



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

**Revisión Sistemática de la Aplicación de Coagulantes Naturales
de Origen Vegetal en el Tratamiento de Aguas Residuales
Industriales, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Lasteros Patilla, Irving (ORCID: 0000-0002-4942-4467)
Mejia Quispe, Elizabeth (ORCID: 0000-0003-1556-0855)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

A mis padres Ladislao y Valentina quienes con amor y comprensión me permitieron cumplir un sueño más, a mis siete hermanos que son mi gran apoyo, con sus distintas personalidades hicieron que logre mi perseverancia y el coraje para conseguir mis objetivos, a nosotros porque vencimos cada obstáculo durante este proceso, finalmente dedico a las personas que me apoyaron incondicionalmente a concluir la tesis.

A mis padres Hermes y Luzgarda quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más, a mis hermanos Yoner y Roxana por su cariño y apoyo incondicional durante este proceso finalmente a todos quienes me apoyaron con consejos y palabras de aliento todo el tiempo.

Agradecimiento

Son muchas personas que han contribuido en este proceso y conclusión de esta tesis. En primer lugar, agradecer a la universidad por permitir convertirnos en ser profesionales en lo que tanto nos apasiona, a la Mg. Rita Cabello Torres asesora de esta tesis, por su apoyo incondicional y por su sabia enseñanza. Agradecer a nuestros padres por su apoyo, por los recursos brindados durante la vida universitaria y poder lograr este sueño, a nuestros hermanos porque siempre estuvieron con nosotros con palabras de aliento y a nuestros amigos.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipos y diseño de la investigación.....	24
3.2 Categorías, Subcategoría y matriz de categorización apriorística	24
3.3 Escenario del estudio	26
3.4 Participantes	26
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.6 Procedimientos	27
3.7 Rigor científico	27
3.8 Método de análisis de información.....	27
3.9 Aspectos éticos	28
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	54

Índice de tablas

Tabla 1. Antecedentes de coagulantes Naturales aplicados en el tratamiento de aguas residuales industriales	14
Tabla 2. Matriz de categorización apriorística	24
Tabla 3: Coagulantes naturales de origen vegetal utilizadas en el tratamiento de aguas residuales industriales.	29
<i>Tabla 4. Coagulantes</i> de origen vegetal utilizados en el tratamiento de aguas residuales industriales	32
Tabla 5. Parámetros removidos, eficiencia de remoción y las condiciones operativas	37

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del mecanismo de coagulación, neutralización de carga.	7
Figura 2. (a) Adsorción de polímero y formación de flóculos disponibles para la unión (b) Puente polimérico entre partículas (agregación)	7
Figura 3. (a) Coloides con carga negativa (b) biocoagulantes catiónicos (c) coagulación por neutralización a través del mecanismo de parche.	8
Figura 4. Procesos de extracción de un coagulante natural de origen vegetal	12
Figura 5: Procedimientos para obtener coagulante natural a partir de origen vegetal. Mediante diálisis, liofilización, intercambio iónico y precipitación.	13

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo analizar los principales coagulantes naturales obtenidos de origen vegetal aplicados en el tratamiento de aguas residuales industriales, para lo cual se utilizó como técnica de instrumento la recolección de información y análisis documental la cual incluye información descrita en el Anexo I, se consideraron 36 artículos en versión digital, 7 libros y 2 tesis uno de pregrado y otro de maestría. Teniendo en cuenta los criterios de inclusión (antigüedad no menor de 5 años) y exclusión por ser no relevante al tema del estudio. Se obtuvieron como resultado que las especies más utilizados como coagulantes natural de origen vegetal fueron: Moringa oleífera, Aliso (*Alyssum mucilage*), Fenogreco, (*Trigonella foenum-graecum*), Okra (*Abelmoschus escluentus*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Nirmali (*Strychnos potatorum*), Jacinto de agua (*Eirchorrnia crassipes*), Albahaca *Ocimum basilicum* L., Opuntia Ficus Indica, Ricino (Semillas de *Ricinus communis* L.), Garbanzo (*Cicer arietinum*), Arroz (Almidón de arroz), Cactus *Cereus peruvianus* y Senna (*Cassia obtusifolia*) que fueron utilizados en el tratamiento de efluentes industriales, teniendo eficiencia de remoción de parámetros contaminantes que oscilan entre 50 a 100%.

Palabras clave: Coagulantes naturales, origen vegetal, aguas residuales industriales.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the main natural coagulants obtained from plant origin applied in the treatment of industrial wastewater, for which the collection of information and documentary analysis was used as an instrument technique, which includes information described in Annex I, 36 articles in digital version, 7 books and 2 theses, one undergraduate and one master's, were considered. Taking into account the inclusion criteria (seniority not less than 5 years) and exclusion because it is not relevant to the subject of the study. As a result, the species most used as natural coagulants of plant origin were: Moringa oleífera, Alder (*Alyssum mucilage*), Fenugreek, (*Trigonella foenum-graecum*), Okra (*Abelmoschus esculentus*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Nirmali (*potatorum*) , Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), Basil (*Ocimum basilicum* L.), Opuntia Ficus Indica, Castor bean (Seeds of *Ricinus communis* L.), Chickpea (*Cicer arietinum*), Rice (Rice starch), Cactus *Cereus peruvianus* and Senna (*Cassia obtusifolia*) that were used in the treatment of industrial effluents, having removal efficiency of polluting parameters ranging between 50 to 100%.

Keywords: Natural coagulants, plant origin, industrial wastewater.

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales es explicado de distintas formas, se puede desempeñar como unión de más de un efluente desde diferentes fuentes (Mohd y Othman, 2019, p.1-2), producto de uso del agua en diversas actividades humanas del cual se generan aguas residuales y en mayor volumen a medida que crece la demanda mundial; a nivel global un 80% de aguas residuales no reciben tratamiento alguno y son vertidos directamente a cuerpos de aguas superficiales, esto generando resultados negativos, en la salud humana, en la actividad económica, así mismo, disminuyendo la calidad de los recursos del agua (WWAP, 2017, p.16-17); por lo que hace inevitable tomar medidas más eficaces de los que se hayan desarrollado hasta la actualidad (Carrera y Suárez, 2019 p.6).

Las aguas residuales industriales son muy heterogéneas, debido a que lo componen múltiples contaminantes y sus características varían de acuerdo al sector industrial que las produce (Carrera y Suárez, 2019 p.6). Y se caracterizan por tener contenido particular tales como: Turbidez, Sólidos suspendidos, Materia orgánica biodegradables, DBO, DQO, nutrientes (fosfatos y nitrógenos), patógenos, materia orgánica no biodegradable (detergentes), sólidos inorgánicos disueltos, SST, colorantes, ácidos, álcalis, aceites, grasa, sales, nutrientes, Metales, azúcares (Carrera y Suárez, 2019 p.12-162), (WWAP, 2017 p.80 y 88).

Así mismo, en la Iberoamérica las industrias principales son: La industria del aceite de oliva, Industria cárnica vacuna, Industria de curtido, Industria láctea, Industria pesquera y conservera, Industria química del plástico, Industria textil e Industria vitivinícola entre los países de España, Argentina, Chile, Brasil, Portugal Paraguay, Uruguay, Argentina, México y Perú. (Carrera y Suárez, 2019 p.12-162).

Perú no es ajeno a esta problemática, según el estudio realizado por la SUNASS con la Cooperación Alemana de Desarrollo (GTZ/PROAGUA) menciona que el 70% de aguas residuales se descargan sin tratamiento alguno, también, de las 143 plantas de tratamiento de aguas residual solo un 14% cumplen con la normatividad vigente y se encuentra con déficit de 948 millones de dólares americanos (Larios, Gonzales y Olivares, 2015, p.7). Al mismo

tiempo, otro problema encontrado es con el ingreso de agua residuales industriales en las redes del sistema de alcantarillado, los cuales sobrecarga las unidades de tratamiento. (Larios, et al., 2015, p.).

Uno de los tratamientos de aguas residuales industriales hasta la actualidad considerada como el proceso más importante, antiguo y la más utilizada es la coagulación y floculación, que consiste en la eliminación de impurezas partículas finas suspendidas y coloides, desestabilizando y formando los miniflocs en partículas más grandes llamados flocs. Permitiendo que los agregados asienten y posteriormente separándose de manera más fácil y rápida, (Jiang, 2015, p. 3).

Es así, que se usa coagulantes sintéticos para tal propósito tales como: Sulfato de Aluminio (alumbre), Aluminato de Sodio, Cloruro de Aluminio y Sulfato Férrico que presentan buenos resultados en cuanto a la eliminación de los contaminantes. Sin embargo, el impacto económico y medioambiental es muy alto, debido a que traen consigo desventajas que no favorecen el cuidado del medio ambiente (como la producción de lodos en gran volumen no degradables y tóxicos), también afectan a la salud humana vinculadas con enfermedades neurológicas como el Alzheimer principalmente el aluminio residual que ingresa al cuerpo y ésta se acumula en el cerebro (Lanan, Selvarajoo, Sethu y Arumugasamy, 2020, p.5-6), (Boulaadjoul, Zemmouri, Bendjama, Drouiche, 2018, p.2) y provoca alteración del pH del agua (Lopes, Fonseca y carraro, 2020, p.2).

Considerando los aspectos ambientales anteriormente mencionados, se opta por adoptar una tecnología limpia, para lo cual se realizó diversas investigaciones científicas de nuevos productos, en reemplazo de los productos sintéticos por productos naturales como son los coagulantes naturales o biocoagulantes, teniendo como fuente principalmente los recursos naturales vegetales con resultados ventajosos como la biodegradabilidad, naturaleza no tóxica, de esta forma contribuyendo positivamente al medio ambiente. (Mohd, 2019, p.4-6).

Basándose en ello, esta investigación se plantea como problema general: ¿Cuáles son los principales coagulantes naturales de origen vegetal para el tratamiento de aguas residuales?, así mismo se tiene como problemas específicos los siguientes:

- **PE1:** ¿Qué parte de la planta se puede convertir en coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales?
- **PE2:** ¿Cuáles son los métodos de extracción del coagulante natural de origen vegetal para el tratamiento de aguas residuales?
- **PE3:** ¿Qué parámetros de contaminación del agua residual elimina el coagulante natural de origen vegetal?
- **PE4:** ¿Cuáles son las condiciones operativas del coagulante natural de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales?
- **PE5:** ¿Cuál es la eficiencia de remoción de los agentes de contaminación de agua residuales industriales?

Este estudio busca ser un aporte teórico sobre el tema, así mismo obtener mayor conocimiento de la obtención de coagulantes naturales de origen vegetal, los cuales sean utilizados en los procesos de tratamiento de aguas residuales industriales. Por lo que los coagulantes naturales son amigables con el ambiente, libres de la toxicidad y la última ventaja es la producción en mínima cantidad de lodo residual, incluso hasta cinco veces menor que la de lodos con coagulantes químicos (Banchón, Baquerizo, Muñoz y Zambrano, 2016, p. 7), además es una buena opción para el tratamiento de aguas residuales industriales, de esta forma se evitaría la descarga directa de efluentes industriales a los componentes ambientales. El impacto económico es la reducción de costos en su posterior tratamiento y disposición final de lodos generados por el uso de coagulantes naturales a comparación de los sintéticos.

Es por ello, que esta investigación plantea el siguiente objetivo general: Determinar los principales coagulantes naturales de origen vegetal utilizados en el tratamiento de aguas residuales industriales, teniendo los objetivos específicos:

- **OE1:** Analizar que parte de la planta se utiliza como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales industriales.

- **OE2:** Analizar los métodos de extracción del coagulante natural para el tratamiento de agua residual industrial.
- **OE3:** Analizar los parámetros removidos en el tratamiento de agua residual industrial por el coagulante natural de origen vegetal.
- **OE4:** Analizar las condiciones operativas del coagulante natural de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales.
- **OE5:** Comparar la eficiencia de remoción de los agentes de contaminación de aguas residuales industriales.

II. MARCO TEÓRICO

El concepto de aguas residuales inicia con la revolución industrial en el siglo XVIII, sobre todo en los países desarrollados actualmente, vertiéndose directamente a los cauces naturales sin un previo tratamiento (WWAP, 2017, p.76) (Teh et al. 2016); las aguas residuales industriales son producidas por las actividades del hombre por la transformación de la materia prima, así mismo estos efluentes se originan por lavado, cocción, enfriamiento, calentamiento, extracción, subproducto de reacción, separación, transporte, etc. (De Gisi y Notarnicola, 2017, p.23).

En los diferentes países a nivel mundial y a nivel Iberoamérica existen diversas actividades industriales. Según (Carrera y Suárez, 2019 p.12-162), las industrias más resaltantes son las siguientes: industria del aceite de oliva, industria cárnica vacuna, industria de curtido, industria láctea, industria pesquera y conserva, industria textil, industria química del plástico, industria vitivinícola, del cual solamente en la industria del aceite de oliva se generan aguas residuales de $3,35 \times 10^6 \text{ m}^3$, así mismo en la industria cárnica vacuna para obtener 1 kg de carne se utiliza 5 litros de agua, los efluentes de dichas industrias contienen mayor concentración en los siguientes parámetros de: DBO_5 , BQO, SS, SST y en menos proporción de grasa, nitrógeno, fosfato, sulfuros, coloides, materia orgánica no biodegradable (detergentes), sólidos inorgánicos disueltos, colorantes, ácidos, álcalis, aceites, sales, metales, azúcares (Carrera y Suárez, 2019 p.12-162), (WWAP, 2017, p.80 y 88) y (Hodaifa, et al. 2019, p. 4) (Ver Anexo tabla N° 1).

Uno de los tratamientos de aguas residuales industriales es la coagulación y floculación, así mismo, se considera que este proceso sigue siendo un método prometedor en el tratamiento de efluentes industriales (Boulaadjoul, et al. 2018, p.3).

Por tal motivo, la coagulación es definido como un proceso antiguo más utilizado e importante en el tratamiento de aguas y aguas residuales de diferentes actividades por su sencillez y eficacia, es un proceso de desestabilización de partículas coloidales, debido a que muchos de los coloides están cargados

negativamente, en este proceso de coagulación la carga eléctrica del coloide son neutralizados, de esta manera se anula las fuerzas electrostáticas repulsivas; una vez ocurrido la desestabilización de las partículas, producto de la colisión entre los coloides se genera la formación de los flóculos o flocs (Hodaifa, et al. 2019, p.7) (ver figura 1).

Los coloides son aquellas partículas menores a 10^{-5} mm, algunos ejemplos de coloides son los siguientes: sustancias minerales, pequeños agregados de precipitado, materia floculada, limo, bacterias, plancton, virus, biopolímeros y macromoléculas, así mismo los materiales que sean menores a 10^{-6} mm son conocidos como soluciones, es preciso señalar que los coloides mantienen su estado disperso debido a la estabilidad, lo cual se considera como la capacidad de las partículas de mantener como entidades independientes dentro de una dispersión asociados a fenómenos interfaciales (Bratby 2016).

Según (Bratby 2016), la estabilidad del material coloidal es debido a la existencia de fuerzas ligadas con la interfaz sólido-líquido, las fuerzas interfaciales que mantienen la dispersión coloidal surgen de: la presencia de una carga superficial en la interfaz entre el coloide y el líquido e hidratación de las capas superficiales del coloide, hoy en día se conoce que la coagulación ocurre por cuatro mecanismos que son: neutralización de carga tal como se muestra en la (figura 1). Esta se lleva a cabo cuando el coloide y el coagulante tienen cargas opuestas de esta manera las partículas coloidales puedan ser desestabilizadas, estas partículas tienden a aglomerarse debido a fuerza de Van de Waals, sin embargo si las dosis de coagulantes son elevadas puede ocurrir una inversión de carga y nuevamente regresar a la estabilidad del coloide, es por eso que se recomienda mantener una dosis óptima de coagulante; el mecanismo siguiente es el puente polímero, producido por coagulantes de cadena larga y baja densidad de carga.

Los biopolímeros son absorbidos por los coloides contaminantes iniciándose así un puente (ver figura 2), por otro lado, también es considerado el parche electrostático como mecanismo de coagulación, en este hay formación de parches catiónicos en las superficies de los coloides cargadas negativamente como se puede observar en la (figura 3), estos parches actúan al momento de

aproximarse los parches positivos se atraen electrostáticamente con las superficies de los coloides negativos y finalmente el mecanismo de coagulación de barrido, que funciona con la adición de coagulantes a muestras de agua residual con baja turbidez, en este caso las partículas coloidales pueden ser atrapadas por el agente coagulante y posteriormente forman flóculos grandes con una estructura en forma de red tridimensional, debido a su gran área superficial y una fuerte capacidad de adsorción, los contaminantes residuales en agua son capaces de ser capturados y arrastrados hacia fuera (Bravo, 2015) .

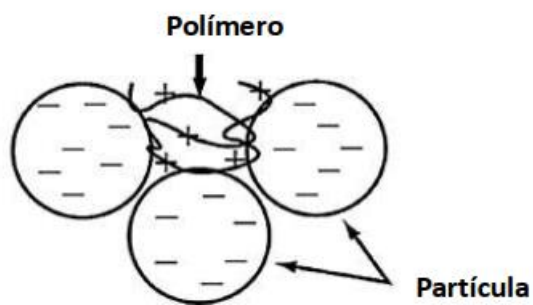


Figura 1. Esquema del mecanismo de coagulación, neutralización de carga (Bravo, 2015).

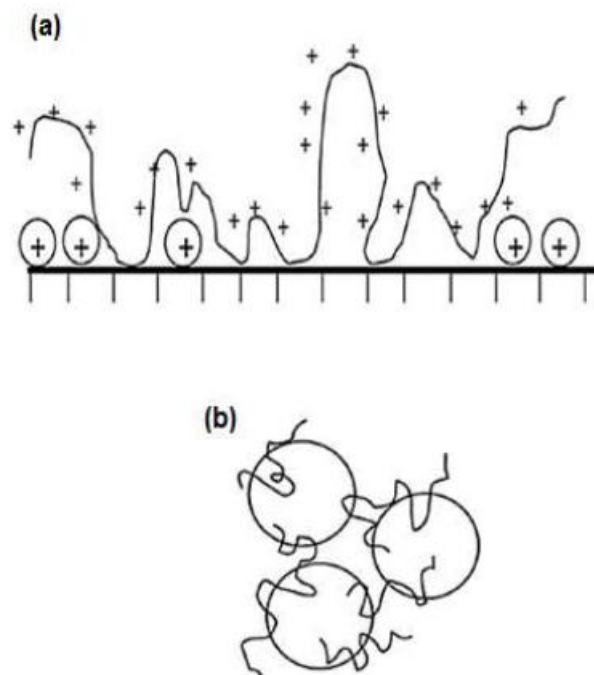


Figura 2. (a) Adsorción de polímero y formación de flóculos disponibles para la unión. (b) Puente polimérico entre partículas (agregación) (Bravo, 2015)

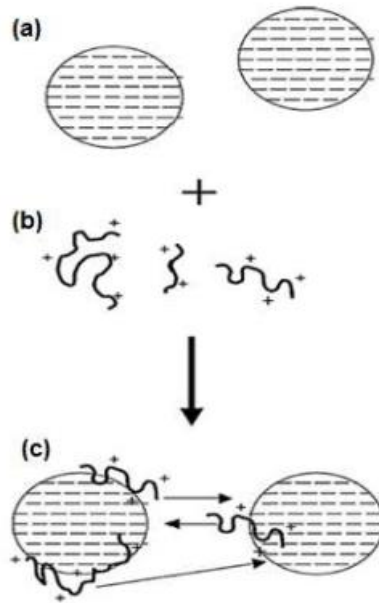


Figura 3. (a) Coloides con carga negativa (b) biocoagulantes catiónicos (c) coagulación por neutralización a través del mecanismo de parche (Bravo, 2015).

Sin embargo, el uso de coagulantes sintéticos, trae algunos impactos al medio ambiente y la salud humana (Batista, et al. 2020 p. 1). Debido a ello ha llevado a los investigadores optar por productos alternos sustentables, como es la coagulación natural o biocoagulación lo cual es considera como una alternativa y tecnología limpia, productos verdes y amigables con el medio ambiente, la importancia del uso de coagulantes naturales obtenidos a partir de origen vegetal, es porque presenta muy buenas ventajas como son biodegradables, producción de menos lodo residual, son de naturaleza no tóxica, eficaz y seguros. (Mohd, et al., 2019, p.4-6) (Besharati, Hamidi, Yetilmezsoy, Alavi, Hosseinpour, 2020, p.2).

Así mismo, sus compuestos bioactivos de los coagulantes naturales de origen vegetal contienen gomas, mucílagos, proteínas, polisacáridos taninos y alcaloides para poder lograr la desestabilización coloidal, y se incrementa la fuerza iónica del medio, se reprime la doble capa eléctrica y por tanto cesa la repulsión entre partículas coloidales, en el tratamiento de aguas residuales

industriales, así permitiendo la remoción de sólidos disueltos (Banchón, et al., 2016, p. 7).

Existe una variedad de plantas utilizadas y estudiadas en los últimos años como coagulantes naturales, a continuación, se mencionan los más utilizadas estudiadas: Moringa Oleífera, (Nopal) Opuntia Ficus Indica, Aliso de mar (Alyssum), Fenogreco (Trigonella foenum-graecum), Okra (Abelmoschus esculentus), Guasimo (Guazuma ulmifolia), Semilla de Nirmali (Strychnos potatorum), goma de guar, trigonella foenum, etc. (Nath, Mishra, Prakash, 2020, p.1).

En los siguientes párrafos se hablará de la distribución de especies vegetales utilizados como coagulantes naturales:

Según Banchón, et al. (2016, p. 5), la distribución de Moringa Oleífera son las regiones tropicales y subtropicales del planeta con gran potencial coagulante, con el pasar del tiempo se adaptó en condiciones húmedas, diferentes geografías, altitudes y climas, para Boulaadjoul, et al., (2018, p. 3-4), crece en sub trópicos y Moringa oleífera es perteneciente a la familia Moringaceae, es nativa de zonas sub Himalayas de la India, Pakistán, Bangladesh y Afganistán son 14 especies de M. oleífera conformado por proteína catiónica soluble.

Según Besharati, et al., (2020, p.2 y 7-8) Alyssum es de familia Brassicaceae, se distribuye en Egipto, Oriente medio, Irak, Pakistán en algunos países se utilizan como medicina tradicional y como estabilizadores naturales en industrias alimentarias. Fenogreco (Trigonella foenum-graecum), es una planta leguminosa que pertenece a la familia Fabaceae, su distribución se extiende principalmente en Asia Menor, Norte de África y oriente medio. Y Okra o quimbombo (Abelmoschus esculentus), una planta con flores de la familia Malvaceae. (Lanan, et al. 2020, p.6-7). Guásimo (Guazuma ulmifolia) son considerados plantas tropicales, que se distribuye en los países de América Latina, el coagulante fue utilizado parte corteza de tallo de Guásimo por contener grandes cantidades de taninos representados por $C = C-C$ y $C \backslash O$ de pirano (avonoide Crings), en el tratamiento de aguas residuales lácteas (Lopes, et al., 2019, p.1-2 y 13).

Hasta la actualidad las semillas de la especie de Moringa Oleífera es la más estudiada y utilizada específicamente en el tratamiento de aguas residuales así como para tratamiento de aguas crudas (Villaseñor, Astudillo, Real y Bandala, 2018, p. 1), sobre todo por poseer proteína catiónica también por la alta disponibilidad comercialmente, por su gran capacidad y eficiencia de eliminar diferentes contaminantes que forman parte de un efluente industrial, como Turbidez, DBO, DQO, aceites, metales pesados, tensioactivos, algas, incluso *Escherichia coli*, (Batista, et al., 2020 p.2).

A continuación, se describirá los métodos de extracción del coagulante natural de origen vegetal, dado que, una vez que se obtiene el coagulante será utilizado en el tratamiento de aguas residuales.

Según Batista, et al. (2020, p. 2), las semillas de Moringa Oleífera se limpiaron, se secaron (temperatura ambiente), trituraron y tamizaron, para la extracción del aceite se realizó mediante un extractor Soxhlet y n-hexano como disolvente a 70 °C hasta obtener una masa constante.

Para Boulaadjoul, et al. (2018, p. 2) y Triques, et al. (2019, p.9) de las semillas de moringa oleífera también se quitaron las vainas y siendo almacenados a temperatura ambiente, luego se secaron, pelaron, se trituraron, seguidamente una cantidad de polvo de semillas de moringa en una solución salina se agitaron por 30 min, realizándose el filtro al vacío.

Según Besharati, et al., (2020, p.3), las semillas de Alyssum, para obtener el coagulante en polvo primero, se limpiaron las semillas puras, fueron molidas en molinillo, luego se secó en un horno a una temperatura de 100 °C por 20 min. Finalmente se añade 1 g de polvo a 100mL de NaCl al 0.9%, agitándose por 45 min a 70 °C, seguidamente se filtra por un paño de muselina para separar el polvo del mucílago.

Según Lanan, et al. (2020, p.8) Fenogreco (*Trigonella foenum-graecum*), las semillas se secaron a 70°C en un horno por 24 horas, fueron molidos y tamizados dos veces. Una vez obtenido el coagulante en polvo en una zona seca y fresca en laboratorio hasta el momento de su uso. Así mismo, Okra o quimbombo (*Abelmoschus esculentus*) se lavó con agua destilada para eliminar alguna

impureza, seguidamente quitándose la parte superior de la okra se cortaron las vainas en cubos, luego fue enjuagada en un recipiente con agua destilada. Después la relación en peso de quimbombó a agua se fijó en 1: 1, sumergiéndose durante 24 horas. Luego se llevó a cabo la extracción de mucilago de quimbombó, a través de una tela nylon y una vez filtrado el mucilago se mantuvo en un vaso precipitado de 500mL, finalmente almacenándose a temperatura 3 A 8°C.

Para Freitas, et al. (2020, p.2) para obtener mucilago de Okra o quimbombó (*Abelmoschus esculentus*), primero se limpiaron las vainas, eliminándose el exceso de fibra y semillas, un gramo de goma fue remojado en 100.0 mL de cada solución de extracción y se agitó por 1 h, para la separación de mucilago y fibra se hizo mediante filtración, para ello las soluciones utilizados para la extracción (1.0 mol L⁻¹) fueron cloruro de sodio (NaCl, Synth), cloruro de potasio (KCl, Synth), nitrato de sodio (NaNO₃, Synth) y agua destilada (25 y 60 ° C).

Para Nharingo y Moyo, (2016) y según Gandiwa, et al. (2020) los cactus de OFI se recogieron, lavaron destilada, limpiaron las espinas y capa externa (epidermis), cortaron en tiras, se secaron, se molieron y tamizados, seguidamente en 500 ml de agua destilada se agito por 1 hora dejándolo reposar por 30min, finalmente se filtró, resultado mucilago.

Según Bhutada, Jadhav, Pinjari, Nemade y Jain (2015, p.2), la técnica de extracción por solvente es la más antigua utilizada para la extracción del aceite. Esta técnica de extracción por solvente tiene la capacidad de realizar las extracciones en una muestra líquida o sólida con el mínimo esfuerzo.

También, según Lun y Wahab (2019, p.6) los procedimientos de extracción para obtener coagulantes a partir de origen vegetal son casi iguales para todas las especies, a los procedimientos de extracción del coagulante de moringa oleífera y consiste en lo siguiente (ver la figura 4):



Figura 4. Procesos de extracción de un coagulante natural de origen vegetal
 Fuente: Adaptado en Villaseñor, Astudillo, del real y Bandala, (2018, p.3) y Lun y Wahab (2019, p.6).

En la siguiente figura tenemos los pasos de obtención de coagulantes naturales a partir de fuentes vegetales (ver figura 5)

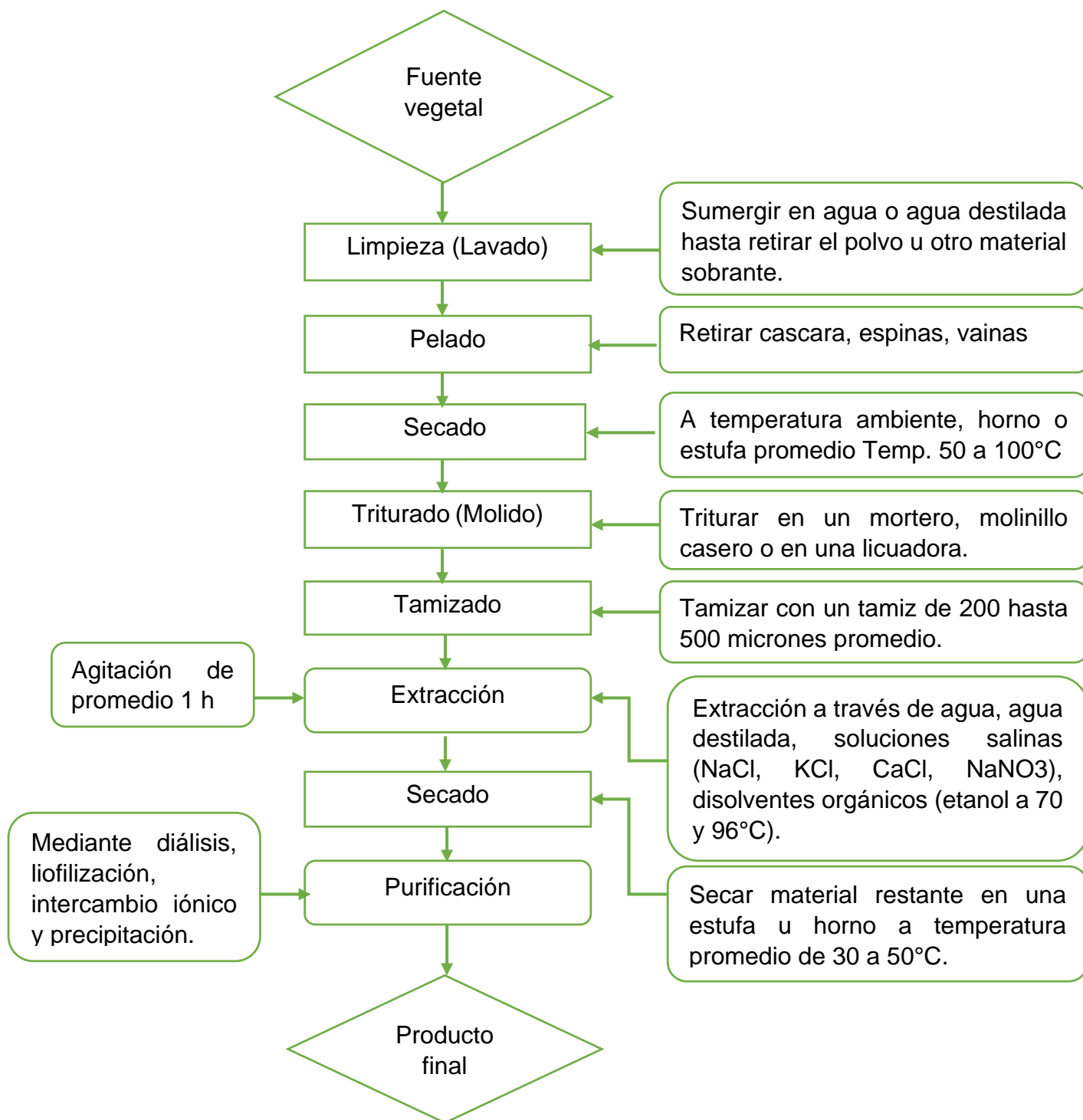


Figura 5: Procedimientos para obtener coagulante natural a partir de origen vegetal.

Fuente: Adaptado de Lun y Wahab (2019, p.6).

A continuación, describiremos los antecedentes de coagulantes naturales de origen vegetal para tratamientos de aguas residuales industriales en la tabla N°1

Tabla 1. Antecedentes de coagulantes Naturales aplicados en el tratamiento de aguas residuales industriales

Coagulante Natural	Tipo de Agua Residual	Metodología de Extracción del Coagulante	Resultados de remoción	Autores
Moringa Oleífera	Efluentes de industria de Aceite	Semillas secas de Moringa oleífera luego se realiza Limpieza, molido y tamizado de a través de 0,8 a 2,5 mm malla, con el aparato Soxhlet 5 g de MO en 100 ml de agua destilada fue extraída los aceites y el coagulante.	Los mejores resultados de remoción de TSS, turbidez, color, NH ₃ -N, aceite y grasa fueron 95.42%, 88.30%, 90,15%, 89,81% y 87,05% respectivamente. A una dosis optima de 2000 mg / L.	Jagaba, et al., (2020, p.7)
	Efluentes con grasas y aceites	semillas de MO, secado, limpieza triturado y tamizado 0,85 mm (malla 20), extracción del aceite con un extractor Soxhlet con n-hexano como disolvente a 70 °C es decir un 1g de MO más 50 ml de agua destilada, agitación de 5 min seguido de filtración al vacío se utilizando papel de filtro con poros de 14 mm.	La eficiencia de eliminación de aceite y grasa fue de 82,43 ± 0,70%, para purificación de la proteína de MO el valor óptimo de pH fue de 9.5 y 4.0.	Batista, et al. (2020, p. 2 y 7)

	Efluente de la fábrica de papel	Primero las semillas secas de MO fueron limpiadas quitándose las vainas, peladas, trituradas, y finalmente se disolvieron cinco gramos del polvo obtenido en 1 L de solución de NaCl 1M.	La eficiencia de remoción de turbidez alcanzó a 96.02%, y la reducción de DQO fue 9728% con una dosis de 150 mg / L de extracto de semilla de M. Oleífera.	Boulaadjoul, et al., (2018)
	Aguas residuales de industria lechera	Consiste en pelar, descascarar, moler (molino casero), seguidamente agitar 5 g de MO el polvo con 100ml de una solución salina por 30 min finalmente el extracto se filtró al vacío dando como producto el coagulante.	Los parámetros eliminados fueron Turbidez de 92%, color de 86%, a pH final de 6.80, con una dosis de 10000 mg/L de Moringa Oleífera.	Triques, et al., (2019).

Alyssum mucilage	Aguas residuales aceitosas y salinas	Las semillas de Alyssum limpiados, pulverizados (molinillo eléctrico) El polvo se secó en un horno (Memmert 100–800) a 100 °C durante 20 min. Se añadió 1 g de polvo a 100 mL de NaCl al 0.9% y se agita durante 45 min a 70 °C. Luego se filtró a través de un paño de muselina para separar el polvo del mucílago.	Dosis óptima fue 40,5 mg / L, pH = 7,05 y tiempo de contacto = 34,9 min, los parámetros removidos fueron DQO, turbidez (NTU) de eliminación de tensioactivo a 84,63%, 96,25% y 99%, respectivamente.	Besharati, et al., (2020)
Fenogreco (Trigonella foenum-graecum)	Efluentes de molinos de aceite de palma (POME)	Las semillas fueron secadas a 70 ° C en un horno por un tiempo de 24 horas, seguidamente fueron triturados, tamizados a través de 200 hasta 500 micrones y volviéndose triturar una vez más para su utilización. Cada dosis de 20.000 mg / L de fenogreco se preparó disolviendo 10 g de polvo de fenogreco en 500 ml de agua destilada durante 10 minutos, finalmente fue filtrado a través de un paño de nailon.	Las eficiencias de remoción en términos de turbidez, sólidos suspendidos totales y BQO se registró de 94,97, 92,70 y 63,11% respectivamente, con una dosis optima de 4.09 mg/L de fenogreco a	Lanan, et al. (2020, p.7,8 y 16)

Okra (Abelmoschus escluentus)	Efluentes de molinos de aceite de palma (POME)	La okra fue enjuagada con agua destilada para quitar impurezas, luego se cortaron las vainas en cubos de 2 a 4 mm. Seguidamente se sumergió en un recipiente con agua. La relación en peso de quimbombó a agua se fijó en 1: 1, durante 24 horas. Posteriormente, se llevó a cabo la extracción del mucílago de quingombó pasándolo por una tela de nailon.	pH, 3.17, mezcla rápida de 197.39 rpm	
Okra (Abelmoschus escluentus)	Aguas residuales textiles	Para la obtención del mucilago de Okra se limpiaron las vainas, luego se remojaron en 100.0 mL de cada solución de extracción y se agitó por 1 h, para separar de mucilago y fibra se hizo mediante filtración (500 micras), para ello las soluciones utilizados (1.0 mol L - 1) fueron cloruro de sodio (NaCl, Synth), cloruro de potasio (KCl, Synth), nitrato de sodio (NaNO3, Synth) y agua destilada (25 y 60 ° C).	Con una dosis de mucílago de quingombó de 3,20 mg L ⁻¹ y a pH 6,0 se eliminaron el 97,24% de turbidez, el 85,69% de DQO y el 93,57% de color. Se estudió en el tratamiento de POME variando su dosis de 4 a 8 mg / L lo cual fue eficiente.	Freitas, et al. (2020, p.2 y 7)

Guásimo (Guazuma ulmifolia)	Aguas residuales lácteas	Se recolectaron la corteza del tallo de G. ulmifolia, luego se secaron en un horno (modelo MA 035, Marconi) durante 12 ha 50 ° C, seguidamente fue triturado en licuadora doméstica y tamizado utilizándose menores de 0,3 mm. Las cortezas de G. ulmifolia se utilizaron sin tratamiento químico para obtener un coagulante verde.	La dosis optima de Guazuma ulmifolia fue 774.8 m/l, y se obtuvo la eficiencia de eliminación de la turbidez, DQO, DBO y UV254 fue del 95,8, 76,0, 81,2 y 85,6%, respectivamente. Eficiente para aguas residuales lácteas. RRP 200 X 1 min, 30 rpm por 15 min	Lopes, et al., (2020 p.3)
Semilla de Nirmali (Strychnos potatorum)	Efluentes de una industria textil	Las semillas extraídas aun con vainas del árbol, se dejan madurar y secar una vez cosechadas se descascarán, luego se pasan a moler finamente finalmente está listo para procesar.	Los resultados obtenidos pH, turbidez, cloruro, alcalinidad, DBO como 2,37%, 53,85%, 16,08%, 42,85%, y 65,24%, respectivamente en los efluentes de textil. Dosis 5 g.	Prabhakaran, Manikandan y Boopathi, (2020, p. 3)
Albahaca	Aguas residuales textiles	Las semillas fueron limpiadas, seguidamente se remojaron en agua a una Temperatura de 50 °C, con solución de NaCl al 0.9% y se agitaron durante 1 h donde las semillas estaban completamente hinchadas, para la obtención	Con dosis de 1,6 mg /L, del mucílago de O. se eliminó un 68,5% de color intenso y 61,6% DQO.	Shamsnejati, Chaibakhshb, Reza,

Ocimum basilicum L.		del mucilago a partir de las semillas hinchadas se realizó pasando las semillas a través de unos 500 micrones filtro de acero inoxidable usando una placa rugosa que raspa la capa de goma en la superficie de la semilla. La goma de polisacárido muy viscosa se recogió y se utilizó como coagulante.		Pendashtehc y Hayeripourd (2015 p.2)
Moringa oleifera	Aguas residuales con Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn de una industria	Las semillas secas de Moringa oleífera, se limpiaron, molieron, tamizaron; seguidamente la extracción fue utilizando el equipo Soxhlet, durante 8 h con disolución de 5 g de polvo de MO más 100 ml de agua destilada, con agitación de 120 s, por último, filtrándose con muselina.	Con dosis de 2000 mg / L de MO se removió el 86.87%, 94.91% y 91.31% de Pb, Cd y Mn respectivamente. Con dosis de 5000 mg / L fue removido del 76,70% de Zn, finalmente con dosis de 500 mg / L se removió 82,96% y el 90,41% de Cu y Fe respectivamente.	Jagaba, et al., (2020, p.6)

Moringa Oleífera	Aguas residuales textiles	Semillas trituradas, extracción 5 g de MO en 100mL de KCl de 1,0 mol L ⁻¹ solución salina, agitación 30 min, filtración al vacío (papel filtro cualitativo), producto mucilago	Con dosis 2600 mg/L -1 pH 2, remoción turbidez 27.1 %, color aparente 82.2 % y DQO 83.05%	Dotto, Fagundes, Veit, Palacio y Vergamasco, (2018)
Nopal (Opuntia Ficus Indica)	Aguas residuales con metales pesados	Peladas, limpiezas y secadas a temperatura ambiente	A dosis 0.019 mg / mL, removi6 Cd, Ca, Cu, Cr, Ni, Zn de 44 %, 99%, 99%, 98%, 90% y 99% respectivamente.	Ibarra, Lizardi, L6pez y Oropeza (2017)
Ricino (Semillas de Ricinus communis L.)	Aguas residuales de despulpado de cereza de caf6	Las semillas se limpiaron, pulverizados, secado a temperatura ambiente, se desgraso con etanol 70% m6s evaporador al vaci6, extracci6n de prote6na precipitaci6n m6s 70% de sulfato amonio.	A una dosis de 0,5 g/L de la prote6na de la semilla, obtuvo resultados de 80% de color, un 75% de s6lidos disueltos totales (TDS) y 80% DQO, con el pH de 5,6.	Ancy, et al. (2020, P.6)

Garbanzo (Cicer arietinum)	Aguas residuales de almazara (pepita)	Semilla, se retiraron vainas remojadas, secado a 80°C por 24 horas, pulverizado (batidora eléctrica), agitación (tamiz 500 um)	Con dosis optima de garbanzo de 2,6 g / L, pH de 6,69 y velocidad de mezclado rápida de 140 rpm. Removió de turbidez, TSS y DQO son 86%, 87% y 56% respectivamente.	Choong, et al., (2018)
Opuntia ficus indica	Aguas afectadas por el proceso de arenas bituminosas	Cladiolo (hoja) de nopal lavado con agua destilada, molienda (mortero), extracción de mucilago centrifugando 3700 rpm x 15 min, almacenado a temperatura 4°C	Con dosis 1500 mg / L, a pH completo de 5 a 10, removió turbidez al 90% y a pH = 7 y 8 el 98%. Sedimentación 60 min.	Choudhary, Ray y Neogi (2018)
Almidón de arroz	Turbidez de agua	El almidón de arroz esterilizado en autoclave, las soluciones de almidón con concentración de 3% de agua destilada.	Con dosis de 120 mg / L y un pH 4, velocidad de mezcla lenta 40 rpm tiempo de sedimentación 20 min, 100 rpm mezcla rápida por 2 min, se removió 50% de turbidez	Choy, Prasad, Wu, Raghunandan y Ramanan (2016)

Cactus Cereus peruvianus (CP)	Aguas residuales de la industria textil	Cactus lavado y limpieza, uso de pulpa (goma de mascar), congelado fue liofilizado, la extracción de 1.0 g de CP a 100mL de 1,0 mol / L cada uno (NaCl, KCl y NaNO3) agitación (agitador magnético) por 10 min, filtración (filtro whatman 42).	Remoción de turbidez de un 98.5 % a pH 7 (+1), dosis 15(+1) mg/ L y de DQO 61.4 % a pH 6, dosis 10 mg/ L	Ferreira, et al., (2016)
Senna (Cassia obtusifolia)	Efluentes de molinos de aceite de palma		Con dosis de goma de semilla de C. obtusifolia 2.47 g/L, resultado de remoción de TSS y DQO 81.58 % y 48.22% respectivamente.	Shak y Wu (2015)

Moringa oleifera	Efluentes de Camal	Semilla, pulverización (molino casero), extracción de aceites con alcohol etílico (etanol 95%) más 5 g de polvo de M.O a 200ml de etanol, agitación a1300 rpm durante 2 min, filtración al vacío (papel filtro). La solución madre de M.O. usada en los experimentos, se preparó inicialmente solución NaCl 5M, agitándose por 20 min a 200rpm al homogenizar la sal, se añade 50 g de polvo de MO en 1l de NaCl mezclándose por 10 min. a 60 rpm, finalmente la solución resultante se filtró (papel filtro 15 µm).	Con dosis 7500 MG/l (150 ML) de Oleífera, a pH 8,4 se removi6 Turbidez, color, Coliformes totales y fecales DBO5, DQO, SST de 86.7%, 93 %, 90%, 55.2%, 49.4%, 41.7% respectivamente.	Arias, Hernández, Castro y Sánchez (2017)
------------------	--------------------	--	--	---

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipos y diseño de la investigación

Según Espinoza y Toscano. (2015 p.30), la investigación presentada es de tipo básica porque aporta conocimientos científicos y recoge información real, lo cual ayuda mejorar el conocimiento teórico y que el investigador pueda entender y conocer la problemática. Esta investigación pretende copilar los diversos estudios realizados sobre el uso y aplicación de coagulantes naturales obtenidos a partir de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales industriales.

El diseño de investigación es cualitativo narrativo de tópicos, porque busca recopilar datos, documentos y artículos, para analizar, sistematizar y describir, de uso de coagulantes naturales obtenidos de origen vegetal, y su aplicación en el tratamiento de efluentes de distintas industrias, así mismo es un estudio flexible y permitiendo entender los puntos de vista de otros investigadores (Hernández, et al., 2014, p.469 y 487).

3.2 Categorías, Subcategoría y matriz de categorización apriorística

En la siguiente tabla. Se detalla la matriz de categorización apriorística donde señala los objetivos específicos, problemas específicos, categoría y sub categorías.

Tabla 2. Matriz de categorización apriorística

Matriz de categorización apriorística				
Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Sub categorías	Unidad de Análisis
Analizar que parte de la planta se utiliza como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales industriales	¿Qué parte de la planta se puede convertir en coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales?	Parte de la planta	Semilla Hoja (cladiolo)	Boulaadjoul, el jal., (2020) Nharingo y Moyo (2016). Batista, et al., (2020). Ibarra, et al., (2017 p.1). Lopes, et al., (2020 p.3)

			Tallo	
Analizar los métodos de extracción del coagulante natural para el tratamiento de agua residual	¿Cuáles son los métodos de extracción del coagulante natural de origen vegetal para el tratamiento de aguas residuales?	Metodologías de extracción	Pre procesamiento Extracción Purificación (intercambio iónico)	Lopes, et al., (2020 p.3) Besharati, et al., (2020, p.3) Lanan, et al. (2020, p.7-8) Villaseñor, et al., (2018, p.3) Lun y Wahab (2019, p.6) Bhutada, et al., (2015, p.2) Ramavandi, hashemi, kafei (2015, p.2)
Analizar los parámetros removidos en el tratamiento de agua residual industrial por el coagulante natural de origen vegetal	¿Qué parámetros son removidos del agua residual industrial?	Parámetros removidos	Turbidez DQO DBO Sólidos suspendidos totales, Color Metales	Lanan, et al., (2020, p.16) Choudhary, et al., (2018) Shamsnejati, et al., (2015 p.2) Lanan, et al., (2020) Ancy, et al. (2020, P.6) Lopes, et al., (2019, p. 13). Jagaba, et al., (2020, p.6)

<p>Analizar cuáles son las condiciones operativas del coagulante natural de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales</p>	<p>¿Cuáles son las condiciones operativas del coagulante natural de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales industriales?</p>	<p>Condiciones de operación</p>	<p>pH Dosis del coagulante Tiempo de sedimentación. Temperatura</p>	<p>Ferreira, et al., (2016). Besharati, et al., (2020) Choy, et al., (2016) Inga (2019, p.22).</p>
<p>Comparar la eficiencia de remoción de los agentes de contaminación de aguas residuales industriales</p>	<p>¿Cuál es la eficiencia de remoción de los agentes de contaminación en las aguas residuales industriales?</p>	<p>Eficiencia de remoción</p>	<p>50- 60 % 61-70% 71-80% 81-90% 91-100%</p>	<p>Lanan, et al. (2020, p.16) Lopes, et al, (2019, p. 13) Shamsnejati, et al., (2015)</p>

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario del estudio

Esta investigación no tiene un escenario definido, por tratarse de una revisión bibliográfica sobre la aplicación de los coagulantes naturales de origen vegetal para el tratamiento de aguas residuales industriales, para lo cual se ha realizado una búsqueda de información de diversos artículos científicos, libros, tesis e informes científicas.

3.4 Participantes

Se seleccionó libros, revistas científicas, páginas de entidades internacional como nacionales como: la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), así mismo, se consultaron a diferentes bases de datos tales como: ScienceDirect, SciELO, Scopus y Taylor and Francis Online.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada para la recolección de información, es el análisis documental, el cual permite extraer información científica y analizarla que servirá como base para la investigación, para luego realizarlo el trabajo (Domínguez, 2016, p. 15).

Se elaboró una ficha de recolección de datos que es mostrada en el Anexo I, la cual incluye información: título, autor (es), tipo de documento, objetivo, método de extracción del coagulante, resultado de la remoción de parámetros, conclusiones e indexación.

3.6 Procedimientos

Se realizó un muestreo de artículos científicos relacionados al tema de estudio, para el cual se utilizó los términos más importantes en inglés así como en español: natural coagulant plant, wastewater industrial, methods of extraction of natural coagulant, biocoagulants, tratamiento de aguas residuales industriales, se buscaron en base de datos ScienceDirect, SciELO, Scopus y Taylor and Francis Online, del cual se obtuvieron 2101 artículos de esta se analizaron minuciosamente teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión de antigüedad de 5 años, repetición de los artículos y criterios de exclusión de información relevante para el tema de estudio, de los cuales quedaron 36 artículos científicos, 7 libros en versión digital y 2 tesis uno de pregrado y otro de maestría.

3.7 Rigor científico

La presente investigación cuenta con rigor científico debido a que cumple con criterios básicos que establecen la validez de estas, como la credibilidad y veracidad en su totalidad del escrito. La investigación cumple con la transferencia debido a que proporciona información de otras investigaciones halladas y los resultados determinados son acreditados con datos científicos, debido a que fueron revisados artículos indexados relacionados al tema de usos de coagulantes naturales de origen vegetal para el tratamiento de diferentes efluentes industriales. (Varela y Vives, 2016 p.194).

3.8 Método de análisis de información

La información ha sido agrupada de acuerdo a la categoría y el sub categorías, del cual se detalla referencias que están relacionados con uso de coagulantes extraídos a partir de origen vegetal, así como la remoción de los parámetros encontrados en aguas residuales industriales.

3.9 Aspectos éticos

La siguiente investigación posee aportes de fuentes confiables, debido a que serán citadas respectivamente respetando a los autores, las referencias bibliográficas siguiendo el manual ISO 690 de la Universidad César Vallejo, el análisis de resultados será respaldado por los criterios de rigor científico establecidos.

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Se analizaron investigaciones respecto a la aplicación de coagulantes a partir de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales industriales.

De acuerdo al objetivo general planteado, Determinar los principales coagulantes naturales de origen vegetal utilizados en el tratamiento de aguas residuales industriales se llegó a resultado de que son 14 especies vegetales, los que se muestra en la tabla N° 3. Cabe mencionar que la especie Moringa Oleífera ha sido la más estudiada en el tratamiento de distintos efluentes industriales y estudiado por diferentes autores. Ciertamente Banchón et al., (2016, p.5) menciona en los últimos 16 años ha sido publicado 466 más artículos de MO que incluye estudios principalmente para tratamiento de aguas crudas superficiales y subterráneas, aguas residuales, por último, para aguas residuales industriales en menor cantidad.

Consecutivamente la especie estudiada para tratamiento de efluentes de aguas residuales industriales es Aliso (*Alyssum mucilage*), Tuna (*Opuntia ficus Indica*) etc., (Ver la tabla N° 3).

Tabla 3: *Coagulantes naturales de origen vegetal utilizadas en el tratamiento de aguas residuales industriales.*

Fuente Vegetal	Efluente Industrial Tratada	Fuente
Moringa oleífera	Efluentes de aceite de palma	Jagaba, A. et al, (2020)
	Efluentes de aceite de palma	Batista, et al. (2020)
	Efluentes de fábrica de papel	Boulaadjoul, et al., (2018)
	Efluentes de industrias lácteas	Triques et al., 2019
	Aguas residuales de un camal	Arias, et al., (2017)
	Efluentes de industria planta de aceite de palma (POME), degradación de metales pesados	Jagaba, et al., (2020)
	Efluentes de aguas residuales de textiles	Dotto et al., (2018)

Aliso (<i>Alyssum mucilage</i>)	Efluentes de industrias de aceitosas salinas	Besharati, et al., (2020)
Fenogreco (<i>Trigonella foenum-graecum</i>)	Efluentes de aceite de Palma (POME)	Lanan, et al. (2020, p.7,8)
Okra (<i>Abelmoschus esculentus</i>)	Efluentes de aceite de Palma (POME)	Lanan, et al. (2020, p.8)
	Aguas residuales industriales textiles	Freitas, et al. (2020, p.2)
Guásimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	Aguas residuales industriales lácteas	Lopes, et al., (2020 p.2)
Nirmali (<i>Strychnos potatorum</i>)	Aguas residuales de la industria textil	Prabhakaran, et al., (2020, p. 3)
Jacinto de agua (<i>Eirchorrnia crassipes</i>)	Aguas residuales textiles	Prabhakaran, et al., (2020)
Albahaca <i>Ocimum basilicum</i> L.	Aguas residuales textiles	Shamsnejati, et al., (2015 p.2)
Opuntia Ficus Indica	Efluentes de aguas residuales de textiles	Ibarra, et al., (2017 p.1)
	Agua afectada por proceso de arena petrolíferas	Choudhary, et al., (2018)
Ricino (Semillas de <i>Ricinus communis</i> L.)	Efluentes de despulpado de cerezas de café	Ancy, et al. (2020, P.6)
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	Efluentes de Almazara (molino de aceite de palma o aceite de oliva)	Choong, et al., (2018)
Arroz (Almidón de arroz)	Aguas residuales	Choy et al., (2016)
Cactus <i>Cereus peruvianus</i>	Tratamiento de efluentes textiles	Ferreira, et al., (2016)
Senna (<i>Cassia obtusifolia</i>)	Tratamiento de efluentes de molinos de aceite de palma	Shak, Wu, T. (2015)

Fuente: Elaboración propio

Resultado y discusión del Objetivo específico 1: Analizar que parte de la planta se utiliza como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales industriales, se llegó a resultado de que las partes utilizadas son principalmente las semillas, en menor proporción las hojas y tallos.

En la tabla N° 4 se muestra las diferentes especies vegetales y la parte de la planta del cual se obtiene los coagulantes (ver la tabla N°4).

Así se tiene que, hasta la fecha la especie más estudiada es *Moringa oleífera*, en cuanto se ha analizado las revistas. Según Banchón, et al. (2016, p. 5) la parte de semilla fueron utilizados como coagulante y su distribución de *Moringa Oleífera* son las regiones tropicales y subtropicales del planeta con gran potencial coagulante, así mismo para Boulaadjoul, et al., (2018, p. 3-4), crece en sub trópicos y *Moringa oleífera* es perteneciente a la familia *Moringaceae*, es nativa de zonas sub Himalayas de la India, Pakistán, Bangladesh y Afganistán, lo cual está conformado por proteína catiónica soluble.

De igual forma para Besharati et al., (2020, p.2 y 7-8), de Aliso (*Alyssum mucilage*), la parte que utilizaron para obtener el coagulante fue la semilla y se distribuye en Egipto, Oriente medio, Irak, Pakistán, para Lanan, et al., (2020, p.7), Fenogreco (*Trigonella foenum-graecum*) se distribuye en Asia Menor, Norte de África y oriente medio, de igual forma Okra o quimbombo (*Abelmoschus esculentus*). Simultáneamente, de las siguientes plantas también fueron utilizadas las semillas para obtener el coagulante de Nirmali (*Strychnos potatorum*) (Prabhakaran, et al., 2020, p. 3), Albahaca *Ocimum basilicum* L. (Shamsnejati, et al., 2015 p.2), Ricino (Semillas de *Ricinus communis* L.) (Ancy, et al., 2020, P.6), Garbanzo (*Cicer arietinum*) (Choong, et al., 2018), Arroz (Almidón de arroz) (Choy et al., 2016) y Senna (*Cassia obtusifolia*) el coagulante fue obtenidos de la semilla (Shak, Wu, T. 2015).

Lopes, et al., (2020 p.2) usó como coagulante a Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) la parte de la corteza de tallo, estas son plantas tropicales distribuido en países de América Latina.

En cambio, Ibarra, et al., (2017 p.1), Choudhary et al., (2018) de planta *Opuntia Ficus Indica*, utilizaron la parte de hoja (conocido más como penca), de igual manera Ferreira, et al., (2016) uso penca de *Cactus Cereus peruvianus*.

Tabla 4. Coagulantes de origen vegetal utilizados en el tratamiento de aguas residuales industriales

Fuente	Vegetal	Parte de la planta
Jagaba, et al., (2020, p.7) Batista, et al. (2020, p. 2) Boulaadjoul, et al., (2018) Triques et al., (2019) Jagaba, et al., (2020, p.6) Dotto et al., (2018) Arias et al., (2017)	Moringa Oleífera	Semilla
Besharati, et al., (2020)	Aliso (Alyssum mucilage)	Semilla
Lanan, et al. (2020, p.7,8)	Fenogreco (Trigonella foenum-graecum)	Semilla
Lanan, et al. (2020, p.8) Freitas, et al. (2020, p.2)	Okra (Abelmoschus esculentus)	Semilla
Lopes, et al., (2020 p.2)	Guásimo (Guazuma ulmifolia)	Tallo
Prabhakaran, Manikandan y Boopathi, (2020, p. 3)	Nirmali (Strychnos potatorum)	Semilla
Shamsnejati, et al., (2015 p.2)	Albahaca Ocimum basilicum L.	Semilla
Ibarra, et al., (2017 p.1) Choudhary et al., (2018)	Opuntia Ficus Indica	(Hoja) penca
Ancy, et al. (2020, P.6)	Ricino (Semillas de Ricinus communis L.)	Semilla
Choong, et al., (2018)	Garbanzo (Cicer arietinum)	Semilla
Choy et al., (2016)	Arroz (Almidón de arroz)	Grano
Ferreira, et al., (2016)	Cactus Cereus peruvianus	(Hoja) penca
Shak, Wu, T. (2015)	Senna (Cassia obtusifolia)	Semilla

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, de la tabla N° 4, la parte de la planta más utilizado para obtener coagulante natural es la semilla con un 70 % y 30 % entre tallo y hoja.

Resultado y Discusión de Objetivo específico 2 es: Analizar los métodos de extracción del coagulante natural para el tratamiento de agua residual industrial Según Lun y Wahab (2019, p.6) Los procesos de extracción de coagulante natural de origen vegetal, obedece generalmente los mismos pasos para todas las especies, variando en el uso de solvente y la purificación (ver la Figura N° 5). Para mayor facilidad de comprensión se ha agrupado en tres etapas que consiste en el pre procesamiento, extracción y purificación (ver la figura 4).

De acuerdo Jagaba, et al., (2020, p.7) para efluentes de industria de Aceite la obtención del coagulante de Semillas de Moringa oleífera se realizó limpieza, molido y tamizado de a través de 0,8 a 2,5 mm malla, finalmente con el aparato Soxhlet 5 g de MO en 100 ml de agua destilada fue extraída los aceites y el coagulante. De la misma forma para Batista, et al. (2020, p. 2), las semillas de MO fueron limpiados, secados (temperatura ambiente), la extracción del aceite se realizó mediante un extractor Soxhlet con n-hexano como disolvente a 70 °C es decir un 1g de MO más 50 ml de agua destilada, agitación de 5 min seguido de filtración al vacío se utilizando papel de filtro con poros de 14 mm hasta obtener una masa constante. De acuerdo a Triques, et al., (2019) las semillas de MO ya en polvo, se realizó una agitación 5 g del polvo MO con 100ml de una solución salina de NaOH por 30 min finalmente el extracto se filtró al vacío dando como producto el coagulante. De hecho, Jagaba, et al., (2020, p.6) para efluentes con metales pesados, MO pasaron el pre procesamiento, seguidamente para la extracción fue utilizado el equipo Soxhlet, durante 8 h con disolución de 5 g de polvo de MO más 100 ml de agua destilada, con agitación de 120 s, por último, filtrándose con muselina. Y Dotto, et al., (2018) realizaron la extracción 5 g de MO en 100mL de KCl de 1,0 mol L⁻¹ solución salina, agitación 30 min, filtración al vacío (papel filtro cualitativo), producto mucilago. Por supuesto para Arias, et al., (2017) los aceites las semillas pulverizadas fueron extraídas con alcohol etílico (etanol 95%) más 5 g de polvo de MO a 200ml de etanol, agitación a1300 rpm durante 2 min, filtración al vacío (papel filtro).

De la misma forma, Aliso (*Alyssum mucilage*), previamente limpiadas y pulverizadas fueron añadidas 1 g de polvo a 100 mL de NaCl al 0.9% y se agita durante 45 min a 70 °C, finalmente filtrándose a través de un paño de muselina para

separar el polvo del mucílago. También Ferreira, et al., (2016) Cactus lavado y limpiado, se congeló y fue liofilizado, la extracción de 1.0 g de CP a 100 mL de 1,0 mol / L cada uno (NaCl, KCl y NaNO₃) agitación (agitador magnético) por 10 min, filtración (filtro Whatman 42). Así mismo para obtener el mucílago de Okra (*Abelmoschus esculentus*) se remojaron en 100.0 mL de cada solución de extracción y se agitó por 1 h, la separación de fibra se realizó mediante filtración (500 micras), para ello las soluciones utilizadas (1.0 mol L⁻¹) fueron cloruro de sodio (NaCl, Synth), cloruro de potasio (KCl, Synth), nitrato de sodio (NaNO₃, Synth) y agua destilada (25 y 60 ° C) Freitas, et al. (2020, p.2). De hecho, Shamsnejati, et al., (2015 p.2) indica que las semillas de Albahaca se remojaron en agua a una temperatura de 50 °C, con solución de NaCl al 0.9% y se agitaron durante 1 h, para la obtención del mucílago a partir de las semillas hinchadas se realizó pasando las semillas a través de un filtro de 500 micrones de acero inoxidable que raspaba la capa de la goma.

También las semillas de Ricino (*Semillas de Ricinus communis L.*) pulverizadas se desgrasaron con etanol 70% más evaporador al vacío, extracción de proteína precipitación más 70% de sulfato amonio (Ancy, et al. 2020).

Fenogreco (*Trigonella foenum-graecum*) una vez triturados 20.000 mg / L se preparó disolviendo 10 g de polvo de fenogreco en 500 ml de agua destilada durante 10 minutos, finalmente fue filtrado a través de un paño de nailon (Lanan, et al. 2020, p.7, 8). Para Choy et al., (2016) el Almidón de arroz fueron esterilizados en autoclave, las soluciones de almidón con concentración de 3% de agua destilada. Según Choudhary, et al., (2018) el cladolo (hoja) de *Opuntia ficus* fue lavado con agua destilada, molienda (mortero), extracción de mucílago centrifugando 3700 rpm x 15 min, almacenado a temperatura 4°C.

En comparación Lopes, et al., (2020 p.3) para obtener coagulante de Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) fueron recolectados la corteza del tallo luego se secaron en un horno durante 12 h a 50 ° C, seguidamente fue triturado en licuadora doméstica y tamizado utilizándose mallas de 0,3 mm. Las cortezas de *G. ulmifolia* se utilizaron sin tratamiento químico para obtener un coagulante verde.

Por último, después de los artículos analizados se llega a resultado de que las soluciones más utilizadas para la obtención de los coagulantes naturales de distintas especies son las siguientes: agua destilada, Hidroxido de Sodio (NaOH), Cloruro de potasio (KCl), alcohol etílico (etanol 95%), cloruro de sodio (NaCl, Synth), cloruro de potasio (KCl, Synth), nitrato de sodio (NaNO₃, Synth), agua destilada (25 y 60 ° C), solución de NaCl al 0.9%, 70% de sulfato amonio. Según el resultado de Bhutada et al (2015, p.4), en el proceso de extracción cuando la temperatura aumenta de forma gradual de 70 ° C a 100 ° C, el rendimiento de extracción aumentó en aproximadamente un 10% para la proporción de solvente C: M (2: 1) y en aproximadamente un 10% para el solvente C: M (3: 1). Los disolventes que fueron utilizados para la extracción de MO fueron tanto polares (metanol) como apolares (cloroformo, éter de petróleo). (p.4) Además el rendimiento del metanol es bajo en comparación con el rendimiento del cloroformo y éter de petróleo, por lo que los solventes polares son altamente capaces de extraer el material no graso como antioxidantes, tocoferol, pigmentos, etc., los solventes no polares junto con la materia no grasa también extraen el aceite presente en las semillas.

En los siguientes párrafos se describirán los Resultados y Discusión del Objetivo específico número 3: Analizar los parámetros removidos en el tratamiento de agua residual industrial por el coagulante natural de origen vegetal, de la misma manera los Resultado y Discusión del Objetivo específico número 4: Analizar las condiciones operativas del coagulante natural de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales.

Al analizar se llega a, que los parámetros removidos primordialmente en los tratamientos de aguas residuales industriales aplicando los coagulantes naturales son: Turbidez, Sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, color, color aparente, metales pesados, tensioactivos, grasa y aceites, Coliformes totales y fecales.

Para Jagaba, et al., (2020) se removió TSS, turbidez, color y NH₃-N, aceite y grasa con eficiencia de remoción de 95.42%, 88.30%, 90,15%, 89,81% y 87,05% respectivamente, con una dosis de 2000 mg / L coagulante MO en el tratamiento de efluentes de la industria de aceite de palma; el mismo autor realiza un estudio para efluentes con metales pesados, obteniendo resultados con eficiencia Pb

86.87%, Cd 94.91% y Mn 91.31% con dosis 2000 mg / L, Zn con eficiencia de 76,70% con dosis 5000 mg / L, con eficiencia de 82,96 % Cu y 90,41% de Fe con dosis 500 mg / L. Igualmente para Batista, et al. (2020), con dosis 64 mg / L de MO a rango de pH 9.5 y 4.0 se obtuvo remover grasa y aceite 82,43 ± 0,70 % en efluentes de aceite de palma, también Boulaadjoul, et al., (2018) demuestra que con dosis 150 mg / L de MO remueve los parámetros con eficiencia de turbidez 96.02 % y DQO 97.28% los efluentes de fábrica de papel. A la par Triques et al., (2019) remueve 92% de Turbidez y 86% color, a un pH de 6.80, dosis de 10000 mg/L de MO en el tratamiento de fluentes de industrias lácteas, así mismo según Arias, et al., (2017), los parámetros removidos fueron Turbidez con eficiencia de 86.7%, color con 93 %, coliformes totales y fecales con 90%, 55.2% de DBO5, 49.4% de DQO y 41.7% de SST, aplicando una dosis 7500 MG/l (150 ML) a pH 8,4 en el tratamiento de aguas residuales de un camal y Dotto et al., (2018) removió un 82.2% Color aparente con dosis de 2600 mg/L.

En la tabla N° 5 se muestra los parámetros removidos, las condiciones operativas y la eficiencia de remoción, utilizando coagulantes naturales extraídos a partir de origen vegetal en los diferentes efluentes industriales (ver tabla N°5).

Tabla 5. *Parámetros removidos, eficiencia de remoción y las condiciones operativas*

Tipo de agua residual industrial	Fuente vegetal	Parámetros removidos	Condiciones operativas	Eficiencia de Remoción de Parámetros (%) (Respectivamente)	Referencia
Efluentes de aceite de palma	Moringa oleífera	TSS, turbidez, color y NH ₃ -N, aceite y grasa	Dosis 2000 mg / L	95.42%, 88.30%, 90,15%, 89,81% y 87,05%	Jagaba, et al., (2020)
Efluentes de aceite de palma	Moringa oleífera	Grasa y aceite	pH 9.5 y 4.0 Dosis 64 mg / L	82,43 ± 0,70 %	Batista, et al. (2020)
Efluentes de fábrica de papel	Moringa oleífera	Turbidez y DQO	Dosis 150 mg / L	96.02 % y 97.28%	Boulaadjoul, et al., (2018)
Efluentes de industrias lácteas	Moringa oleífera	Turbidez y color	pH final de 6.80, dosis de 10000 mg/L	92% y 86%,	Triques et al., (2019)
Efluentes de industrias de aceitosas salinas	Aliso (Alyssum mucilage)	Turbidez, DQO, tensioactivo	Dosis 40.5 mg / L, pH 7 y tiempo de contacto 34.9 min	96.25%, 84.63% y 99%	Besharati, et al., (2020)
Efluentes de aceite de Palma (POME)	Fenogreco (Trigonella foenum-graecum)	Turbidez, sólidos suspendidos totales y DQO	Dosis 4.09 mg/L a Ph, 3.17, mezcla rápida de 197.39 rpm	94.97 %, 92.70 % y 63,11 %	Lanan, et al., (2020)
Efluentes de aceite de Palma (POME)	Okra (Abelmoschus esculentus)	Turbidez, sólidos suspendidos totales y DQO	Dosis 4.09 mg/L a Ph, 3.17, mezcla rápida de 197.39 rpm	94.97, 92.70 y 63,11 %	Lanan, et al., (2020)
Aguas residuales industriales textiles	Okra (Abelmoschus esculentus)	Turbidez, DQO y color	Dosis 3.20 mg L ⁻¹ , pH 6,0	97,24%, 85,69% y 93,57%	Freitas, et al. (2020)

Aguas residuales industriales lácteas	Guásimo (Guazuma ulmifolia)	Turbidez, DQO, DBO	Dosis 774.8 m/L, rpm 200 x 1 min, 30 rpm x 15min	95.8, 76.0, 81.2 %	Lopes, et al., (2020)
aguas residuales de la industria textil	Semilla de Nirmali (Strychnos potatorum)	pH, Turbidez, cloruro, alcalinidad, DBO	Dosis 5 g	2,37 %, 53,85 %, 16,08 %, 42,85 %, y 65,24 %	Prabhakaran, et al., (2020)
aguas residuales de la industria textil	Jacinto de agua (Eirchorrnia crassipes)	pH, Turbidez, DBO y DQO	Dosis 5 g	2.37%, 53.85%, 65.24 %,50.80 %	Prabhakaran, et al., (2020)
Aguas residuales textiles	Albahaca (Ocimum basilicum L.)	DQO y color intenso	Dosis 1.6 mg /L	68.6 % y 61.6 %	Shamsnejati, et al., (2015)
Efluentes de industria planta de aceite de palma (POME), degradación de metales pesados	Moringa oleífera	Pb, Cd y Mn Zn Cu y Fe	Dosis 2000 mg / L Dosis 5000 mg / L Dosis 500 mg / L	86.87%, 94.91% y 91.31% 76,70% 82,96% y el 90,41%	Jagaba, et al., (2020)
Efluentes de aguas residuales de textiles	Moringa oleífera	Color aparente	Dosis 2600 mg/L -1 pH 2	82.2 %	Dotto et al., (2018)
Aguas residuales con metales pesados	Nopal (Opuntia Ficus Indica)	Cd, Ca, Cu, Cr, Ni, Zn	Dosis 0.019 mg / mL	44 %, 99%, 99%, 98%, 90% y 99%	Ibarra, et al., (2017)
Efluentes de despulpado de cerezas de café	Semillas de Ricino (Ricinus communis L.)	Color, TDS, DQO	Dosis de 0,5 g/L, pH 5.6	80%, 75% y 80%	Ancy, et al., (2020, P.6)

Efluentes de Almazara (molino de aceite de palma o aceite de oliva)	Garbanzo (Cicer arietinum)	turbidez, TSS y DQO	dosis optima de garbanzo de 2,6 g / L, pH 6.69, Mezcla Rápida 140 rpm	86%, 87% y 56%	Choong, et al., (2018)
agua afectada por proceso de arena petrolíferas	opuntia ficus indica	Turbidez	Dosis 1500 mg / L, pH 5 a10	90-98%	Choudhary, et al., (2018)
Aguas residuales	Almidón de arroz	Turbidez	Dosis 120 mg /L, pH 4 Mezcla lenta 40 rpm tiempo de sedimentación 20 min, 100 rpm mezcla rápida por 2 min	50%	Choy, et al., (2016)
Tratamiento de efluentes textiles	Cactus Cereus peruvianus	Turbidez DQO	pH 7, dosis 15 mg/ L DQO a pH 6	98.5% y 61.4 %	Ferreira, et al., (2016)
Tratamiento de efluentes de molinos de aceite de palma	Senna (Cassia obtusifolia)	TSS y DQO	Dosis 2.47 g/L	81.58 % y 48.22%	Shak y Wu (2015)
Aguas residuales de un camal	Moringa oleifera	Turbidez, color, Coliformes totales y fecales, DBO5, DQO y SST	Dosis 7500 MG/l (150 ML) de Oleífera, pH 8,4	86.7%, 93 %, 90%, 55.2%, 49.4% y 41.7%	Arias, et al., (2017)

Fuente: Elaboración propia

También coagulante obtenido de Aliso (*Alyssum mucilage*) removió los parámetros de Turbidez, DQO, tensioactivo con eficiencia 96.25%, 84.63% y 99% respectivamente, con dosis 40.5 mg / L, pH 7 y tiempo de contacto 34.9 min (Besharati, et al., 2020). Seguidamente el coagulante obtenido de Fenogreco (*Trigonella foenum graecum*), removió los siguientes parámetros Turbidez, sólidos suspendidos totales y DQO, con eficiencia de remoción de 94.97 %, 92.70 % y 63,11 % respectivamente con dosis 4.09 mg/L a pH, 3.17, mezcla rápida de 197.39 rpm, en el tratamiento de efluentes de aceite de Palma (POME) (Lanan, et al., 2020).

Así mismo, según Lanan, et al., (2020) y Feitas, et al., (2020), el coagulante obtenido de Okra (*Abelmoschus esculentus*) dieron resultados de remoción los parámetros de turbidez, sólidos suspendidos totales y DQO 94.97, 92.70 y 63,11 % respectivamente, con dosis 4.09 mg/L a pH, 3.17, mezcla rápida de 197.39 rpm, también remoción de turbidez, DQO y color con eficiencia de 97,24%, 85,69% y 93,57% respectivamente en efluentes textiles.

Para la remoción óptima de turbidez, DQO, DBO y UV254 a 95.8%, 76.0%, 81.2% y 85.6% respectivamente, se utilizó una dosis de 774.8 mg/L, rpm 200 x 1 min, 30 rpm x 15min de coagulante de Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) (Lopes, et al., (2020). Para Prabhakaran, et al., (2020) con dosis 5 g de coagulante de semilla de Nirmali, tuvo buenos resultados de remoción de parámetros pH, Turbidez, cloruro, alcalinidad, DBO con una eficiencia de 2,37 %, 53,85 %, 16,08 %, 42,85 %, y 65,24 % respectivamente, de igual manera Jacinto de agua removió pH, Turbidez, DBO y DQO con eficiencia 2.37%, 53.85%, 65.24 %,50.80 % respectivamente en tratamiento de aguas residuales de la industria textil.

Por otra parte, el uso de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) tuvo resultados eficientes de 68.6 % y 61.6 % de parámetros DQO y color intenso respectivamente, con dosis 1.6 mg /L. Para Ibarra, et al., (2017) el uso de opuntia ficus indica como coagulante para tratamiento de efluentes con metales pesados tuvo resultados de 44 %, 99%, 99%, 98%, 90% y 99% de metales Cd, Ca, Cu, Cr, Ni, Zn respectivamente, aplicando una dosis 0.019 mg / mL de OFI. Así mismo, Opuntia Ficus Indica redujo la turbidez de un 50 % con condiciones como dosis 120 mg /L, pH 4, mezcla lenta

40 rpm tiempo de sedimentación 20 min, 100 rpm mezcla rápida por 2 min (Choy, et al., 2016).

De acuerdo Ancy, et al., (2020, p.6) la dosis de 0,5 g/L de Ricino, a pH 5.6 tuvo una remoción de Color, TDS, DQO con eficiencia de 80%, 75% y 80% respectivamente en el efluente de despulpado de café. Del mismo modo en tratamiento de aguas residuales de Almazara (molino de aceite de palma o aceite de oliva) utilizando el coagulante de Garbanzo (*Cicer arietinum*), se obtuvo resultados de turbidez a 86%, TSS a 87% y DQO a 56%, tomando las condiciones operativas dosis optima de garbanzo de 2,6 g / L, pH 6.69, Mezcla Rápida 140 rpm (Choong, et al., 2018). Por otra parte, Choy, et al., (2016) publica resultado del uso de coagulante el almidón de arroz que reduce la turbidez de un 50% de aguas residuales.

Ferreira, et al., (2016) muestra resultados obtenidos al usar *Cactus Cereus peruvianus* como coagulante, con una eficiencia de remoción de 98.5% de turbidez y 61.4 % de BQO, a un pH 7, dosis 15 mg/ L y a pH 6 en tratamiento de aguas textiles. Finalmente, el uso de *Senna (Cassia obtusifolia)* como coagulante en tratamiento de aguas residuales de molinos de palma, tuvo resultados de TSS de un 81.58 % y DQO de un 48.22% de eficiencia (Shak y Wu, 2015) Las condiciones operativas de remoción de los parámetros contaminantes son: Principalmente la dosis del coagulante, seguido de pH, tiempo de contacto, la mezcla rápida como se ha descrito anteriormente junto a los resultados obtenidos.

Resultados y Discusión del Objetivo específico número 5: Comparar la eficiencia de remoción de los agentes de contaminación de aguas residuales industriales.

Comparando los resultados del uso de coagulantes obtenidos a partir de *Moringa Oleífera*, la eficiencia de remoción del parámetro turbidez oscila entre 92 a 96 % (Jagaba, et al., 2020), (Boulaadjoul, et al., 2018) y (Triques et al., 2019). Según los resultados de Jagaba, et al., (2020), Triques et al., (2019) y Dotto et al., (2018) la eficiencia de remoción del color y color aparente oscila entre 82 a 90 %, en cambio para Jagaba, et al., (2020) y Batista, et al. (2020) la eficiencia de remoción de grasa y aceites oscila en promedio entre 82.43% a 87.05% la variación es debido a existencia de múltiples contaminantes que componen de acuerdo al sector industrial.

Al usar coagulante de Aliso (*Alyssum mucilage*) la eficiencia de remoción de turbidez, DQO y tensioactivo fueron 96.25%, 84.63% y 99% respectivamente (Besharati, et al., 2020).

También al usar el coagulante de Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) tuvo la eficiencia de remoción de Turbidez un 95.8, DQO un 76.0%, DBO un 85.6% (Lopes, et al., 2020).

Según los resultados de Prabhakaran, et al., (2020) al usar el coagulante de Semilla de Nirmali (*Strychnos potatorum*), la eficiencia de remoción fue de pH 2.37 %, Turbidez un 53.85%, cloruro un 16.08 %, alcalinidad un 42.85 % y DBO un 65.24 %. Para más información (ver tabla N° 5).

En los resultados y discusión del objetivo específico 3 y 4, se menciona los resultados de eficientemente junto a las condiciones operativas.

V. CONCLUSIONES

En esta revisión bibliográfica, se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ **OG:** Se ha analizado las investigaciones relacionados al tema, del cual los especies vegetales utilizado como coagulantes naturales en tratamientos de aguas de los diferentes efluentes industriales, son los siguientes: Moringa oleífera, Aliso (*Alyssum mucilage*), Fenogreco, (*Trigonella foenum-graecum*), Okra (*Abelmoschus escluentus*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Nirmali (*Strychnos potatorum*), Jacinto de agua (*Eirchorrnia crassipes*), Albahaca *Ocimum basilicum* L., Opuntia Ficus Indica, Ricino (Semillas de *Ricinus communis* L.), Garbanzo (*Cicer arietinum*), Arroz (Almidón de arroz), Cactus *Cereus peruvianus* y Senna (*Cassia obtusifolia*) los más estudiados hasta la actualidad que tuvieron buenos resultados de remoción de parámetros eficientes.
- ✓ **OE1.** La parte de la planta más estudiada y utilizado para obtener coagulante natural es la semilla, según los estudios revisados para obtener coagulantes naturales utilizan las semillas.
- ✓ **OE2.** Se ha llegado a la conclusión de los métodos de extracción, son divididos en tres etapas: el primero es el pre procesamiento (consiste en realizar la limpieza, lavado, descartar partes no deseados, molienda, tamizado hasta obtener en polvo u liquido), segunda es la Extracción del coagulante (puede ser a través de agua, soluciones salinas o disolventes orgánicos), por último es la Purificación (para la mejora de la pureza de los coagulantes naturales mediante diálisis, liofilización, intercambio iónico o precipitación), del cual la mayoría de los autores utilizaron la precipitación.
- ✓ **OE3.** Los parámetros removidos por los coagulantes naturales en las distintas aguas residuales industriales fueron los siguientes: Turbidez, TSS, color, NH₃-N, aceites y grasas, BQO, DBO, color aparente, pH y metales (Pb, Cd, Mn, Zn, Cu, Fe, Ni, Cr y Ca).
- ✓ **OE4.** Las condiciones en los que operaron los coagulantes naturales en tratamiento de aguas residuales industriales fueron: principalmente la dosis del coagulante preparado, pH del efluente industrial, mezcla rápida y la mezcla lenta y el tiempo de contacto del coagulante con el agua residual.

- ✓ **OE5.** La eficiencia depende en gran medida de las condiciones operativas, en el cual como se muestra en el cuadro N°4, la eficiencia de remoción de los coagulantes naturales de origen vegetal oscila para turbidez entre 53.85% y 97,24%, DBO oscila entre 55.2% a 85.6%, DQO oscila 50.80 % entre 97.28%, Color oscila entre 61.6 % a 93.57%, Grasas oscilan entre 82.43% a 8705% y metales pesados 44% a 99%, cabe mencionar que son resultados de los diferentes efluentes de agua residual.

VI. RECOMENDACIONES

Para el mejor tratamiento de aguas residuales industriales se recomienda el uso de coagulantes naturales obtenidos a partir de origen vegetal por las ventajas que presenta y son respetuosos con el medio ambiente en términos de su producción y uso, renovabilidad, biodegradabilidad, no tóxico y bajo costo en el posterior tratamiento del lodo generado.

El Perú no cuenta con muchas investigaciones e información sobre el uso de coagulantes obtenidos a partir de origen vegetal en el tratamiento de aguas residuales industriales, es por ello se recomienda seguir investigando nuevas formas de extracción del coagulante natural más detallado por especie y el uso de más especies vegetales.

REFERENCIAS

1. A NOVEL use of Moringa oleifera seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluent por Boulaadjoul, Soumia [et al]. Chemosphere [en linea]. 2018, vol. 206, pp. 142-149. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518307720>>. ISSN: 0045-6535.
2. ANG, Wei Lun y MOHAMMAD, Abdul Wahab. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. Journal of Cleaner Production [en linea]. 2020, vol. 262, pp. 121267. [fecha de consulta: 25 de diciembre de 2020]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620313147>>. ISSN: 0959-6526.
3. BRATBY, John. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment [en linea]. Third Edition. IWA Publishing, 2016 [fecha de consulta: Disponible en: <<https://doi.org/10.2166/9781780407500>> ISBN: 9781780407500.
4. BRAVO, Monica Alejanda. Coagulantes y floculantes naturales usados en la reduccion de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales. Tesis (pre-grado). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015. Disponible en: <<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5609/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pdf?sequence=1>>
5. CAPACITY of 'nopal' pectin as a dual coagulant-flocculant agent for heavy metals removal por Ibarra, Diana [et al]. Chemical Engineering Journal [en linea]. 2017, vol. 323, pp. 19-28. [fecha de consulta: 05 de diciembre de 2020]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894717306332>>. ISSN: 1385-8947.
6. CARRERA, Julian y SUAREZ, Maria Eugenia Aguas residuales industriales en Iberoamerica [en linea]. España: 2019 [fecha de consulta: 28 de diciembre de 2020]. Disponible en: <<http://triton-cyted.com/wp-content/uploads/2019/10/Libro-Aguas-industriales-Iberoamerica.pdf>> ISBN: 978-84-09-13405-2.

7. CHOUDHARY, Manisha, RAY, Madhumita. y NEOGI, Sudarsan. Evaluation of the potential application of cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a bio-coagulant for pre-treatment of oil sands process-affected water. *Separation and Purification Technology* [en línea]. 2019, vol. 209, pp. 714-724. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020].
 Disponible en:
 [<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586618316046>](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586618316046).
 ISSN: 1383-5866.

8. COAGULACIÓN natural para la descontaminación de efluentes industriales por Banchón Carlos [et al]. *Enfoque UTE* [en línea]. 2016, vol. 7, pp. 111-126. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020].
 Disponible en:
 [<http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000400111&nrm=iso>](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000400111&nrm=iso).
 ISSN: 1390-6542.

9. DE GISI, Sabino y NOTARNICOLA, Michele. *Encyclopedia of Sustainable Technologies* [en línea]. Oxford: Elsevier, 2017 [Fecha de consulta: 05 de enero de 2021].
 Industrial Wastewater Treatment. Disponible en:
 [<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489101678>](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489101678)
 ISBN:978-0-12-804792-7

10. DEGRADATION of Cd, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn by *Moringa-oleifera*, zeolite, ferric-chloride, chitosan and alum in an industrial effluent por Jagaba, A. H. [et al]. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea]. 2020. [fecha de consulta: 22 de diciembre de 2020].
 Disponible en:
 [<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920301738>](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920301738).
 ISSN: 2090-4479.

11. DOMÍNGUEZ, Julio. *Manual de metodología de la investigación científica* [en línea]. tercera edición. Chimbote-Perú: 2015 [fecha de consulta: 20 de noviembre].
 Disponible en: [<https://evidencia.com/wp-content/uploads/2016/01/Manual_metodologia_investigacion_evidencia.pdf>](https://evidencia.com/wp-content/uploads/2016/01/Manual_metodologia_investigacion_evidencia.pdf)
 ISBN: 978-612-4308-01-7.

12. EFFECT of oil extraction on the composition, structure, and coagulant effect of *Moringa oleifera* seeds por Batista Emilianny Rafaely. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2021, vol. 279, pp. 123902. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2020].
 Disponible en:
 [<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620339470>](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620339470).
 ISSN: 0959-6526.

13. ESPINOZA, Freire y TOSCANO, Ruíz. Metodología de Investigación Educativa y Técnica [en línea]. Ecuador: 2015 [fecha de consulta: 8 de enero de 2021]. Disponible en: <<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6704>> ISBN: 978-9978-316-47-4.
1
14. EXTRACTION and use of *Cereus peruvianus* cactus mucilage in the treatment of textile effluents por Ferreira Maísa [et al]. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers [en línea]. 2016, vol. 67, pp. 174-183. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876107016302267>>. ISSN: 1876-1070.
15. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Sexta Edición. México: Mc Graw Hill Education, 2014. 634 p. ISBN: 9781456223960.
16. INFLUENCE evaluation of the functionalization of magnetic nanoparticles with a natural extract coagulant in the primary treatment of a dairy cleaning-in-place wastewater por Triques Carina Contini [et al]. Journal of Cleaner Production [en línea]. 2020, vol. 243, pp. 118634. [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2020]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619335048>>. ISSN: 0959-6526.
17. INTERFACE Science and Technology por Hodaifa Gassan [et al]. [en línea]. Elsevier, 2019 [Fecha de consulta: 25 de diciembre de 2020]. Chapter 10 - Green techniques for wastewaters. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128141786000108>> ISBN: 1573-4285
18. INGA, Gilmer. Disminución de coliformes totales y turbidez mediante coagulantes naturales (*Opuntia ficus indica*) del río Cunas, provincia de Chupaca. Tesis (Maestría). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. Disponible en: <<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5540>>
19. JIANG, Jia-Qian. The role of coagulation in water treatment. Current Opinion in Chemical Engineering [en línea]. 2015, vol. 8, pp. 36-44. [fecha de consulta: 23 de diciembre de 2020]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221133981500009X>>. ISSN: 2211-3398.

20. LARIOS, Fernando, GONZALES, Carlos y MORALES, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú [en línea]. Perú: 2015 [fecha de consulta: 05 de enero de 2021].
 Disponible en: <<https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>>
 ISBN: ISSN 2311 – 7613.
21. LOPES, Gustavo, FONSECA, Teresa y CARRARO, Alisson. Assessment and optimization of the use of a novel natural coagulant (*Guazuma ulmifolia*) for dairy wastewater treatment. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2020, vol. 744, pp. 140864. [fecha de consulta: 01 de enero de 2021].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972034393X>>.
 ISSN: 0048-9697.
22. MOHD, Siti Nor Aishah, ZIN, Nur y OTHMAN, Norzila. A Review of Wastewater Treatment using Natural Material and Its Potential as Aid and Composite Coagulant. *Sains Malaysiana* [en línea]. 2019, vol. 48, pp. 155-164. [fecha de consulta: 02/12/2020].
 Disponible en: <http://www.ukm.my/jsm/pdf_files/SM-PDF-48-1-2019/18%20Siti%20Nor%20Aishah%20Mohd-Salleh.pdf>.
 ISSN.
23. MUCILAGINOUS seed of *Ocimum basilicum* as a natural coagulant for textile wastewater treatment por Shamsnejati Sorour, [et al]. *Industrial Crops and Products* [en línea]. 2015, vol. 69, pp. 40-47. [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2020].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015000473>>.
 ISSN: 0926-6690.
24. NATH, Amar, MISHRA, Anamica y PANDE, Poorn Prakash. A review natural polymeric coagulants in wastewater treatment. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2020. [fecha de consulta: 22 de diciembre].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320323324>>.
 ISSN: 2214-7853.
25. NHARINGO, Tichaona y MOYO, Mambo. Application of *Opuntia ficus-indica* in bioremediation of wastewaters. A critical review. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2016, vol. 166, pp. 55-72. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715303054>>.
 ISSN: 0301-4797.

26. OPTIMIZATION of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*A. esculentus*) mucilage as natural coagulant por Freitas T. K. F. S. [et al]. *Industrial Crops and Products* [en línea]. 2015, vol. 76, pp. 538-544. [fecha de consulta: 19 de diciembre de 2020].
 Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015301904>.
 ISSN: 0926-6690.
27. OPTIMISATION of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (*Moringa Oleifera*-*Cactus Opuntia*-alum blend) por Gandiwa, B. I. [et al]. *South African Journal of Chemical Engineering* [en línea]. 2020, vol. 34, pp. 158-164. [fecha de consulta: 22 de diciembre de 2020].
 Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918520300378>.
 ISSN: 1026-9185.
28. PERFORMANCE of Natural Coagulant Extracted from *Plantago ovata* Seed for the Treatment of Turbid Water por Dhivya S. [et al]. *Water, Air, and Soil Pollution* [en línea]. 2017, vol. 228, no. 11. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2020].
 Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032204991&doi=10.1007%2fs11270-017-35921&partnerID=40&md5=6c27052f02955c7b1f807418c58460d6>.
 ISSN: 00496979 (ISSN).
29. PERFORMANCE of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater por Dotto Juliana [et al]. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2019, vol. 208, pp. 656-665. [fecha de consulta: 24 de diciembre de 2020].
 Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618331263>.
 ISSN: 0959-6526.
30. PERFORMANCE of conventional starches as natural coagulants for turbidity removal por Choy Sook Yan [et al]. *Ecological Engineering* [en línea]. 2016, vol. 94, pp. 352-364. [fecha de consulta: 2016/09/01/].
 Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416303172>.
 ISSN: 0925-8574.
31. PRABHAKARAN, G., MANIKANDAN, M. y BOOPATHI, M. Treatment of textile effluents by using natural coagulants. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2020. [fecha de consulta: 01 de enero de 2021].
 Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320318034>.
 ISSN: 2214-7853.

32. RAMAVANDI, Bahman, HASHEMI, Seyedenayat y KAF AEI, Raheleh. A novel method for extraction of a proteinous coagulant from *Plantago ovata* seeds for water treatment purposes. *MethodsX* [en línea]. 2015, vol. 2, pp. 278-282. [fecha de consulta: 10 de enero de 2021].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016115000357>>. ISSN: 2215-0161.
33. RECENT Advancement of Coagulation–Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment por Teh Chee Yang [et al]. *Industrial & Engineering Chemistry Research* [en línea]. 2016, vol. 55, no. 16, pp. 4363-4389. [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2020].
 Disponible en: <<https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04703>>. ISSN: 0888-5885.
34. SALEEM, Mussarat y BACHMANN, Robert Thomas. A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [en línea]. 2019, vol. 72, pp. 281-297. [fecha de consulta: 02 de enero de 2021].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226086X18314965>>. ISSN: 1226-086X.
35. SHAK, Katrina Pui Yee y WU, Ta Yeong. Optimized use of alum together with unmodified *Cassia obtusifolia* seed gum as a coagulant aid in treatment of palm oil mill effluent under natural pH of wastewater. *Industrial Crops and Products* [en línea]. 2015, vol. 76, pp. 1169-1178. [fecha de consulta: 01 de enero de 2021].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901530296X>>. ISSN: 0926-6690.
36. SOLVENT assisted extraction of oil from *Moringa oleifera* Lam. seeds por Bhutada Payal [et al]. *Industrial Crops and Products* [en línea]. 2016, vol. 82, pp. 74-80. [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015305926>>. ISSN: 0926-6690.
37. SUSTAINABLE use of natural and chemical coagulants for contaminants removal from palm oil mill effluent: A comparative analysis por Jagaba A. H. [et al]. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea]. 2020. [fecha de consulta: 2020/03/14/].
 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920300411>>. ISSN: 2090-4479.

38. TRATAMIENTO de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la M. Oleífera como coagulante natural por Arias Arnol [et al]. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea]. 2017, vol. 15, pp. 29-39. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2020].
Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612017000300004&nrm=iso>.
ISSN: 1692-3561.
39. TREATMENT of coffee cherry pulping wastewater by using lectin protein isolated from *Ricinus communis* L. seed por Ancy, Jenifer [et al]. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. 2021, vol. 39, pp. 101742. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020].
Disponible en:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221471442030619X>>.
ISSN: 2214-7144.
40. TREATMENT of palm oil mill effluent (POME) using chickpea (*Cicer arietinum*) as a natural coagulant and flocculant: Evaluation, process optimization and characterization of chickpea powder por Choong lek Brian Lee [et al]. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. 2018, vol. 6, no. 5, pp. 6243-6255. [fecha de consulta: 31 de diciembre de 2020].
Disponible en:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343718305700>>.
ISSN: 2213-3437.
41. UTILISATION of natural plant-based fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) coagulant and okra (*Abelmoschus esculentus*) flocculant for palm oil mill effluent (POME) treatment por Lanan Farah Amira Binti Mohammad [et al]. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. 2020. [fecha de consulta: 21 de diciembre de 2020].
Disponible en:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343720310162>>.
ISSN: 2213-3437.
42. UTILIZATION of *Alyssum* mucilage as a natural coagulant in oily-saline wastewater treatment por Besharati Moein [et al]. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. 2020, pp. 101763. [fecha de consulta: 19 de diciembre de 2020].
Disponible en:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714420306401>>.
ISSN: 2214-7144.

43. VARELA, Margarita y VIVES, Tania. Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. Investigación en educación médica [en línea]. 2016, vol. 5, pp. 191-198. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572016000300191&nrm=iso. ISSN: 2007-5057.
44. WASTEWATER treatment using Moringa oleifera Lam seeds: A review por Villaseñor Déborah [et al]. Journal of Water Process Engineering [en línea]. 2018, vol. 23, pp. 151-164. [fecha de consulta: 05 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714418300990>. ISSN: 2214-7144.
45. WWAP, (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hidricos [en línea]. París: UNESCO, 2017 [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647> ISBN: 978-92-3-300058-2.

ANEXOS

Anexo 1. Técnica de recolección de Datos

TÍTULO	Revisión sistemática de la aplicación de los coagulantes en el tratamiento de aguas residuales industriales		
ESTUDIANTES	Lasteros Patilla, Irving	Mejía Quispe, Elizabeth	
UNIVERSIDAD	Universidad Cesar Vallejo	Carrera	Ingeniería Ambiental
Título del Documento			
Autor (es)			
Tipo de Documento			
Fuente vegetal			
Objetivo			
Metodología de Extracción del coagulante			
Resultado de remoción			
Indexación			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Contenido de aguas residuales típicas en algunas industrias importantes

Industria	Contenido típico de los efluentes
Pulpa y papel	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos lignosulfónicos clorados, ácidos de resina clorados, fenoles clorados e hidrocarburos clorados. alrededor de 500 compuestos orgánicos clorados identificados • compuestos coloreados y halógenos orgánicos absorbibles (aOX) • Contaminantes que se caracterizan por

	DBO, DQO, sólidos en suspensión (SS), toxicidad y color
Industria de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> ● altos niveles de concentraciones de DBO y SS, DBO y pH variable según la verdura, fruta o carne y la estación ● Procesamiento de verduras: partículas altas, algunos compuestos orgánicos disueltos, tensioactivos ● Carne: orgánicos fuertes, antibióticos, hormonas de crecimiento, pesticidas e insecticidas ● Gastronomía: material orgánico vegetal, sal, saborizantes, materia colorante, ácidos, álcalis, aceite y grasa
Productos lácteos	<ul style="list-style-type: none"> ● Azúcares disueltos, proteínas, grasas y residuos de aditivos ● DBO, DQO, SS, nitrógeno, fósforo
Textiles	<ul style="list-style-type: none"> ● DBO, DQO, metales, sólidos en suspensión, urea, sal, sulfuro, H₂O₂, NaOH ● Desinfectantes, biocidas, residuos de insecticidas, detergentes, aceites, lubricantes de tejer, acabados para hilar, solventes usados, compuestos antiestáticos, estabilizantes, agentes tensioactivos, auxiliares orgánicos de procesamiento, materiales catiónicos, color ● acidez o alcalinidad alta calor, espuma ● Materiales tóxicos, residuos de limpieza, tamaño

Fuente: (WWAP, 2017)

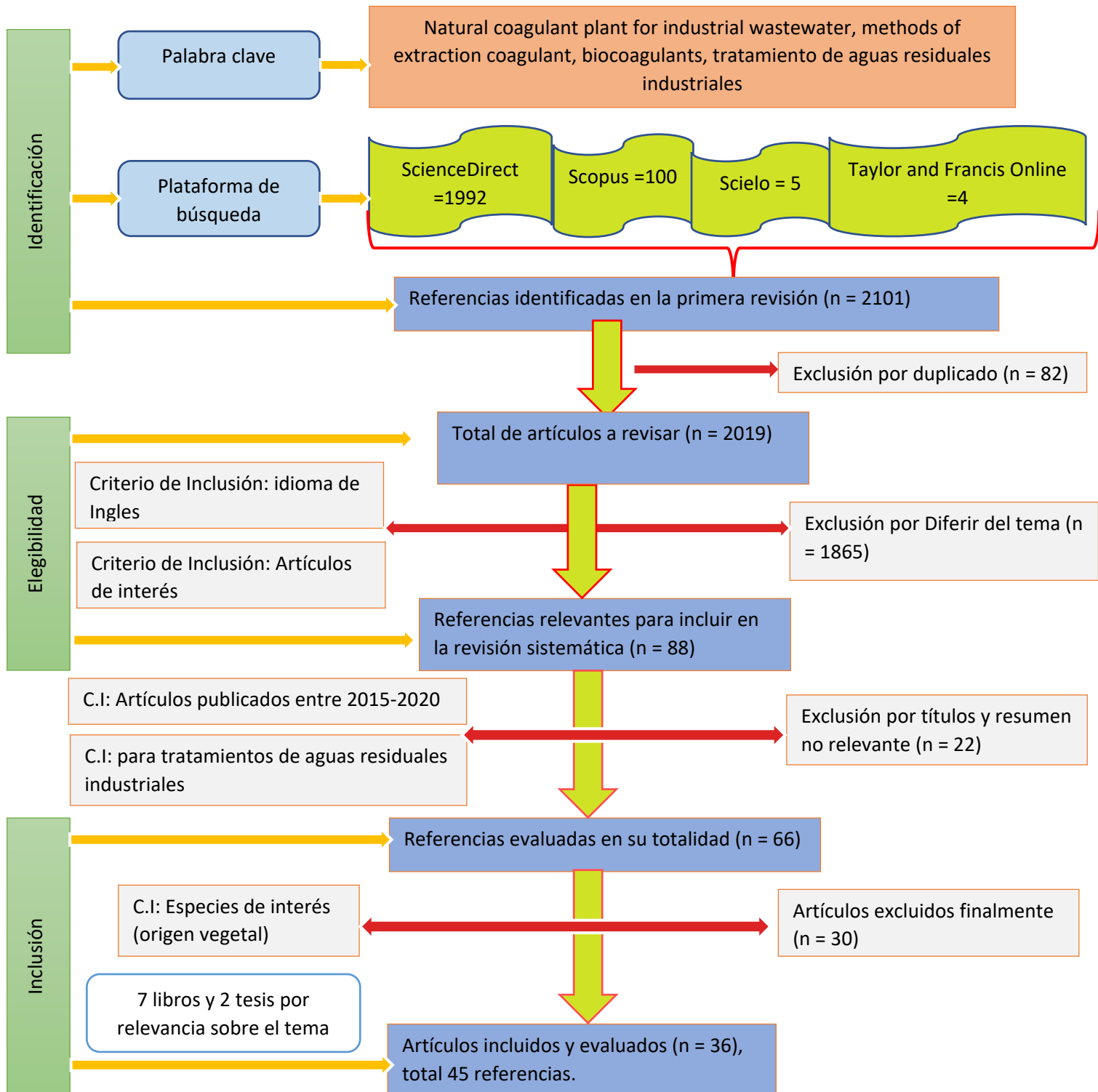
Anexo 3. Matriz de Operacionalización de Categoría (cualitativo)

CATEGORÍA DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	SUB CATEGORÍAS	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
parte de la planta que se utiliza como coagulante natural	Los coagulantes naturales pueden provenir de una variedad de fuentes naturales, como plantas y semillas, (Saleem y Bachmann, 2019)	Identificar la parte de la planta que se va a utilizar como coagulante natural	Semilla Hoja (cladiolo) Tallo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Árbol 2. Arbusto 3. Cactus 4. Fabáceas 	nominal
métodos de extracción del coagulante natural	Son los pasos para poder extraer la parte de la materia prima con poder coagulantes (Ramavandi, Hashemi, Y Kafaei, 2015)	Es importante conocer los métodos de extracción del coagulante ya que dependiendo del tipo afectara en el rendimiento del coagulante	Pre-procesamiento Extracción Purificación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Liofilización 2. Diálisis 3. Intercambio ionico 	nominal
parámetros de contaminación que elimina del agua residual industrial	Los parámetros removidos dependen del tipo de agua residual industrial y estos parámetros indican en nivel de contaminación. Lanan, et al. (2020, p.16)	Conocer la concentración de los parámetros ayuda a determinar la dosis adecuada de coagulante	Turbidez DQO DBO Sólidos suspendidos totales, Color Metales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agua residual industrial 	nominal

condiciones operativas	Las condiciones operativas son aquellos parámetros que permiten obtener resultados eficientes Besharati, et al., (2020)	A través de una revisión bibliográfica se conocerá las condiciones operativas para cada tipo de agua residual industrial	pH Dosis del coagulante Tiempo de sedimentación. Temperatura	1. Potencial de hidrogeniones. 2. Mg/L 3. Segundos 4. Grados celsius	nominal
eficiencia de remoción de los agentes de contaminación de aguas residuales industriales	La eficiencia de remoción es el valor óptimo que se llega al utilizar las condiciones operativas adecuadas. Shamsnejati, et al., (2015)	Se revisará las eficiencias obtenidas de cada artículo revisado	50- 60 % 61-70% 71-80% 81-90% 91-100%	1. Porcentaje de remoción	nominal

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Técnicas de recolección de información



Fuente: Elaboración propia



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), IRVING LASTEROS PATILLA y ELIZABETH MEJIA QUISPE estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: “REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA APLICACIÓN DE COAGULANTES NATURALES DE ORIGEN VEGETAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES, 2020”, es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico otítulo profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) 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.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
LASTEROS PATILLA, IRVING DNI: 70486478 ORCID: 0000-0002-4942-4467	
MEJIA QUISPE, ELIZABETH DNI: 73711199 ORCID: 0000-0003-1556-0855	