción de diversos parámetros físico químicos generando menos contaminación al ambiente.

Gebretsadik et al. (2020, p.4) en su investigación tuvo por objetivo utilizar coagulante natural a base de *Eucalyptus camaldulensis* eliminar metales pesados en aguas residuales. La metodología de la investigación consistió en recolectar el coagulante natural y someterlo a diversos procesos hasta obtener un polvo del coagulante, para que sea aplicado en diferentes dosis y así evaluar la eficiencia de

dichos coagulantes. Los resultados de la investigación diagnosticando que la eliminación máxima de Pb (II), Cd (II) y Cr (III) se observó a pH 10,0 para Pb y Cr y pH 12,0 para Cd, respectivamente, al pH óptimo y al tamaño de partícula estudiado, se obtuvo que la capacidad de adsorción (mg/L) del coagulante fue de 9.259, 6.173 y 47.619 para Pb, Cd y Cr. Por lo tanto, el hallazgo sugiere que el coagulante de *Eucalyptus camaldulensis* se puede emplear como un adsorbente alternativo de bajo costo en la eliminación de Pb, Cd y Cr de las aguas residuales contaminadas por metales pesados.

Seguidamente se presentan los antecedentes nacionales los cuales están ligados a los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

Olivera (2018, p.1) en su investigación tuvo por objetivo conocer cuál sería el efecto del coagulante Moringa Oleífera en la remoción de cromo IV, la metodología aplicada fue experimental de tipo pre experimental y de diseño estadístico, la fase experimental consistió en aplicar procesos de coagulación y floculación, haciendo uso de la prueba de jarras , donde hubo una mezcla rápida de 200 rpm por 60 segundos y a una mezcla lenta de 45 rpm por 10 min y 1 hora de sedimentación, para el presente estudio se tuvo en consideración el pH que fue de 8 y 10, así como también las concentraciones del coagulante natural de Moringa Oleífera que fue de 5% y 7%, en ese sentido se realizaron 4 ensayos con 3 repeticiones, por lo cual los resultados demostraron que la mayor remoción de cromo IV se logró con una concentración del coagulante del 7% con un pH de 10, lográndose remover el metal en un 95.6%, con este resultado se concluye que este coagulante natural es eficiente en la remoción del cromo IV.

Bendezu y Capcha (2021, p.2) en su investigación, tuvo por objetivo determinar el tiempo de coagulación y la concentración de coagulante Opuntia floccosa que optimizó la eliminación de Hierro y Plomo en aguas ácidas de la Minera Julcani, la metodología empleada fue una investigación aplicada, de nivel explicativo y de diseño experimental, la obtención del coagulante se dio por medio de el secado, molido y finalmente el tamizado, hasta obtener un producto pulverizado, para la fase experimental se utilizó la prueba de jarras donde los términos de coagulación

fueron a 100 rpm en tiempos de 2, 5 y 8 min, a una consistencia de coagulante de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm, con floculación de 50 rpm por 20 min y clarificación de 60 min, realizándose un total de 15 tratamientos, los resultados fueron que el mayor porcentaje de remoción de Hierro fue de 92.29%, mientras que para el plomo el mayor porcentaje de remoción fue de 87.42%, se concluyó que el coagulante *Opuntia floccosa* permite reducir en gran medida la contaminación del agua por metales pesados.

Aquino y Tovar (2021, p.2) en su investigación tuvieron como objetivo utilizar cáscara de *Solanum tuberosum* como coagulante natural en la remoción de plomo II en la Mina Carahuacra-Perú, la metodología empleada para la obtención del se realizó de la siguiente manera; lavado, cortado, secado, molido, tamizado y almacenado, una vez obtenido el coagulante se ejecutó el proceso de coagulación y floculación, haciendo uso de la prueba de jarras, el tiempo de coagulación alcanzó 3 min, a 100 RPM, en la floculación el tiempo fue de 20 min a 50 RPM, y 60 min de sedimentación, los resultados de la investigación determinaron que el coagulante natural a base *Solanum tuberosum* removió el plomo II en un 26,8%, con esta investigación se concluye que este coagulante no muestra un alto grado de eficiencia en la remoción del plomo II, por lo tanto se sugiere utilizar un coagulante alternativo que permita reducir la contaminación de este tipo de efluentes.

Aguilar (2019, p.2) en su investigación tuvo como objetivo utilizar la moringa oleífera como coagulante natural en la remoción de arsénico, en el centro poblado Cruz del Médano del distrito de Mórrope-Lambayeque, la metodología empleada se centró en una investigación aplicada de diseño pre experimental, para llevar a cabo la fase experimental de su estudio extrajo agua de 02 pozos en cual encontró que en pozo N° 1 la concentración de arsénico fue de 0.10 mg/L, mientras que el pozo N°2 la concentración de arsénico fue de 0.05 mg/L, posteriormente a ello el investigador aplicó el coagulante natural a base de Moringa oleífera empleando las siguientes dosis: D1: 1 g/l, D2: 3 g/l, D3: 5g/l, D4: 7g/l, D5: 9 g/l, D6: 11 g/l, donde se evidenció que la dosis más eficiente en la eliminación del arsénico fue la D5(9 g/l) y D6 (11 g/l), para lo cual el porcentaje de remoción fue del 90%, finalmente se concluye que la Moringa Oleífera es un coagulante eficiente en la remoción de arsénico, por lo

cual se sugiere utilizar este coagulante como una alternativa para reducir la contaminación por metales pesados.

Reyes (2019, p.2) en su investigación tuvo por objetivo obtener un polímero natural como coagulante a base de tuna (*Opuntia ficus indica*) para el tratamiento de aguas ácidas de minas, la metodología aplicada fue de tipo experimental, en ese sentido para llevar a cabo la parte experimental de la investigación, se realizó por medio de la prueba de jarras aplicando diversos tratamientos con repeticiones, los resultados de la investigación arrojaron que en la R=1:3 el mucílago de *Opuntia ficus* logró remover las aguas ácidas de minas en un 66,47%, del mismo también se evidencio que la utilización de este coagulante logró reducir en gran medida la concentración de metales pesados como Cu, Fe, Pb y Zn presente en las aguas ácidas de minas, por tanto se llegó a concluir que el mucílago de *Opuntia ficus* al ser un polímero natural puede reemplazar a cualquier coagulante sintético para disminuir la contaminación de aguas de mina.

Cosme (2017, p.2) en su investigación tuvo por objetivo determinar la influencia del tipo y concentración de coagulante en la remoción de plomo de una solución acuosa, la metodología aplicada fue de diseño completamente al azar teniendo 10 tratamientos con sus repeticiones, utilizando como coagulante natural del Huaraco (*Opuntia floccosa*) y el Coagulante sintético Policloruro de Aluminio, la fase experimental de la investigación consistió en preparar una solución acuosa de plomo a 5 ppm, para ello se utilizó la prueba de jarras, en ese sentido los coagulantes se utilizaron en concentraciones de 10; 20; 30; 40 y 50 ppm respectivamente, donde los tiempos de coagulación fueron de 5 min a 100 RPM. Los resultados de la investigación demostraron que en el tratamiento 7 haciendo uso del coagulante policloruro de aluminio se logró la remoción del plomo en un 88,36 %, mientras que en el tratamiento 3 haciendo uso del coagulante *Opuntia ficus* se logró una remoción de plomo del en un 73,41 %, finalmente se concluyó que el tipo de coagulante y la concentración del mismo son factores importantes en la remoción de plomo.

Del mismo para dar continuidad con la presente investigación se procederá a realizar el sustento teórico en relación a las bases teóricas del estudio, así como

también se hará mención al marco conceptual del estudio ligado a los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

La eficiencia de coagulación se controla mediante varios parámetros, Por lo tanto, para lograr la máxima eficiencia posible, se deben considerar todos los parámetros posibles y alcanzar el mejor compromiso para lograr la eficiencia deseada, se ha descubierto que los parámetros del agua sin tratar, como el pH y la alcalinidad, afectan la especiación y las características de carga del agua orgánica natural (NOM). Los principales mecanismos de eliminación de NOM, es decir, la neutralización de carga y la coagulación por barrido, dependen del pH. El mecanismo de neutralización de carga para la eliminación de NOM generalmente ocurre a  $\text{pH} < 6$  y requiere dosis bajas (Saxena, et al., 2018, p.170).

Estudios previos encontraron que los aumentos en la eficiencia se ven afectados no solo por la dosis y el pH del coagulante, sino también por la naturaleza y distribución de la materia orgánica y las partículas en el agua, incluida la temperatura, la condición hidráulica y la morfología del coagulante, en ese contexto la eficiencia de un coagulante estará influenciado por los factores anteriormente mencionados, en ese sentido los coagulantes naturales como los químicos mostraran su eficiencia de acuerdo al tipo de agua que se pretende tratar así como también de acuerdo a los diversos parámetros fisicoquímicos que influyen en la eficiencia de cada coagulante (Cui, et al., 2020, p. 20235).

La eficiencia en el proceso de coagulación se encuentra influenciado por diversos factores en ese contexto es de vital importancia que el extracto coagulante se concentre a una densidad óptima. Además de la densidad del coagulante, otros parámetros como la dosis de coagulación, la turbidez inicial del agua y el pH afectan el proceso de coagulación y la actividad del coagulante. La eficacia de la coagulación depende en gran medida del propio coagulante, es decir, de la medida en que el extracto crudo se mezcla con agua y hace mejores rebaños de aglomerados (Hussain, et al., 2019. p.3).

Los procesos de coagulación y floculación se utilizan ampliamente en el tratamiento de agua y aguas residuales. Su principal objetivo es eliminar las partículas coloidales suspendidas y reducir la turbidez en el cuerpo de agua. El proceso



generalmente se lleva a cabo en un reactor químico en el que el agua afluyente o aguas residuales ingresan a la cuenca y se mezclan con agentes coagulantes utilizando un mezclador mecánico, seguido de un proceso de sedimentación para eliminar las partículas por sedimentación por gravedad (Hariz, et al., 2018, p.34).

El proceso de coagulación consta de tres pasos específicos que son la coagulación, la floculación y sedimentación. La coagulación es un proceso de adición de un coagulante al agua para neutralizar las cargas de las partículas coloidales en el agua sin tratar acercando las partículas para permitir la formación de flóculos, seguido por el proceso de floculación que permite la formación de partículas más pequeñas durante la etapa de coagulación rápida. para aglomerarse en partículas más grandes para formar flóculos sedimentables y/o filtrables (Okolo y Onukwuli, 2021, p.3).

En ese sentido el proceso de coagulación y floculación consta de dos pasos principales: mezcla rápida y mezcla lenta. La mezcla rápida fomenta la mezcla de coagulante con el agua a tratar; la mezcla lenta promueve la formación de flóculos (Chinson, 2020, p.18), es por ello para llevar un buen proceso de coagulación depende de diversos factores como la temperatura, la fuerza iónica, el pH, el tipo y la dosis de material coagulante, el tamaño, la concentración y las propiedades de los materiales orgánicos y las partículas coloidales en suspensión (Villanova, et al., 2021, p.2).

En relación al proceso de electrocoagulación Relacionado con reacciones redox en las que los contaminantes (suspendidos, emulsionados o disueltos) se desestabilizan como resultado de la aplicación de una corriente eléctrica a la solución electrolítica. La unidad EC consta de una celda electrolítica y electrodos de metal (Al o Fe) que están conectados a una fuente de alimentación externa (Krishna y Kumar, 2018, p. 289), mientras que la electrofloculación es uno de los tratamientos electroquímicos más simples y eficientes adoptados para purificar varios tipos de agua y efluentes industriales. Esta técnica utiliza un equipo simple y fácil de operar que reduce la cantidad de lodo (Nunes, et al., 2020, p.2).

Los coagulantes naturales se pueden producir a partir de fuentes naturales como plantas y animales. Los recursos naturales que poseen un mayor peso molecular pueden contener un polímero más extenso que aumenta la eficiencia de estos coagulantes naturales. Estas fuentes permiten tratar diferentes tipos de aguas residuales, como aguas residuales textiles, lácteas y domésticas. El principal desafío del uso de coagulantes naturales es su disponibilidad continua para el tratamiento a gran escala (Alalaiza, et al., 2021, p.2). Por lo tanto, la utilización de coagulantes naturales resulta una buena alternativa para reducir el nivel de contaminación de las aguas residuales (Burhanuddin, et al., 2021, p. 384)

Los coagulantes naturales a base de plantas se utilizan para el tratamiento del agua; sin embargo, no se utilizan para aguas residuales industriales debido a su mayor costo que los coagulantes químicos. En general, los coagulantes naturales tratan eficazmente el agua o las aguas residuales con una turbidez baja que oscila entre 50 y 500 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Las principales fuentes de coagulantes de origen vegetal son *Moringa oleifera*, semillas de Nirmali, cactus y tanino. Los polímeros naturales extraídos de estas semillas son biodegradables y ecológicos, mientras que los coagulantes de los animales se pueden obtener del exoesqueleto de extractos de mariscos, extractos de conchas de huesos de animales y quitosano (Alalaiza, et al., 2021, p.3).

El coagulante natural gana ventaja sobre el coagulante químico debido a varias razones. Una de las razones es que los coagulantes naturales son más seguros que los coagulantes químicos. Cuando se utiliza coagulante para el tratamiento del agua, habrá posibilidades de que queden restos de coagulante en el agua después del tratamiento. Por otro lado, si se usara coagulante natural, el coagulante residual no sería dañino. Asimismo, el coagulante natural es mucho más económico que el coagulante químico. Los coagulantes químicos, como el alumbre, necesitan ayuda coagulante para tratar eficazmente el agua de alta turbidez, lo que hace que sea más costoso y difícil de usar en los países pobres. Mientras que los coagulantes naturales son mucho más baratos y se pueden extraer de varios desechos de plantas, lo que reduce en gran medida el costo del tratamiento (Hariz, et al., 2018, p.36).

Del mismo modo dentro de los coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales tenemos los siguientes: semilla de moringa oleifera, quitosano, *Ocimum basilicum* (albahaca), Médula de plátano, *Corchorus olitorius* L., *Opuntia ficus-índica*, semillas de *Jatropha curcas*, Goma de semilla de *Cassia obtusifolia*, semillas de Nirmali, Pectina de piel de naranja, suelo laterítico, Almidón de semilla de jaca (JSS), Almidón de arroz, Hibisco sabdariffa Roselle, hoja de hibisco rosa-sinensis, Almidón de tapioca (TS) (Mohd, et al., 2019, p.160).

Respecto a las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada nocivamente por la influencia antropogénica, estas aguas son generadas por las industrias, las empresas manufactureras y las empresas comerciales, estos efluentes contienen productos químicos, metales, grasas y aceites, y tienen una concentración orgánica muchas veces superior a la de las aguas residuales domésticas. Estos desechos producen sustancias que pueden representar un riesgo grave para la seguridad y la salud de la población (Abdulateef, et al., 2020, p.2).

Del mismo modo, el tratamiento de las aguas residuales puede ser biológico o químico, el tratamiento biológico emplea microorganismos naturales para convertir la materia orgánica disuelta en las aguas residuales en biomasa densa, que puede eliminarse de las aguas residuales tratadas mediante sedimentación, mientras que el proceso químico, parece ser más eficiente, aunque los aditivos químicos empleados en la mayoría de los casos son muy costosos y bastante peligrosos para el medio ambiente. Además, gran parte de los contaminantes de esta categoría no suelen eliminarse al final del proceso, y el costo de mantenimiento y regeneración es elevado (Agoro, et al., 2020, p.2).

Para llevar a cabo la eliminación de las aguas residuales existen múltiples procesos, en los que incluyen precipitación química, intercambio iónico, filtración por membrana, flotación, coagulación floculación y métodos electroquímicos (tales como electrodeposición, electro flotación y electrocoagulación). Sin embargo, estas técnicas tienen las desventajas de elevados costos de operación y mantenimiento, así como de contaminación secundaria por formación de lodos. Además, la mayoría de estas técnicas son más costosas y/o ineficaz a concentraciones muy bajas de

metales pesados, específicamente por debajo de 100 mg/L (Kit y Changa, 2020, p.4).

Un metal pesado se define como “un metal con una densidad superior a 5 g/cm<sup>3</sup> (es decir, una gravedad específica superior a 5)”, por lo cual al ser elementos metálicos tienen una densidad relativamente alta en comparación con el agua, por lo tanto los metales pesados son altamente solubles en los ambientes acuáticos y pueden ser fácilmente absorbidos por los organismos vivos (Kinuthia, et al., 2020, p.2), por lo tanto los metales pesados se encuentran de forma natural en la corteza terrestre, desde donde se liberan a la atmósfera y a las masas de agua, algunos de ellos son peligrosos como el Pb, Cd, Al y Hg y dañinos en todas las concentraciones, es por ello que resultan particularmente importantes como contaminantes. Una vez introducidos en el medio ambiente, son difíciles de eliminar y tienden a acumularse en los tejidos de las plantas y otros organismos a través de las cadenas alimentarias (Stankovic, et al., 2018, p.110).

En ese sentido los metales pesados tienen efectos nocivos para la salud humana, y la exposición a estos metales se ha visto incrementada por las actividades industriales y antropogénicas y la industrialización moderna. La contaminación del agua y el aire por metales tóxicos es una preocupación ambiental y cientos de millones de personas se ven afectadas en todo el mundo. Varios efectos tóxicos agudos y crónicos de los metales pesados afectan diferentes órganos del cuerpo. La disfunción gastrointestinal y renal, los trastornos del sistema nervioso, las lesiones cutáneas, el daño vascular, la disfunción del sistema inmunitario, los defectos de nacimiento y el cáncer son ejemplos de las complicaciones de los efectos tóxicos de los metales pesados (Balali, et al., 2021, p.4).

### **III.METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación es aplicada la cual se caracteriza por no resolver ningún problema ni ayudar a resolverlo, muy por el contrario, sirve de base para realizar otras investigaciones (Arias, 2020,p.47), en tal sentido el presente estudio se centrará en la búsqueda de información en diversas fuentes bibliograficas con el objetivo de brindar mayor conocimiento en relación a los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

En cuanto al diseño de la investigación es no experimental, en este tipo de diseño las variables de estudio no son sometidas a condiciones experimentales, los sujetos que son estudiados, se evalúan dentro de un contexto natural para que no se altere ninguna situación (Arias y Covinos, 2021, p.78), es así que en el presente estudio se analizó toda la información pertinente a los coagulantes naturales más utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, lo cual permitió afianzar el conocimiento existente en torno a la temática de estudio.

#### **3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización**

El procesamiento de datos cualitativos implica clasificar estos datos y desglosarlos en grupos más pequeños y orientados al propósito de la investigación para favorecer la organización y comprensión de los resultados, de modo considerado, se da a conocer la matriz de categorización (**Ver Anexo 1**).

#### **3.3. Escenario de estudio**

El escenario de estudio de la presente investigación serán todos los escenarios utilizados en los artículos científicos recolectados, en ese contexto la información se recopiló de las diversas fuentes bibliográficas que permitió otorgarle mayor realce al estudio, es por ello que toda la información consultada será en torno a los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

### 3.4. Participantes

Los participantes tomados en cuenta para realizar la presente investigación fueron Scopus, Web of Science, Science Direct, Pubmed, Scielo, Dialnet, Proquest, Eric, Redalyc, EBSCO, Renati, Springer; con toda la información consultada permitió estructurar todos los capítulos del estudio que se está llevando a cabo, de tal modo que la información recopilada ha sido fuentes confiables que nos permiten dar mayor relevancia a la investigación y asegurar un mayor conocimiento para las futuras investigaciones que se pretendan realizar, en torno a a los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue el análisis documental, la cual permitió examinar y evaluar documentos científicos, tanto impresos como electrónicos sobre los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, al igual que otros métodos analíticos en la investigación, el análisis de documentos requiere examinar e interpretar datos para comprender y desarrollar conocimiento confiable, por lo que el proceso analítico implica encontrar, seleccionar, evaluar comprender y sintetizar los datos contenidos. El análisis de documentos genera datos (extractos, citas o párrafos completos) que luego se organizan en temas, categorías y ejemplos principales específicos a través del análisis de contenido (Bowen, 2009, p.29).

El instrumento utilizado en la presente investigación, fue la ficha de análisis de contenido, este instrumento permitió recopilar, sintetizar y analizar la información encontrada en las diversas fuentes bibliográficas consultadas, en torno al objetivo general y los objetivos específicos del presente estudio, con esta ficha de análisis el investigador logró analizar su información de manera más específica y clara, ya que el instrumento anteriormente mencionado es de vital importancia para dar cumplimiento con los resultados que se desea plasmar en la presente investigación y así generar un conocimiento válido y confiable para la futuras investigaciones que se pretendan realizar, en ese sentido en el (**Anexo 2**) se presenta los instrumentos utilizados para la presente investigación y en la Tabla 1 se tiene el detalle general.

**Tabla 1.** Nombres de las fichas de recolección de datos

Ficha	Descripción
1	Tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados
2	Parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados
3	Porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales.

Referente a la validez en una investigación hace referencia a lo que es verdadero o está que se acerca a la verdad, es así que una investigación se considera válida cuando se encuentra libre de errores (Villasis, et al., 2018, p.417), visto de ese modo el instrumento será validado por criterio de juicio de expertos, es así que se recurrió a 3 especialistas que tengan dominio de la temática en el estudio, cada juez experto asignó una valoración en puntajes, de acuerdo a los conocimientos que cada uno de ellos tuvo respecto al instrumento, permitiendo con ellos su posterior aplicación en la investigación, en el **(Anexo 2)** se detalla la validación de juicio de expertos, siendo los especialistas los que se muestran en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Validación de Juicio de expertos.

Validadores	Porcentaje de validación (%)		
	Ficha 1	Ficha 2	Ficha 3
Dr. Quijano Pacheco, Wilber Samuel	85%	85%	85%
Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	85%	85%	85%
Ing. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso	85%	85%	85%
Promedio (%)	85%	85%	85%

### 3.6. Procedimiento

Como primer paso para la búsqueda de la información se realizó en función de las palabras claves que fueron las siguientes: wastewater, coagulation, heavy metals, flocculation, treatment, con estas palabras claves fueron consultas en diversas fuentes bibliográficas como Science Direct, Springer, Dialnet, Scopus, Scielo, Iwa Publishing, MDPI, IOP Publishing Etc., posteriormente se aplicó los filtros de selección de la documentación, donde el primer criterio aplicado fue el criterio de inclusión recopilado data en torno a los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, mientras que el criterio de exclusión permitió no considerar información diferente a la temática estudiada.

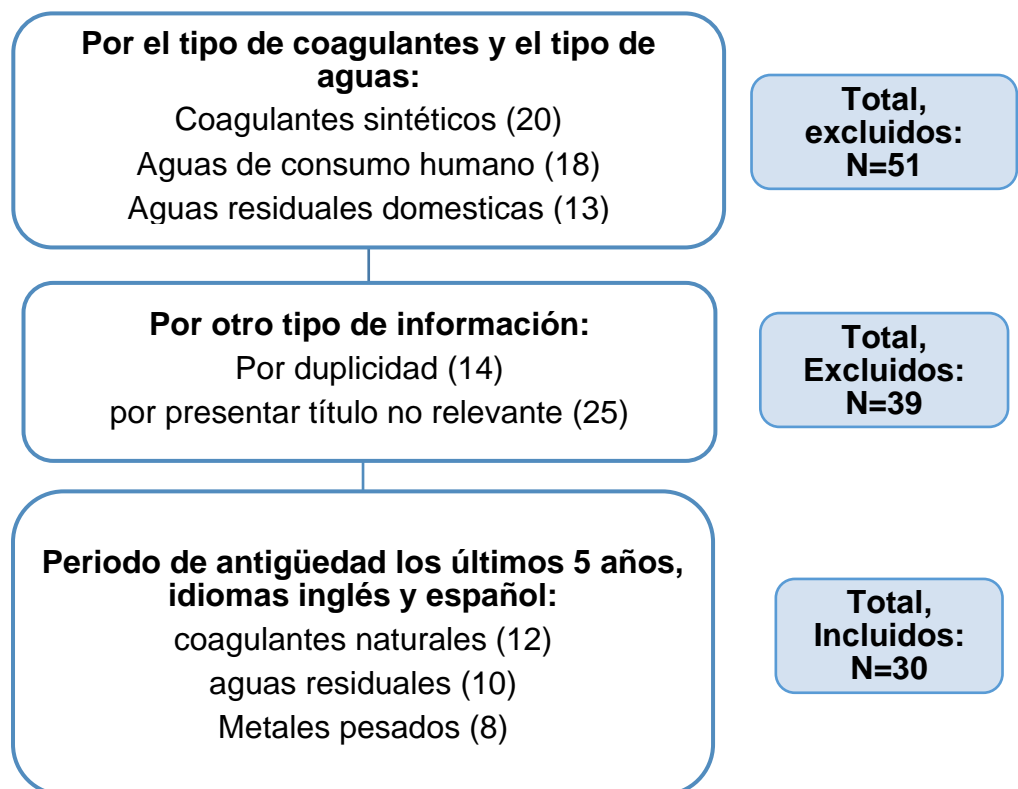
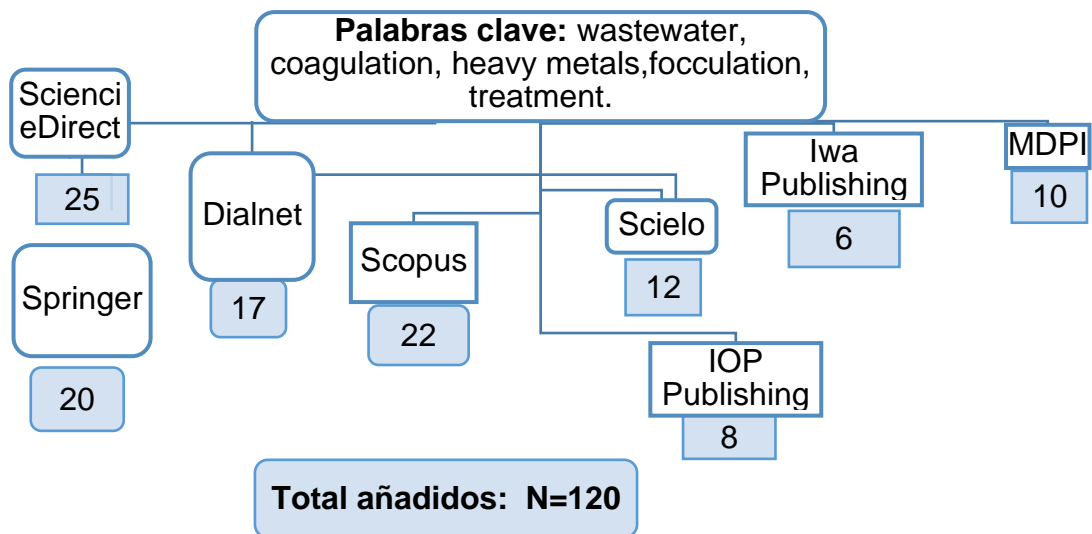
En la **Figura 1**, se muestra el diagrama de bloques donde se presenta todo el procedimiento que se ha tenido en cuenta para seleccionar todos los documentos idóneos para analizar la información relacionada a los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

En el diagrama de bloque, se detalla todas las fases que se han tomado en cuenta para la selección de artículos científicos relacionados con el tema de estudio, así como también, se detallan todos los criterios de exclusión considerados para encontrar toda la información necesaria y se pueda llevar a cabo los resultados de la presente investigación.

De acuerdo con las palabras claves: Primeramente, se realizó la búsqueda de la información teniendo en cuenta aquellas que se han considerado para el presente estudio; durante la búsqueda se encontró un total de 120 artículos y muchos de ellos no guardaban relación con el tema de estudio por lo cual fueron descartados para la presente investigación.

Por el tipo de coagulantes y el tipo de aguas: se analizó la información en relación con los especificado, encontrando 20 documentos con coagulantes sintéticos, 18 de agua de consumo humano y 13 con aguas residuales domésticas, los cuales fueron considerados dentro de los criterios de exclusión.





**Figura 1.** Diagrama de bloque de análisis de los artículos seleccionados.

Por tipo de información: se analizó la información de acuerdo con la duplicidad de los documentos, encontrándose 14 documentos de acuerdo a este criterio, del

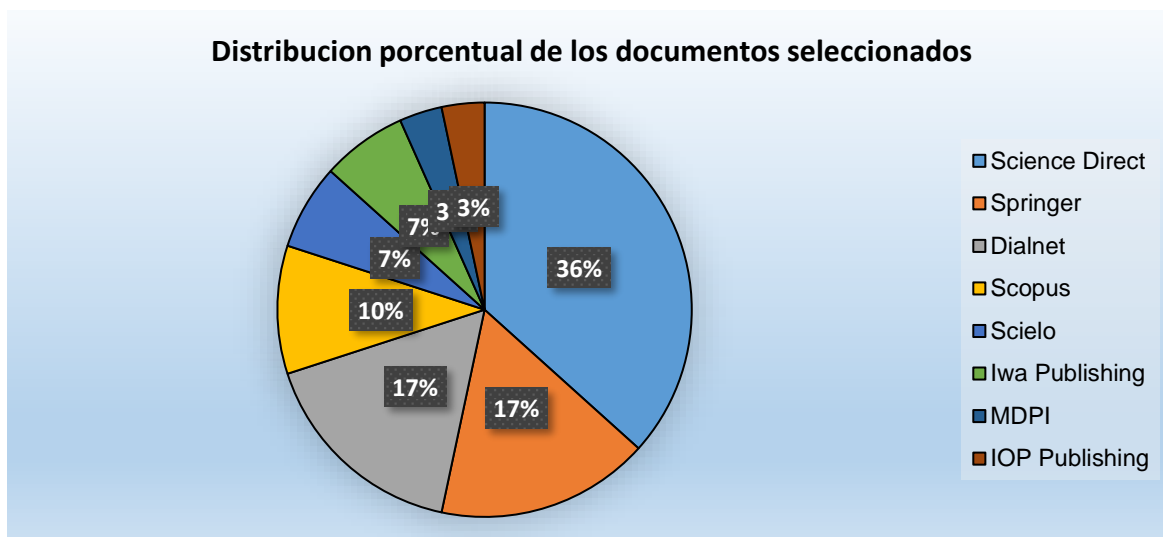
mismo modo se analizó la información por presentar título no relevante encontrándose 25 documentos con este criterio, los cuales también fueron considerados dentro de los criterios de exclusión.

De acuerdo con el Periodo de antigüedad de los últimos 5 años, idiomas inglés y español: se analizó la información teniendo en cuenta los criterios de inclusión y se encontró los siguientes documentos: 12 con coagulante naturales, 10 con aguas residuales y 8 con metales pesados, siendo un total de 30 artículos que serán el sustento para realizar los resultados de la presente investigación.

Finalmente, en la **Tabla 3** y **Figura 2**, se muestran las cantidades de fuentes bibliográficas consultadas, recopilándose un total de 30 artículos científicos, donde el 36% de fuentes consultadas pertenece al sitio web Science Direct, en el mismo ámbito en los sitios Springer y Dialnet Scopus se ha encontrado un total de 17% de documentos en cada fuente consultada, en la base de datos Scopus se encontró el 10% de la información consultada, en el mismo contexto encontramos a Scielo y Iwa Publishing con un 7% de información en cada fuente consultada, finalmente encontramos a MPDI y IOP Publishing con un 3% de información en cada fuente consultada.

**Tabla 3.** *Distribución porcentual de los documentos seleccionados.*

<b>Fuentes bibliográficas consultadas</b>	<b>Cantidad de documentos encontrados</b>
Science Direct	11
Springer	5
Dialnet	5
Scopus	3
Scielo	2
Iwa Publishing	2
MDPI	1
IOP Publishing	1
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>



**Figura 2.** Distribución porcentual de los documentos seleccionados

### 3.7. Rigor científico

En esta investigación cualitativa se toman los siguientes criterios de rigor científico:

**Credibilidad:** La credibilidad hace referencia a las conversaciones u observaciones prolongadas por lo cual el investigador recolecta una determinada información produciendo reconocidos hallazgos para un mejor conocimiento científico, en tal sentido la credibilidad permite que los datos encontrados en la investigación sean creíbles y puedan contrastarse con las investigaciones existentes a fin de asegurar mayor relevancia para las futuras investigaciones que se pretendan realizar, la credibilidad de la investigación dependerá de la profundidad de la investigación, ya que este es un factor determinante para que el estudio tenga su verdadera relevancia y los aportes que logren ayudar a solucionar parte del problema que se pretende solucionar una determinada problemática (Parra y Briceño, 2013,p.120).

**Confirmabilidad:** La confirmabilidad hace referencia a la ruta o pista que debe seguir el investigador en torno a lo que ha realizado otro investigador en relación al tema estudiado, para que se lleve a cabo dicho seguimiento se requiere un registro completo de las ideas del trabajo realizado, con esta estrategia concede que otro investigador revise los datos y pueda llegar a las conclusiones iguales o similares a las del científico original, siempre y cuando tengan los mismos criterios, en tal sentido el investigador debe estar comprometido en realizar una investigación

eficiente y así aportar de manera significativa al estudio (Parra y Briceño, 2013,p.120).

**La transferibilidad o aplicabilidad:** el criterio de transferibilidad hace referencia a la forma o manera como se deben ampliar los resultados de la investigación a otros estudios o poblaciones, para que la información sea transferible el investigador determina si los hallazgos encontrados en el estudio serán de carácter transferibles. Para ello, es necesario describir extensamente los lugares y características de las personas donde se observa este fenómeno. El grado de transmisión es, por lo tanto, una función directa de la similitud entre contextos. (Parra y Briceño, 2013,p.120).

### **3.8 Método de análisis de datos.**

Los métodos de análisis de información se realizaron por medio de la estadística descriptiva la cual permitió establecer un conjunto de técnicas numéricas y gráficas para describir y analizar un grupo de datos, con la finalidad de extraer las respuestas para cada uno de los objetivos planteados en la investigación. Para ellos se recurrió al uso del software Microsoft Excel el cual permitió organizar, interpretar y analizar la información de acuerdo con las expectativas del investigador, para que posteriormente este análisis sea difundido para su mejor comprensión y difusión para las futuras investigaciones

Del mismo modo se utilizó métodos sistemáticos y explícitos, orientados a una dirección explícita de la investigación, con el objetivo de generar resultados más confiables extrayendo conclusiones más específicas orientadas a la toma de decisiones, es por ello que el análisis de la información se realizó primeramente por la búsqueda de la información, posteriormente a ello se categorizó dicha información para que finalmente se logre comparar o contrastar con las teorías de otros autores y con los aportes, dicho estudio permitiendo generar un mayor conocimiento para el lector y así promover mayor iniciativa para enfocarse en este tipo de investigaciones (Higgis y Green, 2011, p.15).

### **3.9. Aspectos éticos**

La investigación científica ha entendido las pautas morales que constituyen responsabilidad e integridad, que no se le permite reprimir la confiabilidad del estudio porque será parte de las deficiencias y la negligencia e incluso el plagio. De esta manera, la evaluación del sistema se considera este respeto para los padres de los autores al citar en base a las decisiones de la Universidad César Vallejo, donde se crea el comportamiento moral en los analistas.

En base a ellos, se tuvo en consideración el uso de la guía de elaboración de productos de investigación, así como el código de ética de investigación y finalmente el uso del software turnitin para detectar nivel de similitud de la investigación con otros trabajos, garantizando de esta manera la calidad y representatividad del trabajo desarrollado por los investigadores presentes.

#### IV. RESULTADOS.

##### 4.1. Determinar los tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados

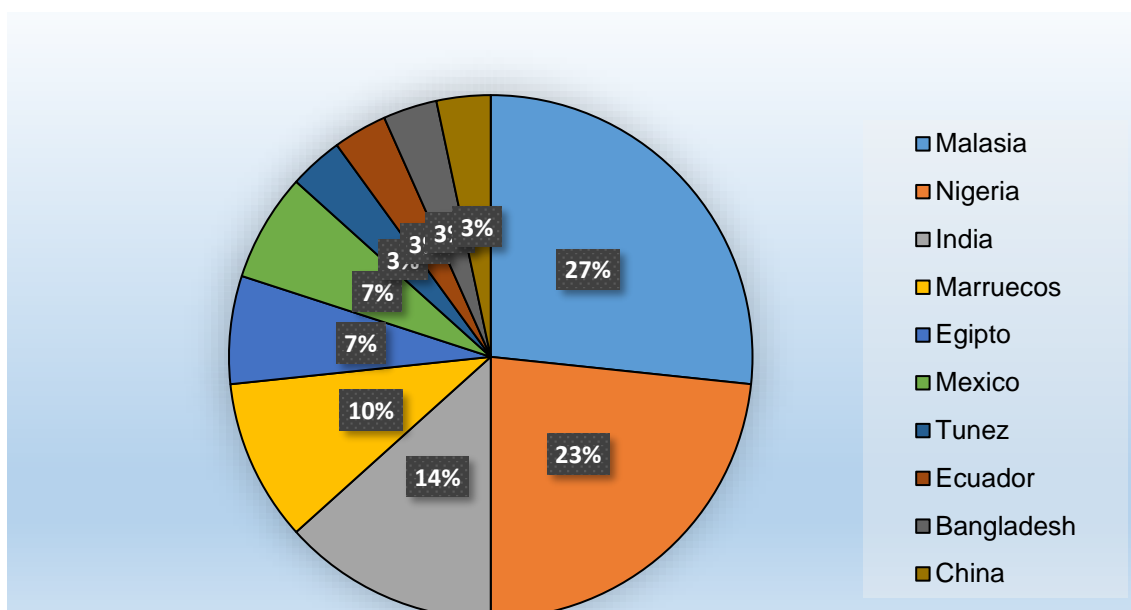
**Tabla 4.** Tipos de coagulantes en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

N°	Nombre común	Nombre científico del coagulante	País	Fuente consultada
1	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Malasia	(Jagaba, et al. 2021)
2	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Malasia	(Chu, et al. 2018)
3	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	India	(Jyoti y Kumar, 2019)
4	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Malasia	(Qannaf, et al. 2019)
5	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Malasia	(Ali y Tien, 2018)
6	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	China	(An, et al. 2021)
7	Tuna	<i>Opuntia ficus Indica</i>	México	(Vargas, et al. 2022)
8	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Marruecos	(Ravikumar y Udayakumar, 2020)
9	Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	Marruecos	(Mukul, et al. 2020)
10	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Nigeria	(Hassan, et al. 2018)
11	Tuna	<i>Opuntia ficus Indica</i>	Nigeria	(Ndive, et al. 2021)
12	Chitosan, Pino	<i>Polvo de quitosano y corteza de pino</i>	India	(Nithya y Abirami, 2018)
13	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Nigeria	(Uzoma, et al. 2022)
14	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Irán	(Kindi, et al. 2019)

15	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Malasia	(Chu, et al. 2018)
16	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Egipto	(Marzougui, et al. 2021)
17	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Nigeria	(Adedotun, et al. 2020)
18	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Nigeria	(Ezeamaku, et al. 2018)
19	Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	Malasia	(Razak, et al. 2018)
20	Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Tunez	(Abidi, et al. 2022)
21	Cascara de huevo de gallina	<i>Gallus Gallus</i>	Nigeria	(Aleshinloye, et al. 2020)
22	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Egipto	(Saleh, et al. 2020)
23	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Ecuador	(Landazuri, et al. 2019)
24	Cascaras de naranja	<i>Citrus x sinensis</i>	Bangladesh	(Sadhan, 2019)
25	Arrurruz polinesio	<i>Tacca leontopetaloides</i>	Malasia	(Shuhada, et al. 2020)
26	Guaran	<i>Goma de guar</i>	Malasia	(Mukherje, et al. 2018)
27	Moringa	<i>Moringa Oleifera</i>	Nigeria	(Ogareke, et al. 2019)
28	Arcilla	<i>La arcilla natural</i>	Marruecos	(Sahbany, et al. 2021)
29	Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	México	(Viridina, et al. 2022)
30	Moringa, Tuna	<i>Moringa Oleífera y Opuntia ficus-indica</i>	México	(Espinoza y Zuluaga, 2018)

En la **tabla 4**, se muestra los tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, los cuales fueron la Moringa Oleifera, Opuntia Ficus Indica, Leucaena leucocephala, el polvo de quitosano, el Pinus, la Brachyura, Gallus Gallus, Citrus x Sinensis, Tacca leontopetaloides y la goma de guar; siendo la Moringa oleifera y la Opuntia ficus Indica los tipos de

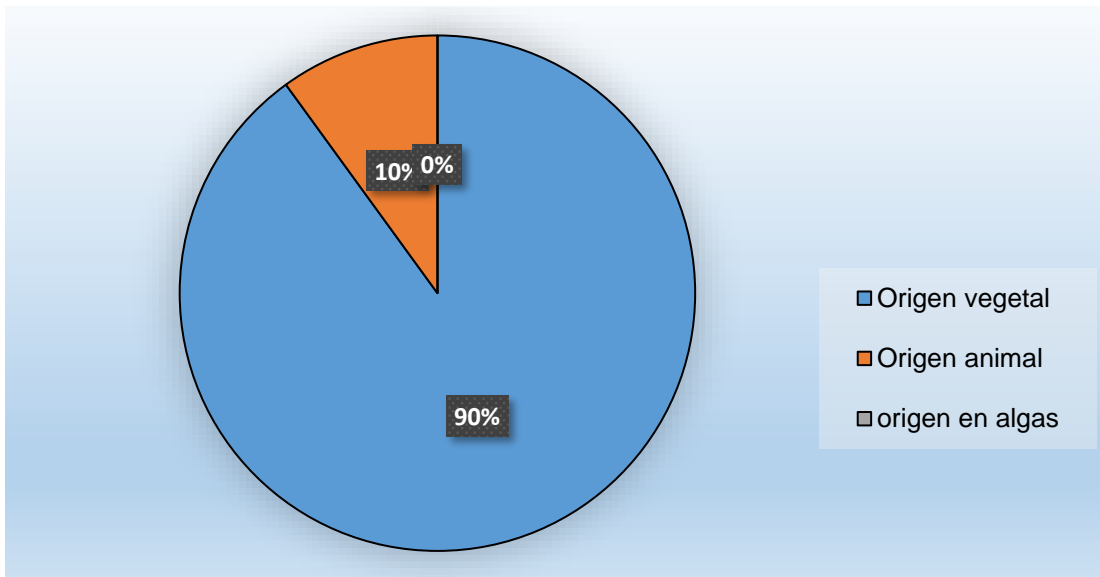
coagulantes que mayormente fueron encontrados en los documentos analizados en la presente revisión sistemática.



**Figura 3.** Artículos consultados a nivel mundial

En la **figura 3**, se muestra los países donde fueron localizados los diversos artículos científicos respecto al tratamiento de aguas residuales con coagulantes naturales, en tal sentido en países como Malasia se han logrado encontrar un total de 8 artículos equivalente al 27%, en el mismo ámbito en Nigeria se encontraron un total de 7 artículos equivalente al 23%; en India se encontraron un total de 4 artículos equivalente al 14%; en Marruecos se encontraron un total de 3 artículos equivalente al 10%; en Egipto y México se han localizado un total de 4 artículos equivalente al 14 %; Finalmente en países como Túnez, Ecuador, Bangladesh y China se lograron localizar un total de 4 artículos equivalente al 12%; con estos resultados obtenidos se afirma que los coagulantes naturales se aplican a nivel mundial en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.





**Figura 4.** Origen de los coagulantes naturales

En la **figura 4**, se muestra el origen o procedencia de los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, en ese contexto se ha logrado encontrar que el 90% de los coagulantes naturales tienen origen en fuentes vegetales, mientras que el 10% provienen de origen animal, finalmente con un 0% no se logró encontrar ningún artículo científico que me menciona que las algas son utilizadas en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

Del mismo modo resulta de vital importancia utilizar coagulantes naturales, frente a los coagulantes químicos, esto debido a que los coagulantes naturales se pueden obtener a bajo costo y son amigables con el ambiente, muy por el contrario los coagulantes químicos generan mayor contaminación al ambiente, es por ello que esta investigación se ha enfocado en determinar cuál ha sido el coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, dándose constancia que la *Moringa oleifera* es uno de los mejores coagulantes para tratar efluentes con este tipo de características, del mismo modo se busca concientizar a la población sobre el uso de este tipo de coagulantes con el objetivo de reducir la carga contaminante por metales pesados presentes en las aguas residuales.

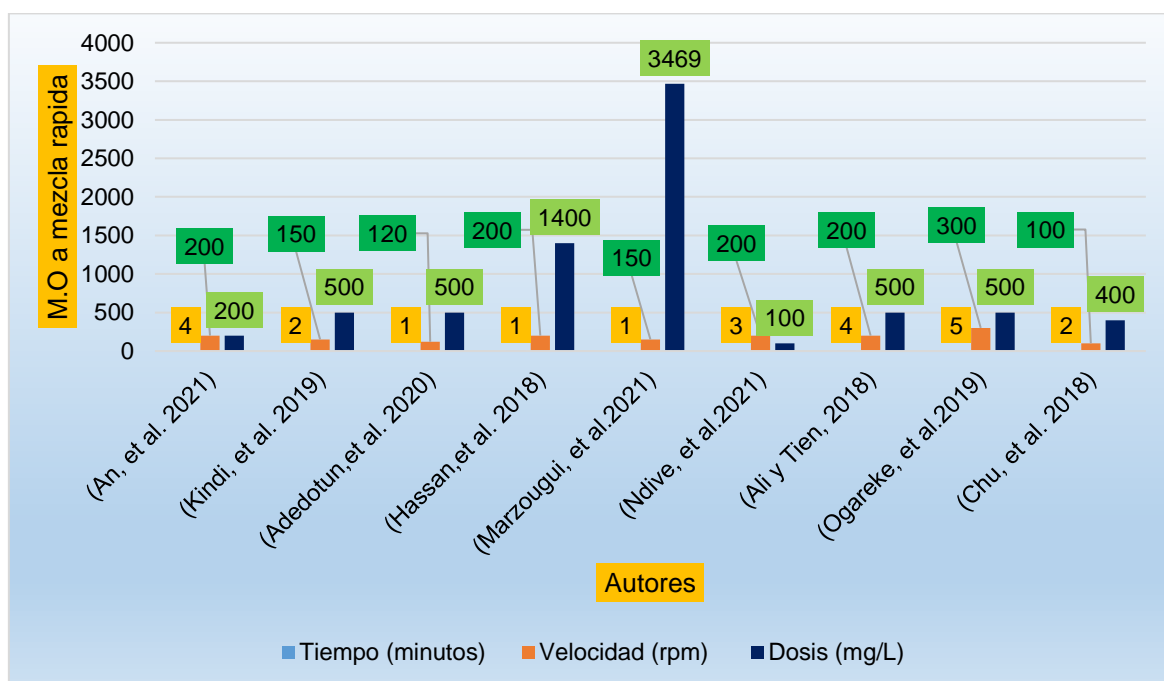
**4.2. Determinar los parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.**

**Tabla 5.** *Tiempo de coagulación la velocidad de agitación y la dosis óptima de los coagulantes naturales*

<b>Nombre del coagulante</b>	<b>Tiempo en el proceso de coagulación</b>	<b>Velocidad de agitación en el proceso de coagulación</b>	<b>Dosis óptima del coagulante</b>	<b>Tipo de prueba utilizada en el proceso de coagulación</b>	<b>Fuente</b>
<i>Goma de guar</i>	5 minutos	mezcla rápida 250 rpm	1250 mg/l	Prueba de jarras	(Mukherjee, et al. 2018)
	15 minutos	mezcla lenta a 60 rpm			
<i>Moringa oleifera</i>	4 minutos	mezcla rápida 200 rpm	200 mg/l	Prueba de jarras	(An, et al. 2021)
	30 minutos	mezcla lenta a 60 rpm			
<i>Leucaena leucocephala</i>	1 minuto	Mezcla rápida 120 rpm	400 mg/l	Prueba de jarras	(Razak, et al. 2018)
	20 minutos	Mezcla lenta 30 rpm			
<i>Moringa oleifera</i>	2 minutos	Mezcla rápida 150 rpm	500 mg/l	Prueba de jarras	(Kindi, et al. 2019)
	10 minutos	Mezcla lenta 50 rpm			
<i>Moringa oleifera</i>	1 minuto	Mezcla rápida 120 rpm	500 mg/l	Prueba de jarras	(Adedotun, et al. 2020)
	15 minutos	Mezcla lenta 30 rpm			
<i>Quitosano</i>	3 minutos	Mezcla rápida 250 rpm	400 mg/l	Prueba de jarras	(Jagaba, et al. 2021)
	30 minutos	Mezcla lenta 30 rpm			
<i>Moringa oleifera</i>	1 minuto	Mezcla rápida 200 rpm	1400 mg/l	Prueba de jarras	(Hassan, et al. 2018)
	30 minutos	Mezcla lenta 60 rpm			
<i>Moringa oleifera</i>	2 minutos	Mezcla rápida 150 rpm	3469 mg/l	Prueba de jarras	(Marzougui, et al. 2021)
	45 minutos	Mezcla lenta 60 rpm			
<i>Opuntia ficus indica</i>	3 minutos	Mezcla rápida 200 rpm	100 mg/l	Prueba de jarras	(Ndive, et al. 2021)
	15 minutos	Mezcla lenta 80 rpm			

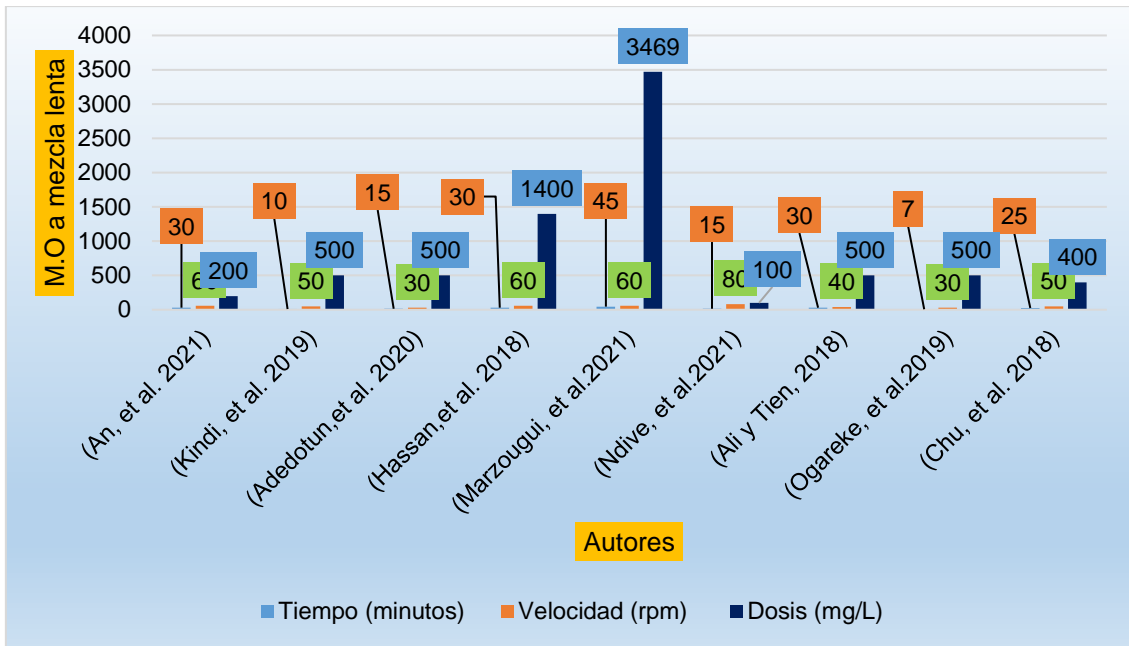
<i>Moringa oleifera</i>	4 minutos	Mezcla rápida 200 rpm	500 mg/l	Prueba de jarras	(Ali y Tien, 2018)
	30 minutos	Mezcla lenta 40 rpm			
<i>Tacca leontopetaloides</i>	4 minutos	Mezcla rápida 200 rpm	100 mg/l	Prueba de jarras	(Mohd, et al. 2019)
	30 minutos	Mezcla lenta 40 rpm			
<i>Moringa oleifera</i>	5 minutos	Mezcla rápida 300 rpm	500 mg/l	Prueba de jarras	(Ogareke, et al.2019)
	7 minutos	Mezcla lenta 30 rpm			
<i>Opuntia ficus Indica</i>	3 minutos	Mezcla rápida 200 rpm	300 mg/l	Prueba de jarras	(Espinoza y Zuluaga, 2018)
	15 minutos	Mezcla lenta 80 rpm			
<i>Opuntia ficus Indica</i>	1 minuto	Mezcla rápida 300 rpm	500 mg/l	Prueba de jarras	(Viridina, et al. 2022)
	30 minutos	Mezcla lenta 80 rpm			
<i>Conchas de crustaceos y cortezas de pino</i>	2 minutos	Mezcla rápida 100 rpm	600 mg/l	Prueba de jarras	(Nithya y Abirami, 2018)
	20 minutos	Mezcla lenta 40 rpm	4000 mg/l		
<i>Moringa oleifera</i>	2 minutos	Mezcla rápida 100 rpm	400 mg/L	Prueba de jarras	(Chu, et al. 2018)
	25 minutos	Mezcla lenta 50 rpm			
<i>Opuntia ficus Indica</i>	3 minutos	Mezcla rápida 200 rpm	700 mg/L	Prueba de jarras	(Abidi, et al. 2022)
	20 minutos	Mezcla lenta 20 rpm			

En la **tabla 5**, se muestra el tiempo de coagulación, la velocidad de agitación y la dosis óptima de los coagulantes naturales, utilizados en el tratamiento de las aguas residuales con metales, asimismo se presenta el tipo de prueba que fue utilizado en el proceso de coagulación, siendo la prueba de jarras un ensayo de laboratorio que permitió simular las etapas de coagulación y floculación que se han aplicado en el tratamiento de las aguas residuales con metales pesados, por otro lado se determinó la dosis óptima del coagulante, el cual es un factor determinante para el tratamiento de este tipo de efluentes, del mismo modo se tomó en cuenta el tiempo de coagulación, ya que en un proceso de este tipo se desarrolla en un tiempo de agitación rápida y un tiempo de agitación lenta.



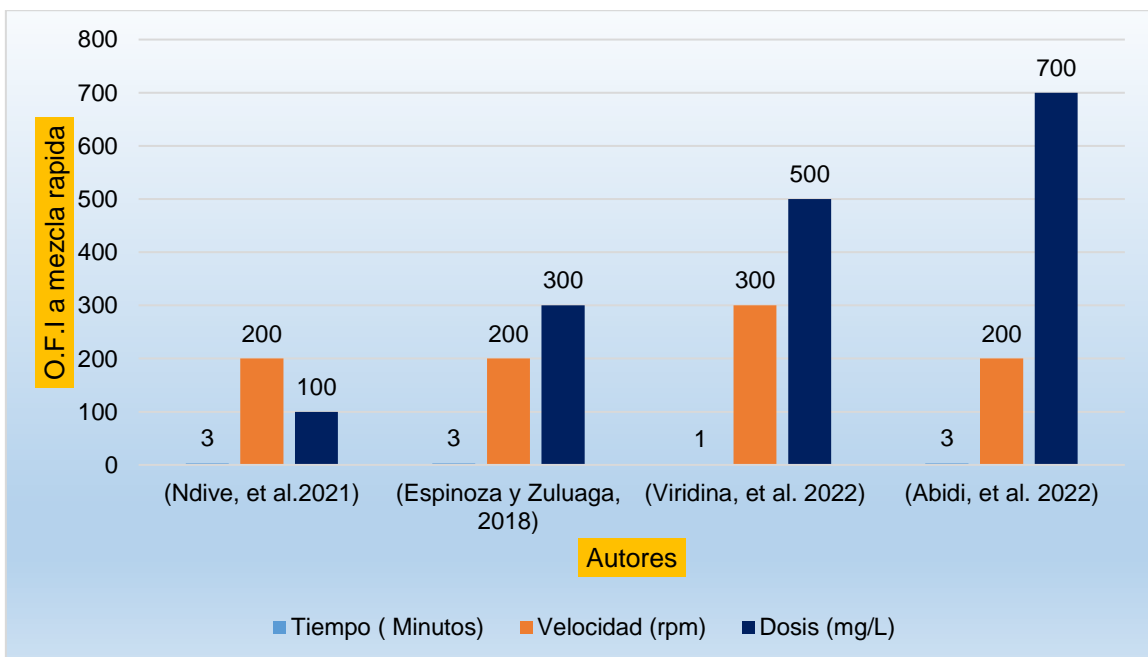
**Figura 5.** Proceso de coagulación con la *Moringa Oleifera* a mezcla rápida.

En la **figura 5**, se muestra el tiempo de coagulación, la velocidad de agitación y la dosis óptima *Moringa oleifera* utilizada en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, en ese sentido observa que el tiempo que interviene en el proceso de coagulación es **mezcla rápida** de 1 a 5 minutos, mientras que la velocidad de agitación oscila de 100 rpm a 300 rpm, del mismo modo la dosis óptima del coagulante natural se encuentra en los rangos de 200 mg/l a 3469 mg/l.



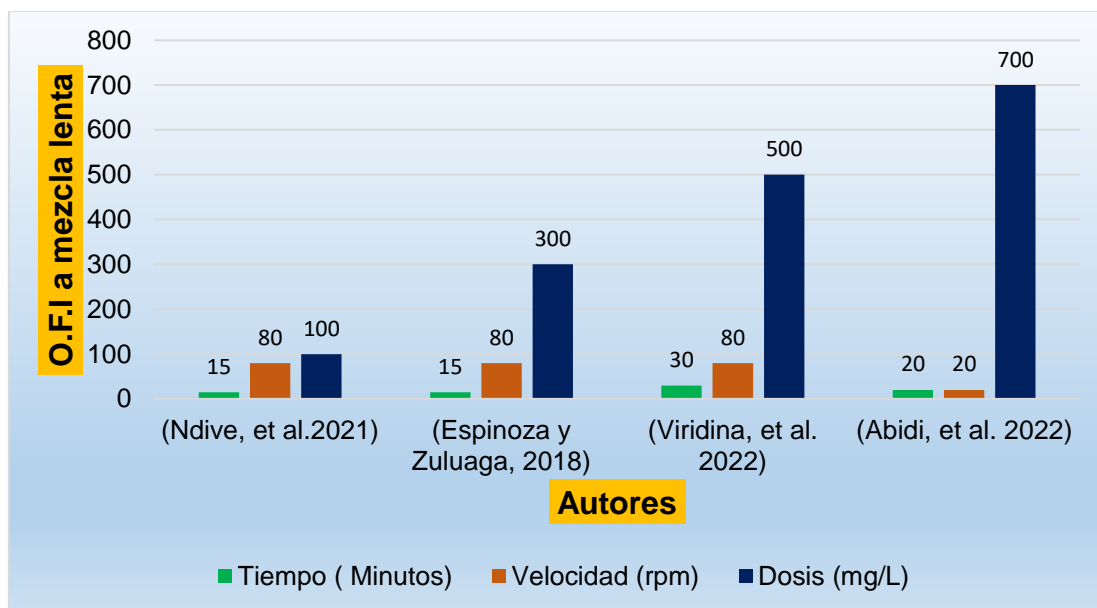
**Figura 6.** Proceso de coagulación con la *Moringa oleifera* a mezcla lenta

En la figura 6, se muestra el tiempo de coagulación, la velocidad de agitación y la dosis óptima *Moringa Oleifera* utilizada en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, en ese sentido observa que el tiempo que interviene en el proceso de coagulación es **mezcla lenta** de 7 a 45 minutos, mientras que la velocidad de agitación oscila de 30 rpm a 60 rpm, del mismo modo la dosis óptima del coagulante natural se encuentra en los rangos de 200 mg/l a 3469 mg/l.



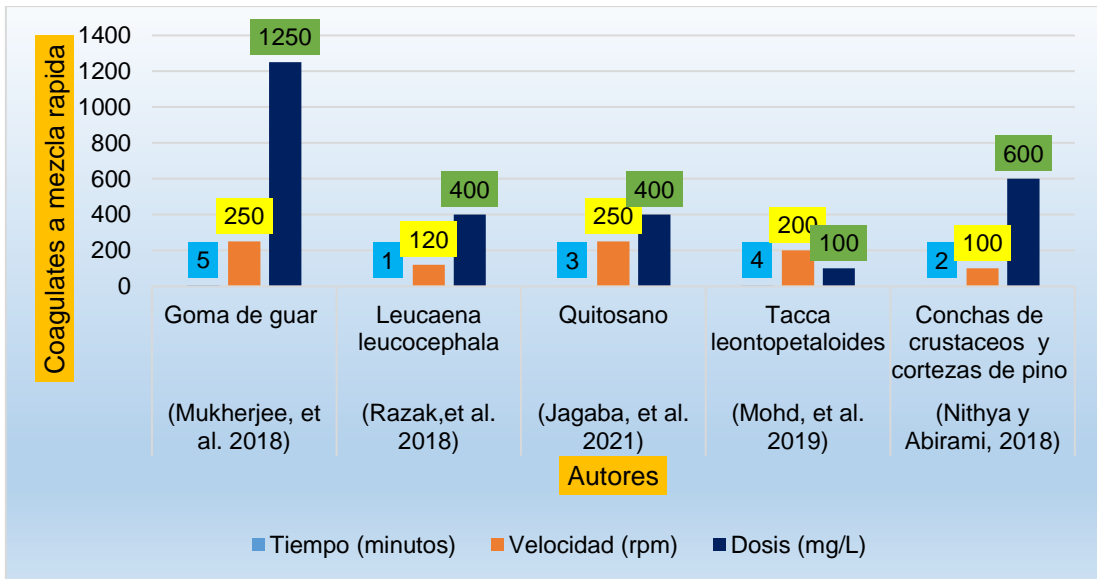
**Figura 7.** Proceso de coagulación con *Opuntia ficus Indica* a mezcla rápida.

En la figura 7, se muestra el tiempo de coagulación, la velocidad de agitación y la dosis óptima de *Opuntia ficus Indica* utilizada en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, en ese sentido observa que el tiempo que interviene en el proceso de coagulación es **mezcla rápida** oscila de 1 a 3 minutos, mientras que la velocidad de agitación oscila de 200 rpm a 300 rpm, del mismo modo la dosis óptima del coagulante natural se encuentra en los rangos de 100 mg/l a 700 mg/l.



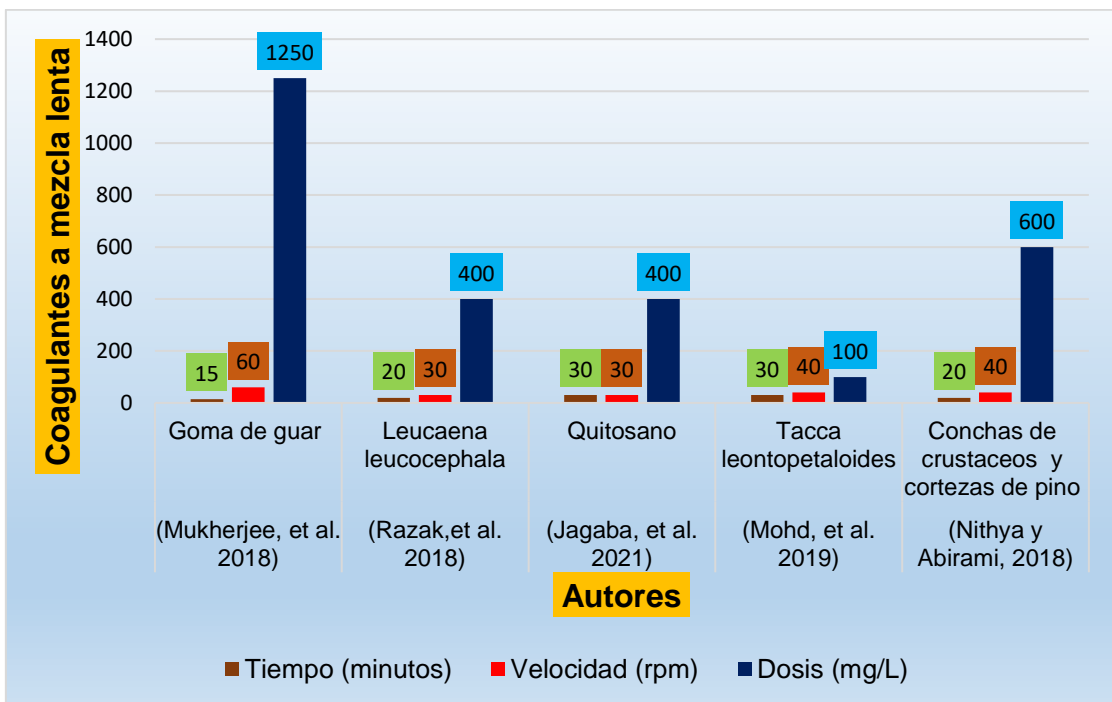
**Figura 8.** Proceso de coagulación con *Opuntia ficus Indica* a mezcla lenta

En la figura 8, se muestra el tiempo de coagulación, la velocidad de agitación y la dosis óptima de *Opuntia ficus Indica* utilizada en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, en ese sentido observa que el tiempo que interviene en el proceso de coagulación es **mezcla lenta** oscila de 15 a 20 minutos, mientras que la velocidad de agitación oscila de 20 rpm a 80 rpm, del mismo modo la dosis óptima del coagulante natural se encuentra en los rangos de 100 mg/l a 700 mg/l.



**Figura 9.** Proceso de coagulación con Goma de guar, *Leucaena leucocephala*, Quitosano, *Tacca leontopetaloides*, conchas de crustáceo y cortezas de pino a mezcla rápida

En la figura 9, se muestra de los coagulantes naturales (*Goma de guar*, *Leucaena leucocephala*, *Quitosano*, *Tacca leontopetaloides*, *conchas de crustáceo y cortezas de pino*) en el proceso de coagulación a mezcla rápida, en la tabla se muestra que estos coagulantes naturales se han utilizado en menor proporción en la eliminación de aguas residuales con metales pesados.



**Figura 10.** Proceso de coagulación con Goma de guar, *Leucaena leucocephala*, Quitosano, *Tacca leontopetaloides*, conchas de crustáceo y cortezas de pino a mezcla lenta.

En la **figura 10**, se muestra de los coagulantes naturales (*Goma de guar*, *Leucaena leucocephala*, *Quitosano*, *Tacca leontopetaloides*, *conchas de crustáceo* y *cortezas de pino*) en el proceso de coagulación a mezcla lenta, en la tabla se muestra que estos coagulantes naturales se han utilizado en menor proporción en la eliminación de aguas residuales con metales pesados.



**4.3. Determinar el porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales.**

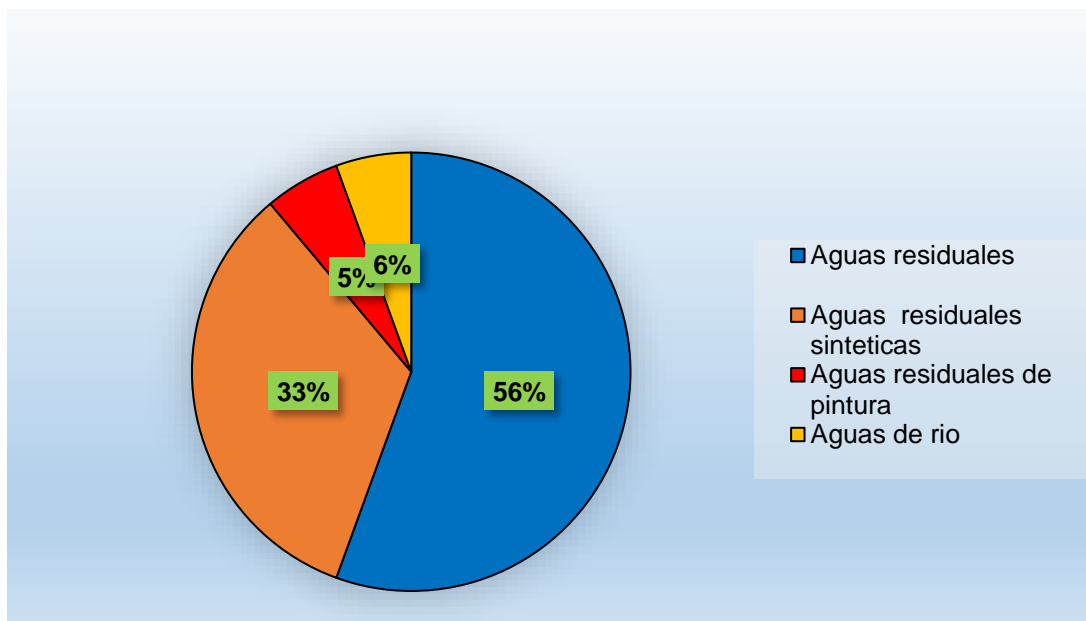
**Tabla 6.** Remoción de metales pesados con coagulantes naturales.

<b>Nombre del coagulante</b>	<b>Tipos de agua tratada</b>	<b>Parámetros removidos</b>	<b>Porcentaje de remoción de los Parámetros (%)</b>	<b>Fuente</b>
<i>Goma de guar</i>	Aguas residuales	Plomo (Pb)	Pb=83%	(Mukherjee, et al. 2018)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales	Cromo (Cr) Cadmio (Cd)	Cr=92.85% Cd=89.84%	(An, et al. 2021)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales sintéticas	Plomo (Pb)	Pb=93.5%	(Saleh, et al. 2020)
<i>Leucaena leucocephala</i>	Aguas residuales sintéticas	Turbidez DQO DBO Cromo	Turbidez=31.4 DQO=38,5 DBO=27,5 Cr=4,05%	(Razak, et al. 2018)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales	Plomo (Pb) Cadmio (Cd)	Pb=88% Cd=76%	(Kindi, et al. 2019)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales sintéticas	Plomo (Pb) Cadmio (Cd) Magnesio (Mn) Hierro (Fe)	Pb=89.15% Cd =94.62% Mn=91.67% Fe=90.49%	(Jagaba, et al. 2021)

<i>Quitosano</i>	Aguas sintéticas	Plomo (Pb) Cadmio (Cd) Magnesio (Mn) Zinc (Zn)	Pb=86,87% Cd=94.91% Mn=91.31% Zn=76.0%	
<i>Moringa Oleifera</i>	Aguas residuales	Plomo (Pb) Zinc (Zn) Níquel (Ni)	Pb=24.5% Zn=22,7% Ní=24,4%	(Marzougui, et al. 2021)
<i>Opuntia Ficus Indica</i>	Aguas residuales de pintura	Turbidez Cromo (Cr)	Turbidez=99.6% Cr=98.14%	(Ndive, et al. 2021)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales	Hierro (Fe) Cobre (Cu) Cromo (Cr)	Fe=69.99% Cu=93.73% Cr=93.73%	(Ali y Tien, 2018)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales	Cobre (Cu) Níquel (Ni) Cromo (Cr)	Cu=53% Ní=76% Cr=33%	(Landazuri, et al. 2019)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales sintéticas	Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Plomo (Pb)	Cd=99.98% Cr=99.99% Pb=99.99%	(Ravikumar y Udayakumar, 2020)
<i>Tacca leontopetaloides</i>	Aguas residuales sintéticas	Zinc (Zn) Plomo (Pb)	Zn=98.5% Pb=80%	(Shuhada, et al. 2020)

		Níquel (Ni) Cadmio (Cd)	Ní=98% Cd=93%	
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales	Plomo (Pb)	Pb=35.2%	(Ogareke, et al. 2019)
<i>Opuntia ficus Indica</i>	Aguas de rio	Hierro (Fe) Manganeso (Mn) Cromo (Cr) Arsénico (As) Cadmio (Cd) Níquel (Ni) Plomo (Pb)	Fe=90% Mn=90% Cr=60% As=60% Cd=40% Ní=40% Pb=40%	(Viridina, et al.2022)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales	Plomo (Pb) Cadmio (Cd) Cobre (Cu)	Pb=90,81% Cd=77% Cu=70%	(Uzoma, et al. 2022)
<i>Moringa Oleifera</i>	Aguas residuales	Hierro (Fe) Cobre (Cu) Cadmio (Cd) Plomo (Pb)	Fe=100% Cu=98% Cd=98% Pb=78.1%	(Chu, et al. 2018)
<i>Moringa oleifera</i>	Aguas residuales	Plomo (Pb)	Pb=71.59%.	(Ezeamaku, et al. 2018)

En la **tabla 6**, se muestra los diversos metales pesados removidos con el uso de coagulantes naturales, en ese sentido se han utilizado diversos coagulantes naturales como: Moringa Oleifera, Opuntia Ficus Indica, Leucaena leucocephala, el polvo de quitosano, el Pinus, la Brachyura, Gallus Gallus, Citrus x Sinensis, Tacca leontopetaloides y la goma de guar; los cuales han logrado remover diversos parámetros como : Plomo, Cadmio, Arsenico, Níquel, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Zinc, Hierro.



**Figura 11.** Tipos de aguas tratadas con coagulantes naturales.

En la **figura 11**, se muestra los tipos de aguas que se han usado para llevar a cabo el proceso de coagulación por medio de coagulantes naturales, en ese contexto el 56% de las aguas utilizadas han sido aguas residuales, un 33 % de han sido aguas residuales sintéticas, un 6% han sido aguas de río y un 5% de aguas residuales de pintura.

**Tabla 7.** Porcentaje de remoción del coagulante *Moringa Oleifera*

Nombre del metal pesado	Porcentaje de remoción	Fuente
Cr	99.99%	(Ravikumar y Udayakumar, 2020)
Cd	99.98%	
Pb	99.99%	

Mn	91.67%	(Jagaba, et al. 2021)
Fe	90.49%	
Zn	22.70%	(Marzougui, et al. 2021)
Ni	76%	
Cu	93.73%	(Ali y Tien, 2018)

En la **tabla 7**, se presenta los mayores porcentajes de remoción que ha tenido el coagulante natural *Moringa Oleifera* en la eliminación de metales pesados, es así que en los metales pesados como el Cromo y el Plomo se han logrado una remoción del 99.99%, de igual manera en el Cadmio la máxima remoción ha sido del 99.98%, por otro lado en el Magnesio y Hierro se ha logrado una remoción máxima del 91.67% y 90.49% respectivamente, en metales pesados como el Zinc y el Níquel los máximos niveles de remoción han sido del 22.70% y 76% respectivamente, finalmente en el Cobre se ha logrado una remoción del 93.73%.

**Tabla 8.** *Porcentaje de remoción del coagulante Opuntia Ficus indica*

Nombre del metal pesado	Porcentaje de remoción	Fuente
Cr	98.14%	(Ndive, et al. 2021)
Cd	40.00%	(Viridiana, et al.2022)
Pb	40.00%	
Mn	90.00%	
Fe	90.00%	
As	60.00%	
Ni	40%	

En la **tabla 8**, se presenta los mayores porcentajes de remoción que ha tenido el coagulante natural *Opuntia Ficus Indica* en la eliminación de metales pesados, en metales pesados como el Cromo se ha logrado una remoción del 98.14%; del mismo modo en metales pesados como el Magnesio y el Hierro los porcentajes de remoción han sido del 90% para cada metal pesado, respecto al Arsénico se logró una remoción del 60%; mientras que para metales pesados como el Cadmio, el

Plomo y el Níquel los niveles de remoción han sido solo de 40% para cada metal pesado mencionado anteriormente.

**Tabla 9.** Nivel máximo de remoción de los coagulantes Goma de guar, *Leucaena leucocephala*, Quitosano y *Tacca leontopetaloides*.

Nombre del coagulante	Porcentajes de remoción	Fuente
<i>Goma de guar</i>	Pb=83%	(Mukherjee, et al. 2018)
<i>Leucaena leucocephala</i>	Cr=40,05%	(Razak, et al. 2018)
Quitosano	Pb=86,87%	
	Cd=94.91%	
	Mn=91.31%	
	Zn=76.0%	
<i>Tacca leontopetaloides</i>	Zn=98.5%	(Shuhada, et al. 2020)
	Pb=80%	
	Ni=98%	
	Cd=93%	

En la **tabla 9**, se presenta el nivel máximo de remoción de los coagulantes naturales *Goma de guar*, *Leucaena leucocephala*, *Quitosano* y *Tacca leontopetaloides*, es así que el coagulante natural *Goma de guar* logró su máxima remoción del Plomo en un 83%, del mismo modo el coagulante a base de *Leucaena leucocephala* logró su máxima remoción de cromo en un 40.05%; de igual manera el coagulante natural a base de quitosano logró su máxima remoción de Plomo, Cadmio, Magnesio y Zinc en un 86,87%, 94.91%, 91.31%, 76.0% respectivamente, finalmente el coagulante natural *Tacca leontopetaloides* logró un remoción máxima del Zinc, Plomo, Níquel y Cadmio del 98.5%, 80%, 98%, 93% respectivamente.

**4.4 Determinar el coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados a nivel mundial.**

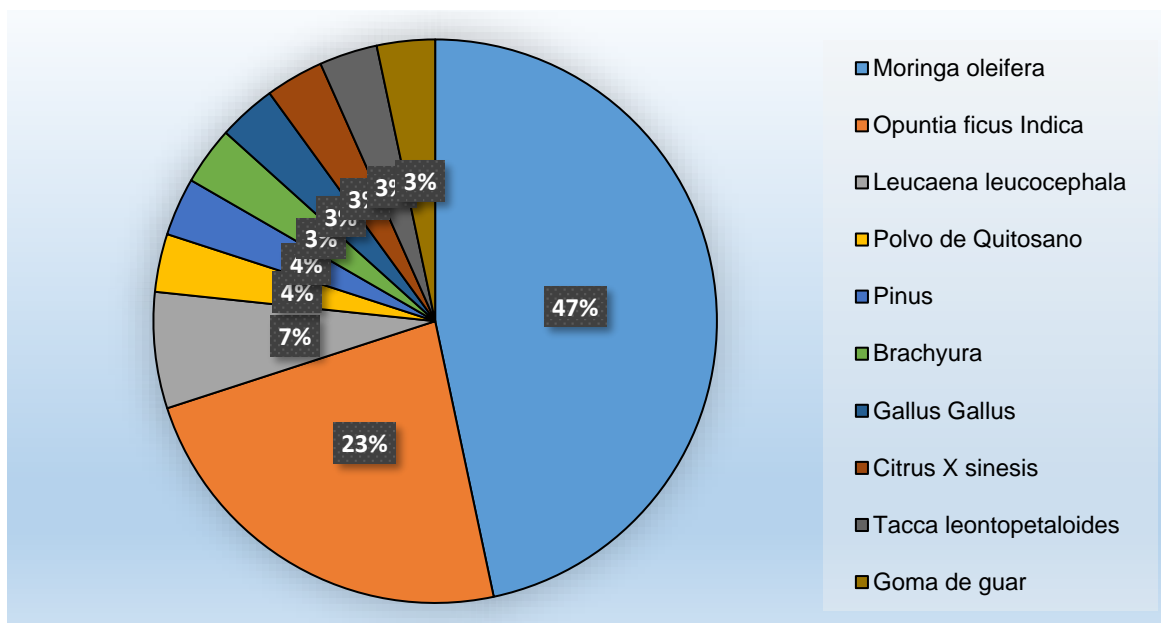
**Tabla 10.** *Coagulantes más utilizados en la remoción de metales.*

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>	<b>Fuente</b>
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	(Jagaba, et al. 2021) (Chu, et al. 2018) (Jyoti y Kumar, 2019) (Qannaf, et al. 2019) (Ali y Tien, 2018) (An, et al. 2021) (Ravikumar y Udayakumar, 2020) (Hassan, et al. 2018) (Uzoma, et al. 2022) (Kindi, et al. 2019) (Chu, et al. 2018) (Marzougui, et al. 2021) (Adedotun, et al. 2020) (Ezeamaku, et al. 2018) (Saleh, et al. 2020) (Landazuri, et al. 2019)
Tuna	<i>Opuntia ficus Indica</i>	Cactaceae	(Vargas, et al. 2022) (Ndive, et al. 2021) (Abidi, et al. 2022) (Ogareke, et al. 2019) (Sahbany, et al. 2021) (Viridina, et al. 2022) (Espinoza y Zuluaga, 2018)
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae	(Mukul, et al. 2020) (Razak, et al. 2018)

Chitosan	<i>Polvo de quitosano</i>	-	(Nithya y Abirami, 2018)
Pino	<i>Pinus</i>	Pinus occidentalis Sw	
Cascara de cangrejo	<i>Brachyura</i>	Pleocyemata	(Aleshinloye, et al. 2020)
Cascara de huevo de gallina	<i>Gallus Gallus</i>	-	
Cascaras de naranjas	<i>Citrus x sinensis</i>	Rutaceae	(Sadhan, 2019)
Arrurruz polinesio	<i>Tacca leontopetaloides</i>	Dioscoreaceae	(Shuhada, et al. 2020)
Guaran	<i>Goma de guar</i>	Leguminosa	(Mukherjee, et al.2018)

En la **Tabla 10**, se muestra los coagulantes naturales más utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, siendo la Moringa oleifera y la Opuntia ficus Indica (tuna) los más utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, por otro lado se ubican la Leucaema leucocephala ( guaje), Polvo de Quitosano (Chitosan), el pino, las cáscaras de cangrejo, las cáscaras de huevo de gallina, las cáscaras de naranjas, el arrurruz polinesio y el guaran, los cuales se han utilizado en menor cantidad en la remoción de metales pesados, ya que no existen muchos estudios referente a este tipo de coagulantes.





**Figura 12.** cantidad de los coagulantes naturales.

En la **figura 12**, se muestra los coagulantes naturales más utilizados en la remoción de metales pesados, siendo la *Moringa Oleifera* las más utilizada en remover metales pesados, con un total de 14 fuentes bibliográficas encontradas equivalente al 47%; en el mismo contexto se ubica el coagulante natural *Opuntia Ficus Indica* con 07 fuentes bibliográficas encontradas equivalente al 23%; en el mismo ámbito se ubica el coagulante *Leucaena leucocephala* y *Polvo de Quitosano* con un artículo científico encontrado equivalente a un 8%; Finalmente encontramos a los coagulantes *Pinus*, *Brachyura*, *Gallus Gallus*, *Citrus x sinesis*, *Tacca leontopetaloides*, *Goma de guar*, con un artículo científico encontrado equivalente al 15%, siendo los coagulantes que en menor cantidad se utilizaron en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

## V. DISCUSIÓN

Según Alazaiza, et al. (2021) los coagulantes naturales se producen a partir de fuentes naturales como plantas y animales, estos coagulantes permiten tratar diferentes tipos de aguas residuales como: aguas residuales textiles, aguas residuales lácteas, aguas residuales domésticas y aguas residuales con metales pesados, del mismo modo Gebretsadik et al. (2020) Afirma que el coagulante natural gana ventaja sobre el coagulante químico debido a varias razones, una de las razones es que los coagulantes naturales son más seguros que los coagulantes químicos, en ese sentido en la presente investigación se analizaron los siguientes coagulantes naturales como: Moringa, Tuna, Guaje, Chitosan, Pino, Cascara de cangrejo, Cáscara de huevo de gallina, Cascaras de naranjas, Arrurruz polinesio y el Guaran.

De acuerdo a (An, et al., 2021) encontró que la dosis óptima de Moringa oleifera fue de 200 mg/l a una mezcla rápida de 4 minutos a 200 rpm y a una mezcla lenta de 30 minutos a 60 rpm; del mismo modo (Kindi, et al., 2019) encontró que la dosis óptima de Moringa oleifera fue de 500 mg/l a una mezcla rápida de 2 minutos a 150 rpm y a una mezcla lenta de 10 minutos a 50 rpm; en el mismo ámbito se ubica (Adedotun, et al., 2020) donde la dosis óptima de Moringa oleifera fue de 500 mg/l a una mezcla rápida de 1 minuto a 150 rpm y a una mezcla lenta de 15 minutos a 30 rpm.

Según (Ndive, et al., 2021) encontró que la dosis óptima de Opuntia Ficus Indica fue de 200 mg/l a una mezcla rápida de 3 minutos a 200 rpm y a una mezcla lenta de 15 minutos a 80 rpm; para (Espinoza y Zuluaga, 2018) encontró que la dosis óptima de Opuntia Ficus Indica fue de 300 mg/l a una mezcla rápida de 3 minutos a 200 rpm y a una mezcla lenta de 15 minutos a 80 rpm; en el mismo contexto se ubica (Viridina, et al., 2022) encontrando que la dosis óptima de Opuntia Ficus Indica fue de 500 mg/l a una mezcla rápida de 1 minutos a 300 rpm y a una mezcla lenta de 30 minutos a 80 rpm.

Tomando en cuenta los aportes de An, et al. (2021) encontró que la eliminación de cromo y cadmio utilizando Moringa Oleifera y con la dosis de 2 mg/L fue del 92.85%

y 89,84%, para 4 mg/L el cromo y el cadmio fue del 82.30% y 81,23%, mientras que para 6 mg/L el cromo y el cadmio se eliminó en un 81.53% y 79.52%; estos resultados se contrastan con los aportes de Jagaba, et al. (2021), donde afirma que la eficiencia de eliminación comienza a disminuir con un incremento adicional de la dosis, en ese sentido en su estudio encontró que la Oleifera a dosis de 2000 mg/L proporciona los mayores porcentajes de remoción de Pb, Cd y Mn con 86.87%, 94.91% y 91.31% respectivamente.

Los resultados de Ogareke, et al. (2019) revelaron que la adición de 2 %, 4 %, 6 %, 8% y 10% de las soluciones madre de una dosis de 500 mg/l de *Moringa Oleifera* produjeron eficiencias de eliminación del contaminante plomo entre 2.3 y 23.0 %; del mismo modo Ezeamaku, et al. (2018), encontró que el tiempo de asentamiento para el coagulante *Moringa Oleifera* ayuda a su buen desempeño, logrando una remoción de 64.54% del plomo a 600C; con los resultados obtenidos se asume que la *Moringa Oleifera* es un buen coagulante en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados.

Por otro lado (Landázuri, et al., 2019), encontró que la *Moringa Oleifera* es un buen removedor de metales pesados, a medida que aumenta la concentración de moringa oleifera aumenta el porcentaje de eliminación de metales pesados hasta que se logre utilizar la concentración óptima, es así como se removió 69.99% Fe, 88.86% Cu y 93.73% Cr a concentración óptima de 10000 ppm, 5000 ppm y 15000 ppm respectivamente; en el mismo contexto (Jyoti y Kumar, 2019) Logró remociones máximas del 53%, 76% y 33% para metales pesados como el Cobre, Níquel y Cromo respectivamente.

Para Kindi, et al. (2019) encontró que la dosis de adsorbente a 0.45 mg, pH 7, concentración de plomo de 0.5 mg y a una temperatura normal permite las mejores condiciones de operación si se usa *Moringa Oleifera* como adsorbente y coagulante para la eliminación de plomo. Pero si se usa *Moringa Oleifera* como adsorbente, solo las condiciones de operación deben ser las siguientes: La dosis de adsorbente es 1 mg, pH 7, concentración de plomo 0,25 mg a temperatura normal, con estos resultados se afirma que la utilización de *Moringa Oleifera* resulta ser eficiente en

el tratamiento de aguas residuales a un pH óptimo y a una concentración del coagulante natural indicada.

Por otro lado, de acuerdo a Adedotun, et al. (2020) encontró que los coagulantes naturales también son eficientes en la reducción de parámetros fisicoquímicos, en ese sentido a un pH 7 y con una dosis óptima de 50 ml de Moringa Oleífera, la turbidez se redujo de 4.73 a 4 NTU; los metales pesados como el magnesio se redujo de 21.11 a 14.77 mg/l; El zinc se redujo de 6.15 a 1.19mg/l, el calcio se redujo de 5.09 a 2.02 mg/l; estos resultados se contrastan con los aportes de Hassan, et al. (2018) donde la turbidez se redujo de 16.43 mg/l a 11.20 mg/l para, la alcalinidad se redujo de 141.3 mg/l a 66 mg/l, la conductividad se redujo de 1395.7 mg/l a 670 mg/l, el oxígeno disuelto se redujo de 6.7 mg/l a cero, la DBO se redujo de 4.33 mg/l a cero.

De acuerdo a Viridiana, et al. (2022) en su estudio utilizó *Opuntia Ficus Indica* como coagulante natural para la remoción de turbidez y metales pesados en aguas sintéticas y dulces, en ese sentido encontró que los diferentes porcentajes de metales pesados removidos, dependen de las condiciones óptimas del pH inicial, las concentraciones iniciales de metales pesados y la concentración del mucílago ,utilizando estos criterios descubrió que la tuna (*Opuntia Ficus Indica*) a una dosis de 500 mg/l, una agitación rápida de 300 rpm en un minuto y una agitación lenta de 30 minutos a 80 rpm logra remociones de Cromo 98.14%, Cadmio 40.00%, Plomo 40.00%, Manganeso 90.00%, Hierro 90.00%, Arsénico 60.00% y Níquel del 40%.

Asimismo el coagulante más utilizado en el tratamiento de aguas residuales, ha sido la Moringa Oleífera, esto debido a que se ha logrado encontrar la mayor cantidad de artículos científicos donde diversos autores afirman que la Moringa oleífera es uno de los mejores coagulantes naturales para tratar este tipo de efluentes, en el mismo ámbito se ubica el coagulante natural *Opuntia Ficus Indica* siendo otro de lo coagulantes eficientes en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, del mismo modo la mayor cantidad de coagulantes naturales se caracterizan por tener un origen vegetal en un 90% de los artículos encontrados, donde hacen mención que los coagulantes naturales que mayormente han sido utilizados han sido los de origen vegetal.

De acuerdo con An, et al. (2021) La *Moringa oleifera* es un coagulante natural eficaz en la eliminación de metales pesados, tiene una capacidad innata para eliminar contaminantes físicos y químicos del agua, del mismo modo Adedotun, et al. (2020), afirma que la *Moringa oleifera* se puede utilizar como un buen coagulante porque está fácilmente disponible y ayuda a reducir el costo del tratamiento de las aguas residuales, en ese sentido según Ali y Tien (2018) demostró que la *moringa Oleifera* es un buen removedor de metales pesados. A medida que aumenta la concentración de *moringa Oleifera*, aumenta el porcentaje de eliminación de metales pesados hasta que se utiliza la concentración óptima.

Para Hassan, et al. (2018), la *moringa oleifera* es un producto ecológico y económico ventajoso siendo un coagulante natural eficaz que se puede utilizar para mejorar las características del agua en términos de pH, turbidez, total alcalinidad, dureza total, oxígeno disuelto, DBO, calcio y conductividad, etc. Para (Marzougui, et al., 2021) las semillas de *moringa oleifera* contienen proteínas solubles en agua con carga positiva, que pueden actuar como un coagulante efectivo para atacar varios aspectos del tratamiento de agua convencional y aguas residuales, como turbidez, alcalinidad, sólidos disueltos totales y dureza.

A partir de las afirmaciones de Landazuri, et al. (2019) la *Moringa Oleifera* se caracteriza por tener buenas propiedades de adsorción y pueden utilizarse como coagulante y floculante natural eliminando del agua partículas orgánicas y minerales, así como metales pesados como plomo, cobre, cadmio, cromo y arsénico; igualmente Bahadur, et al. (2019) encontró que la *Moringa oleifera* se elimina de manera eficiente el arsénico, el hierro y el manganeso del agua, además puede eliminar otros metales pesado como Cd (79,0%), Co (94.8%), Ni (94.4%) , Cu (98.0%), (98.3%) , Pb (99.5%), con la eliminación de estos parámetros se demuestra que el coagulante natural a base de *Moringa Oleifera* es un coagulante eficiente en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, lo cual resulta ser una alternativa eficiente en el tratamiento de este tipo de efluentes.

## VI. CONCLUSIONES

Los tipos de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados fueron los siguientes: Moringa (*Moringa oleifera*), Tuna (*Opuntia ficus Indica*), Guaje (*Leucaena leucocephala*), Chitosan (*Polvo de quitosan*), Pino (*Pinus*), Cáscaras de cangrejo (*Brachyura*), Cáscaras de huevo de gallina (*Gallus Gallus*), Cáscaras de naranja (*Citrus x sinensis*), Arrurruz polinesio (*Tacca leontopetaloides*), y Guaran (*Goma de guar*).

Respecto al tiempo de coagulación, la velocidad de agitación y la dosis óptima de coagulante, se determinó que estos factores son importantes en el proceso de coagulación, en ese sentido estos factores y el tipo de coagulante permiten determinar qué tan eficiente puede ser un coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, ya que de esto depende los niveles de reducción que pueden tener las aguas residuales que se encuentran contaminadas por una gran variedad de metales pesados.

Las remociones máximas de los metales pesados fueron las siguientes: Moringa Oleifera removió el Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu en un 99.99%, 99.98%, 99.99%, 91.67%, 90.49%, 22.70%, 76%, 93.73% respectivamente; la Opuntia ficus indica removió el Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, As, Ni en un 98.14%, 40.00%, 40.00%, 90.00%, 90.00%, 60.00%, 40% respectivamente, con la Goma de guar se removió el Pb en un 83%; con la Leucaena leucocephala se removió el Cr en un 40,05%, con el quitosano se removió el Pb, Cd, Mn, Zn en un 86,87%, 94.91%, 91.31%, 76.0% respectivamente; finalmente con la tacca leontopetaloides se removió el Zn, Pb, Ni y Cd en un 98.5%, 80%, 98%, 93% respectivamente.

El coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales fue la Moringa Oleifera, ya que se encontraron la mayor cantidad de documentos en torno a este coagulante donde mostró un alto porcentaje de remoción de metales pesados, asimismo se determinó que a medida que aumenta la concentración de moringa Oleifera, aumenta el porcentaje de eliminación de metales pesados hasta que se utiliza la concentración óptima, donde una de la dosis óptimas fue de 200 mg/l a una mezcla rápida de 4 minutos de 200 rpm y a una mezcla lenta de 30 minutos y una velocidad de 60 rpm.

## VII. RECOMENDACIONES

Los coagulantes naturales se deben utilizar a una escala mayor, ya que en la actualidad solo se vienen investigando su eficiencia, en la remoción de metales pesados a escala laboratorio, en ese sentido este tipo de coagulantes deben usarse en grandes cantidades para tratar diversos tipos de efluentes, ya que son fáciles y económicos de obtener y no representan un riesgo de contaminación para el ambiente.

Se deben realizar mayores investigaciones, respecto a las diversas materias primas que puedan utilizarse como coagulantes naturales, en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados, del mismo se deben profundizar mayores conocimientos de qué tipo de coagulantes naturales se cuenta con la mayor disponibilidad en la naturaleza, ya que un coagulante con mayor abundancia permitirá su utilización a una escala mayor en el tratamiento de aguas residuales.

Se deben investigar otras tecnologías más eficientes en el proceso de coagulación, con el objetivo de tratar efluentes con metales pesados, asimismo con las nuevas tecnologías que se logren identificar, se deben desarrollar a una escala mayor que permita reducir los niveles de concentración de metales pesados en aguas residuales, para lo cual será importante afianzar los conocimientos existentes en torno a los procesos de coagulación que actualmente se manejan para una mejora de las futuras tecnologías.

Realizar más trabajos de investigación experimentales utilizando coagulantes naturales como: *Leucaena leucocephala*, polvo de quitosano, *Pinus*, *Brachyura*, *Gallus Gallus*, *Citrus x Sinensis*, *Tacca leontopetaloides* y goma de guar; ya que este tipo de coagulantes han sido utilizados en menores proporciones para remover metales pesados, lo cual sería sugerente investigar con mayor profundidad sobre los beneficios que podría traer consigo utilizar este tipo de coagulantes

## REFERENCIAS

A REVIEW on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives for Harsha [et al]. Revista de líquidos moleculares [en línea]. Marzo 2017, vol.290, n. °1. [Fecha de consulta: 18 mayo de 2022] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732219317684>.

ABBAS, M. "The use of Moringa Oleifera Seeds for the removal of Heavy Metals from Wastewater "Nigerian Journal of Engineering Science Research, [en línea]. 2018, vol.1, n. °3. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2022]. Disponible en: [http://www.iuokada.edu.ng/journals/nijesr/journal\\_issue/issue\\_01/NIJESR-01-01.pdf](http://www.iuokada.edu.ng/journals/nijesr/journal_issue/issue_01/NIJESR-01-01.pdf)

ABDULATEEF, M., FAIHAA, H., AHMED, A., y NAJEM, A. (2020). Sewage Water Treatment of Chemistry Department in College of Science-Diyala University. Revisión Sistemática en Farmacia, [en línea]. 2018, vol.11, n° 12. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2022]. Disponible en <https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=09758453&AN=156331788&h=kirzV3OYzSO2Ynnp0W4Ad0c6mU1GyHXFStRJB6FRVxDypPuVR45sJj2os36HSqMyJMz54N9CnTpgHT1VCbQiBA%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=Er>.

ABELLO, V., MUÑOZ, E., y LIRA, S. (2020). Eco-efficiency assessment of domestic wastewater treatment technologies used in Chile. Tecnologías y ciencias del agua, [en línea]. 2018, vol.12, n°10. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/10/2746>

AGUILAR, Henry. Utilización de la Moringa oleifera como coagulante para la remoción de arsénico en el agua de los pozos del centro poblado Cruz del Médano del Distrito de Mórrope, 2018 Tesis (Pregrado). Chiclayo: Universidad César Vallejo. Disponible en [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39485/Aguilar\\_DHR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39485/Aguilar_DHR.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ALAZAIZA, M., ALBAHNASAI, A., ALI, G., NASSANI, E., MASKARI, T., ABU, S., y SHADI, M. Application of Natural Coagulants for Pharmaceutical Removal from



Water and Wastewater: A Review [en línea]. 2021, vol.14, n° 2. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2022]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/2/140>.

ALI, E., y TIEN, H. Heavy Metals (Fe, Cu, and Cr) Removal from Wastewater by Moringa Oleifera Press Cake. MATEC Web of Conferences, [en línea]. 2018, vol.150, n° 1. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2022]. Disponible en [https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2018/09/mateconf\\_mucet2018\\_02008/mateconf\\_mucet2018\\_02008.html](https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2018/09/mateconf_mucet2018_02008/mateconf_mucet2018_02008.html).

AN, D., ASAD, A., ZHANG, Q. Y PENG, T. (2021). Application of Natural Coagulant for Removal of Heavy Metals from Wastewater. International Core Journal of Engineering [en línea] vol.7, n°8. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2022]. <http://www.icj-e.org/download/ICJE-7-8-375-381.pdf>

APPLICATION of Natural Coagulants for Pharmaceutical Removal from Water and Wastewater: A Review por Alalaiza [et al]. Water [en línea]. 2021, n.o 2. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/ra/d0ra02979c>

APPLICATION progress of enhanced coagulation in water treatment, por Cui, H [et al]. *Royal society of chemistry* [en línea]. 2021, n.o 2. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/ra/d0ra02979c>

APPLICATION of Moringa Oleifera Seed Extract (Mose) in the Removal of Heavy Metals from Tannery Wastewater for Tanko, M [et al]. *Nigerian journal of technological development* [en línea]. 2020, n.o 2. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en <https://www.ajol.info/index.php/njtd/article/view/197827>

AQUINO, Kendy y TOVAR, Milagros (2021). Eficiencia de la remoción del Plomo (II) de aguas residuales mineras utilizando almidón de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) como coagulante natural. Huancayo Tesis (Pregrado). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú Disponible en [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6862/T010\\_70042501\\_T.pdf?sequence=1](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6862/T010_70042501_T.pdf?sequence=1)

ARIAS, Jose (2020). Proyecto de tesis guía para la elaboración. Arequipa. Disponible en

[https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2236/1/AriasGonzales\\_ProyectoDeTesis\\_libro.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2236/1/AriasGonzales_ProyectoDeTesis_libro.pdf)

BAHADUR, V., RANU, G., y SIPPY, K. (2019). Clay based nanocomposites for removal of heavy metals from water: A review. *Diario de gestión ambiental*, [en línea] vol.232, n°1. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2022] Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718313859>

BALALI, M., NASERI, K., TAHERGORABI, Z., REZA, M y SADEGHI, M. (2021). Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. *Fronteras en farmacología* [en línea] vol.1, n°1. [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2022] Disponible en <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>

BENAVIDES, L., AVELLAN, T., CAUCCI, S., HAHN, A., KIRSCHKE, S., y MULLER, A. (2018). Assessing Sustainability of Wastewater Management Systems in a Multi-Scalar, Transdisciplinary Manner in Latin America. *Water*, [en línea] vol.3, n°6. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2022] Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/2/249>

BENDEZU, Sheila y CAPCHA, Ángela (2021). Remoción de Hierro y Plomo en aguas acidas de Minería Julcani con coagulante *Opuntia floccosa*. Huancavelica: 2021 Tesis (pregrado). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Disponible en <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hsGmXL3LRsJ:https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3956+&cd=1&hl=qu&ct=clnk&gl=pe>

BENEFICIAL Use of Chicken Shell Residue and Burned Chicken Shell Residue as Coagulants for Heavy Metals Removal from Solution. por Orathi, M[et al]. *KKU Research Journal (estudios de posgrado)* [en línea]. 2022, n.o 2. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/gskku/article/view/244187>

BRYOPHYTES and heavy metals: a review (2021). Por Stankovic, J [et al]. *Acta Bot. Croat* [en línea]. vol.77, n°2. [Fecha de consulta: 18 mayo de 2022] Disponible en <http://archive.sciendo.com/BOTCRO/botcro.2018.77.issue-2/botcro-2018-0014/botcro-2018-0014.pdf>

CHINSON, C. (2020). Treatment of pulp paper mill wastewater using Moringa Oleifera via coagulation-flocculation treatment process. [En línea]. vol.1, n°1. [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2022]. Disponible en [http://eprints.utar.edu.my/3702/1/1503206\\_FYP\\_report\\_-\\_Chinson\\_Chum.pdf](http://eprints.utar.edu.my/3702/1/1503206_FYP_report_-_Chinson_Chum.pdf)

CHOUHAN, A THAKUR, L Y KUMAR, A. (2018). A Review on Removal of Heavy Metals from Water/Wastewater by Electrocoagulation Process. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) [en línea]. vol.5, n°12. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2022]. Disponible en <https://www.researchgate.net/profile/Anil-Verma>

14/publication/332752633\_A\_Review\_on\_Removal\_of\_Heavy\_Metals\_from\_Water\_Wastewater\_by\_Electrocoagulation\_Process/links/5cc80319a6fdcc1d49b99ff9/A-Review-on-Removal-of-Heavy-Metals-from-Water-Wastewater-by-Ele.

COAGULATION Treatment of Wastewater: Kinetics and Natural coagulant Evaluation. (2021) por Precious, N [et al]. moléculas [en línea]. vol.6, n. °3. [Fecha de consulta: 18 mayo de 2022] Disponible en <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/3/698>

COSME, Oscar y ZEVALLOS, Erwin. Influencia del tipo y concentración de coagulante en la remoción de plomo de una solución acuosa, 2017 Tesis pregrado. Huancayo.: Universidad Nacional del Centro del Peru. Disponible en <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3794/Cosme%20Marticorena-Zevallos%20Osores.pdf?sequence=1>

EFFECTIVENESS of Natural Coagulant in Coagulation Process: A review.por Hariz, A [et al]. [en línea]. 2018, n.o 7. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en [http://eprints.utm.my/id/eprint/79877/1/AmirHarizAmran2018\\_EffectivenessofNaturalCoagulantinCoagulation.pdf](http://eprints.utm.my/id/eprint/79877/1/AmirHarizAmran2018_EffectivenessofNaturalCoagulantinCoagulation.pdf)

EFFECTIVENESS of Natural Coagulant in Coagulation Process: A review por Hariz, H. [et al]. [en línea]. Mayo 2017, vol.22, n. °1. [Fecha de consulta: 117 mayo de 2022] Disponible en: [http://eprints.utm.my/id/eprint/79877/1/AmirHarizAmran2018\\_EffectivenessofNaturalCoagulantinCoagulation.pdf](http://eprints.utm.my/id/eprint/79877/1/AmirHarizAmran2018_EffectivenessofNaturalCoagulantinCoagulation.pdf)

EFFICIENCY of electro flocculation in the treatment of water contaminated by organic waste por Nunes, A [et al]. *Revista ambiente y agua* [en línea]. vol.15, n. °1. [Fecha de consulta: 17 mayo de 2022] Disponible en <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/K5hQjHfv4Pj4f3M8CGpDRrb/abstract/?lang=en>

ESPINOZA, Rubén y ZULUAGA, Sebastián. Evaluación de la capacidad de dos coagulantes naturales para la remoción de cargas contaminadas en el efluente final de la empresa textil INRUZZ S.A.S con respecto al coagulante natural comercial sulfato de aluminio 2018 Tesis (Pregrado). Colombia: Universidad del Bosque. Disponible en [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3319/Espinosa\\_Ot%C3%A1lora\\_Rub%C3%A9n\\_Dar%C3%ADo\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3319/Espinosa_Ot%C3%A1lora_Rub%C3%A9n_Dar%C3%ADo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

EVALUACIÓN de coagulantes Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas por Barreto, Sebastián [et al]. *Área ambiental* [en línea]. vol.11, n.°1. [Fecha de consulta: 12 junio de 2022] Disponible en <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/130/1301258001/html/>.

EXPLORING the Characterization of Cactus Opuntia as a Coagulant for Turbidity and Chromium removal from Simulated Paint Wastewater. por Ndivi, J[et al]. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science* [en línea]. 2021, n.o 6. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible <http://irjaes.com/wp-content/uploads/2021/09/IRJAES-V6N3P15Y21.pdf>

GONZALES, Brisayda. Eficiencia de los coagulantes naturales en la clarificación-potabilización de agua para uso alternativo en zonas rurales Tesis 2019 (Pregrado). Lima: Universidad científica del Sur. Disponible en <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/778/TB-Gonzales%20B.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUMFAWAR, S y BUDDHARATNA, G. (2017). Utilization of Natural Coagulant for Chromium (VI) and Cadmium Removal from aqueous Solution. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 10(1), 258-262. Disponible en <https://www.ijsr.net/archive/v6i4/ART20172274.pdf>

HEAVY metal water pollution: A fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods. (2021) por Zamora, C [et al.] *Tecnología e innovación ambiental* [en línea]. vol.19, n°1. [Fecha de consulta: 16 mayo de 2022] Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186421001528>

HEAVY metals removal from landfill leachate by coagulation/flocculation process combined with continuous adsorption using eggshell waste materials. por Jaradat, A[et al]. *ciencia y tecnología del agua* [en línea]. 2021, n.o 12. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible <https://iwaponline.com/wst/article/84/12/3817/85224/Heavy-metals-removal-from-landfill-leachate-by>

HERNADEZ, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

HIGGIS, J y GREEN, S. (2011). *Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones*. México. Disponible en [https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/manual\\_cochrane\\_510\\_web.pdf](https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/manual_cochrane_510_web.pdf)

HUMAN Risk from Exposure to Heavy Metals and Arsenic in Water from Rivers with Mining Influence in the Central Andes of Peru. Agua 020 Custodio [et al.] [En línea] vol.12, n°7. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2022] Disponible en <https://www.mdpi.com/764454>

HUMAN Risk from Exposure to Heavy Metals and Arsenic in Water from Rivers with Mining Influence in the Central Andes of Peru. Agua 020 Custodio [et al.] [En línea] vol.12, n°7. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2022] Disponible en <https://www.mdpi.com/764454>

KIT, Y. Y CHANGA, J. (2020). Bioremediation of heavy metals using microalgae: Recent advances and mechanisms. *Tecnología de bio recursos*, [en línea]. vol.303, n. °1. [Fecha de consulta: 20 mayo de 2022] Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420301553>

KRISHNA, B. y KUMAR, M. (2018). A Review of Electrocoagulation Process for Wastewater Treatment. *International Journal of ChemTech Research*, [en línea]. vol.11, n. °3. [Fecha de consulta: 20 mayo de 2022] Disponible en <http://dx.doi.org/10.20902/IJCTR.2018.110333>

LEVELS of heavy metals in wastewater and soil samples from open drainage channels in Nairobi, Kenya: community health implication por Kinuthia, G. [et al]. Scientific report [en línea]. vol.10, n.º1. [Fecha de consulta: 20 mayo de 2022] Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65359-5>.

LUN, W. Y WAHAB, A. (2020). State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. Journal of Cleaner Production [en línea]. vol.262, n.º1. [Fecha de consulta: 18 mayo de 2022] Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620313147>

MOHD, S., ZIN, N. Y OTHMAN, N. (2019). A Review of Wastewater Treatment using Natural Material and Its Potential as Aid and Composite Coagulant. Sains Malaysiana, [en línea]. vol.48, n. °1. [Fecha de consulta: 17-mayo de 2022] Disponible en <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56966454/IRJET-V5I4601-with-cover-page>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1652055442&Signature=BGFronX2xlwV2Va45BWjNpCKeBLvWnGwhTtwhJokv6LBfy2V1iN~Cabdl6rzXTfdMPtsgfQQuyttc2EglJCHTtr-sZ-hl2xpuWBQiJy6GjdOgvqm1EstE6mCkbg-FIM0gQ~Crr11BBuJVw>

NITHYA, Y ABIRAMI, M. (2018). The leachate treatment by using natural coagulants (Pine Park and Chitosan). International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), [en línea]. vol.5, n. °4. [Fecha de consulta: 17 mayo de 2022] Disponible en: <https://www.irjet.net/archives/V5/i4/IRJET-V5I4601.pdf>

OKOLO, B y ONUKWULI, D. (2021). Coagulation kinetic study and optimization using response surface methodology for effective removal of turbidity from paint wastewater using natural coagulants. *Scientific African*, 14(1) Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227621002635>

PARAMETERS affecting enhanced coagulation: a review, por Saxena, K[et al]. *Environmental Technology Reviews* [en línea]. 2018, n.o 7. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21622515.2018.1478456>

PLANT-BASED coagulants for water treatment, por Shabaa, G [et al]. *En Serie de conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales* [en línea]. 2020, n.o 1. [Fecha

de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1058/1/012001/meta>

PINE cone extract as natural coagulant for purification of turbid water. por Hussain, S [et al]. *Helion* [en línea]. 2019, n.o 5. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844018367690>

OLIVERA, Maritza. Remoción de cromo VI de aguas residuales de curtiembres utilizando el polvo de la semilla de Moringa oleífera como coagulante natural en la región Puno, 2018. Tesis pregrado. Puno: Universidad peruana Unión. Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1681>

ORGANISMO de evolución y fiscalización ambiental. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Lima: Disponible en [http://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

PARRA, L. y BRICEÑO, I. (2013). Aspectos éticos en la investigación cualitativa. *Enfermería Neural (México)*, 12(3), 118-121. Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/enfneu/ene-2013/ene133b.pdf>.

RECENT Advances on Coagulation-Based Treatment of Wastewater: Transition from Chemical to Natural Coagulant. *Biology and Pollution* Burhanuddin, M [et al.] 2020 [en línea] vol.7, n°3. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2022] Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-021-00191-7>.

REDUCTION of Turbidity in Waters Using Cassava Starch as a Natural Coagulant (2021) por Villanova, A [et al.] *prospective* [en línea]. vol.19, n°1. [Fecha de consulta: 19 mayo de 2022] Disponible en <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/2367/2377>

REMOVAL of heavy metals present in water from the Yautepec River Morelos México, using *Opuntia ficus-indica* mucilage por Virdina, S [et al]. *Environmental Advances* [en línea]. 2022, n.o 7. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765721001319>

REMOVAL of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. (2021) por Qasem, N [et al]. *clean water* [en línea]. vol.4, n.13. [Fecha de

consulta: 18 mayo de 2022] Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41545-021-00127-0>

REMOVAL of heavy metals from aqueous solutions using *Eucalyptus Camaldulensis*: An alternate lowcost adsorbent. *Cogent Chemistr.* Gebretsadik, H [et al.] [En línea] vol.6, n°1. [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2022] Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23312009.2020.1720892>

REMOVAL of heavy metals present in water from the Yautepec River Morelos México, using *Opuntia ficus-indica* mucilage (2021) por Vargas, S [et al] *Environmental Advance.* [En línea]. vol.7, n°1. [Fecha de consulta: 19 mayo de 2022] Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2666765721001319?token=90B1C4ADC54EC1F1C83D8F989EB2C262464970020246CC377A8AA6E220E04877F3CECDA249852ACD340516AB8984F775&originRegion=us-east-1&originCreation=20220508202321>.

REYES, Eduar (2019). Aplicación de polímeros naturales en el tratamiento de aguas acidas de minas. Tesis (pregrado). Huacho: Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión. Disponible en <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/4399/REYES%20CALDERON,%20ELVIS%20VALERIANO.pdf?sequence=1>

ROLE of microbial community and metal-binding proteins in phytoremediation of heavy metals from industrial wastewater (2021). Por Sharma, P [et al]. *Bioresource Technology* [en línea]. vol.326, n.1. [Fecha de consulta: 18 mayo de 2022] Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421000894>

SEASONAL variation of heavy metals in surface water of the Ananea River contaminated by artisanal mining, Peru (2020) for Pari, A [et al]. *En Serie de conferencias IOP: Earth and Environmental Science* [en línea]. vol.614, n. °1. [Fecha de consulta: 17 mayo de 2022] Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/614/1/012167/meta>.



SYLWAN, I. Y THORIN, E. (2021). Removal of Heavy Metals during Primary Treatment of Municipal Wastewater and Possibilities of Enhanced Removal: A Review. *Water*, 13(8), 1-26. Disponible en <https://www.mdpi.com/1078398>

TOXICITY and Bioremediation of Heavy Metals Contaminated Ecosystem from Tannery Wastewater: A Review por Igiri. B, [et al]. *Revista de toxicología [en línea]*. vol.22, n. °1. [Fecha de consulta: 20 mayo de 2022] Disponible en: <https://downloads.hindawi.com/journals/jt/2018/2568038.pdf>

TREATMENT of lead contaminated wastewater using aluminium sulphate and moringa oleifera as coagulants,por Ezeamaku, U [et al]. *Nigerian Journal of Polymer Science and Technology [en línea]*. 2018, n.o 13. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Nnamdi-Iheaturu/publication/332859187\\_Treatment\\_of\\_Lead\\_Contaminated\\_Wastewater\\_using\\_Aluminum\\_Sulphate\\_and\\_Moringa\\_Oleifera\\_as\\_Coagulants/links/5ccd5298458515712e908777/Treatment-of-Lead-Contaminated-Wastewater-using-](https://www.researchgate.net/profile/Nnamdi-Iheaturu/publication/332859187_Treatment_of_Lead_Contaminated_Wastewater_using_Aluminum_Sulphate_and_Moringa_Oleifera_as_Coagulants/links/5ccd5298458515712e908777/Treatment-of-Lead-Contaminated-Wastewater-using-)

## ANEXOS

### Anexo 1. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Problema general	Problemas específicos	Objetivo general	Objetivos específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de Análisis	
¿Cuál es el coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados a nivel mundial?	<b>PE1:</b> ¿Cuáles son los tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados?	Determinar el coagulante natural más utilizado en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados a nivel mundial	<b>OE1:</b> Determinar los tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados	Tipos de coagulantes naturales	Origen animal	<ul style="list-style-type: none"> <li>(Nimesha, et al. 2022)</li> <li>(Preciosa, et al. 2021)</li> <li>(Ndivi, et al. 2021)</li> <li>(An, et al. 2021)</li> <li>(Bendezu y Capcha, 2021)</li> <li>(Saxena, et al. 2018)</li> <li>(Hariz, et al. 2018)</li> <li>(Chinson, 2020)</li> <li>(Villabona2021)</li> <li>(Krishna y Kumar, 2018)</li> <li>(Nunes, et al. 2020)</li> <li>(Alazaiza, et al. 2021)</li> <li>(Hariz, et al. 2018)</li> <li>(Mohd, et al. 2019)</li> <li>(Abdulateef, et al. 2020)</li> <li>(Agoro, et al. 2020)</li> <li>(Gebretsadik, et al. 2020)</li> <li>(Igiri, et al. 2018)</li> </ul>	
	<b>PE2:</b> ¿Cuáles son los parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados?		<b>OE2:</b> Determinar los parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados		Prueba de jarras		Tiempo de coagulación
			<b>PE3:</b> ¿Cuál es el porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales?				<b>OE3:</b> Determinar el porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales
	Porcentaje de remoción			Dosis optima de coagulante			
			Concentración inicial (Ci)	$\%Re = \frac{Cf * 100}{Ci} - 100$			
			Concentración final (Cf)				




**FICHA 2:** Parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados

<b>Título:</b>	Coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados a nivel mundial: Una revisión sistemática los últimos 5 años.					
<b>Línea de investigación:</b>	Tratamientos y Gestión de los Residuos					
<b>Asesor:</b>	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio					
Nombre del coagulante	Tiempo en el proceso de coagulación (Minutos)	Velocidad de agitación en el proceso de coagulación (rpm)	Dosis del coagulante natural (mg/l)	Prueba utilizada en el proceso de coagulación	Observaciones	Fuente bibliográfica consultada

  
DNI: 06647208

  
  
Pacheco  
Ingeniero Técnico  
Reg. C.I.P. N° 90140

  
Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

  
Danny Lizarabaja Aguinaga  
Ingeniero Químico  
Reg. CIP N° 85559



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Quijano Pacheco, Wilber
- 1.2. Cargo o institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento: **Tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados**
- 1.5. Autor (a) del instrumento: Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi

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

### II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



Lima, 09 de setiembre de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### II. DATOS GENERALES

- 2.1. Apellidos y Nombres: Quijano Pacheco, Wilber
- 2.2. Cargo o institución donde labora: Docente de la UCV
- 2.3. Especialidad o línea de investigación: Ambiental
- 2.4. Nombre del instrumento: **Parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados**
- 2.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

  
 W. Quijano Pacheco
   
 INGENIERO TÉCNICO
   
 Reg. C.I.P. N° 90140

Lima, 09 de setiembre de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### III. DATOS GENERALES

- 3.1. Apellidos y Nombres: Quijano Pacheco, Wilber
- 3.2. Cargo o institución donde labora: Docente de la UCV
- 3.3. Especialidad o línea de investigación: Ambiental
- 3.4. Nombre del instrumento: **Porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales.**
- 3.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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

### VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



  
 Wilber Quijano Pacheco  
 INGENIERO REGISTRADO  
 Reg. CEP. N° 90140

Lima, 09 de setiembre de 2022



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio
- 1.2. Cargo o institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento: **Tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados**
- 1.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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

### II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de setiembre de 2022



. Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar .  
CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### II. DATOS GENERALES

- 2.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio
- 2.2. Cargo o institución donde labora: Docente de la UCV
- 2.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Ambiental
- 2.4. Nombre del instrumento: **Parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados**
- 2.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de setiembre de 2022



. Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar .  
CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### III. DATOS GENERALES

- 3.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio
- 3.2. Cargo o institución donde labora: Docente de la UCV
- 3.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Ambiental
- 3.4. Nombre del instrumento: **Porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales.**
- 3.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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

### VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de setiembre de 2022



· Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar ·  
CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 1.2. Cargo o institución donde labora: Docente asociado de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de residuos
- 1.4. Nombre del instrumento: **Tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados**
- 1.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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

### II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 05553

Lima, 15 de setiembre de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### II. DATOS GENERALES

- 2.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 2.2. Cargo o institución donde labora: Docente asociado de la Universidad César Vallejo
- 2.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de residuos
- 2.4. Nombre del instrumento: **Parámetros operativos del uso de test de jarras en la aplicación de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales con metales pesados**
- 2.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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


### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 85559

Lima, 15 de setiembre de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### III. DATOS GENERALES

- 3.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 3.2. Cargo o institución donde labora: Docente asociado de la Universidad César Vallejo
- 3.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de residuos
- 3.4. Nombre del instrumento: **Porcentaje de remoción de los metales pesados en aguas residuales por medio de coagulantes naturales.**
- 3.5. Autor (a) del instrumento: **Edisson Asto Huamani / Stefany Dayana Chahuasoncco Curi**

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

### VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento SI cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento NO cumple con los requisitos para su aplicación

X

### VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95559

Lima, 15 de setiembre de 2022



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados a nivel mundial: Una Revisión sistemática los últimos 5 años.", cuyos autores son ASTO HUAMANI EDISSON, CHAHUASONCCO CURI STEFANY DAYANA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 05 de Setiembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ <b>DNI:</b> 08447308 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3419-7361	Firmado electrónicamente por: JORDONEZ02 el 22- 09-2022 10:37:31

Código documento Trilce: TRI - 0426591